

پردازش تصویر و خواص فیزیکی- مکانیکی تخم مرو (*Saliva macrosiphon*)

سید محمدعلی رضوی^۱، رامین رهبری* و آرام بستان^۲

چکیده

در این پژوهش برخی خواص فیزیکی و مکانیکی تخم مرو مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به مشکلات و زمان بر بودن روش دستی اندازه گیری ابعاد دانه های ریز، روش پردازش تصویر به عنوان روشی جدید برای اندازه گیری ابعاد این دانه ها ارائه گردیده و جهت بررسی صحت روش مذکور نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از اندازه گیری با میکرو متر مقایسه گردیده و همبستگی بین آنها گزارش گردیده است. میانگین طول، عرض و ضخامت اندازه گیری شده توسط روشهای پردازش تصویر و میکرومتر به ترتیب $2/3150\text{mm}$ ، $1/7921\text{mm}$ ، $1/3176\text{mm}$ ، $2/3128\text{mm}$ و $1/8583\text{mm}$ و $1/1126\text{mm}$ بود، که همبستگی بین نتایج پردازش تصویر و اندازه گیری با میکرومتر برای طول، عرض و ضخامت به ترتیب $0/96$ ، $0/94$ ، $0/84$ به دست آمد. ضریب کرویت، ضریب گردی و مساحت نمای روبرو حاصل از روش پردازش تصویر به ترتیب $1/00$ ، $0/73$ ، mm^2 ، $3/11$ بوده است. میانگین وزن هزار دانه، دانسیته توده، دانسیته حقیقی و تخلخل به ترتیب 907Kgm^{-3} ، 970Kgm^{-3} ، $0/71$ را به خود اختصاص داده است. ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح پلاستیک، چوب، آهن گالوانیزه، فایبرگلاس و شیشه بررسی شد که نتایج حاصل از آن به ترتیب $0/382$ ، $0/382$ ، $0/276$ ، $0/324$ و $0/262$ به دست آمدند. زوایه ریپوز پر کردن و تخلیه به ترتیب $17/3$ و $19/3$ اندازه گیری شد. نتایج آزمون های بافتی نشان داد که میانگین سختی، نیروی شکست و جقرمگی 1650g ، 1611g و 7147gs می باشد.

کلمات کلیدی: تخم مرو، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، پردازش تصویر

مقدمه:

تخم مرو با نام علمی *Saliva macrosiphon* از تیره نعنا دانه ای است به اندازه دانه شاهدانه و هم رنگ با آن، سه وجهی با ظاهر براق که یک وجه آن بزرگتر است. سطح دانه دارای رگه هایی به رنگ قهوه ای است که از قسمت پایین منشعب شده و سرتاسر دانه را فرا گرفته اند. تخم مرو به علت دارا بود موسیلاژ فراوان به عنوان لینت بخش در بر طرف کردن خارش های گلو و سرفه و در فرمول چهار تخم استفاده سنتی دارد (امین، ۱۳۸۴). ترکیب اسانس های روغنی این دانه در سال ۲۰۰۰ توسط مطلوبی مقدم و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (Matloubi Moghaddam, 2000)، اما هیچ گونه اطلاعات انتشار یافته ای در ارتباط با خصوصیات فیزیکی این دانه منتشر نشده است. خصوصیات فیزیکی نقش مهمی را در طراحی تجهیزات مورد نیاز کاشت، برداشت، انبار داری و فرایند محصول ایفا می کنند. برای نمونه اندازه و شکل جهت طراحی تجهیزات بو جاری و جدا سازی ضروری است. میزان تخلخل دانه ها در ذخیره سازی، بسته بندی و تعیین پایداری توده دانه ها در برابر جریان هوا حائز اهمیت است. زوایه ریپوز برای تعیین ساختار انبارها ضروری است و ضریب اصطکاک استاتیکی نیز نقش مهمی را در انتقال و انبار نمودن دانه ها ایفا می کند. از طرف دیگر اندازه گیری ابعاد دانه های ریز عملی سخت، زمانبر و تخریبی است که جستجوی روشی جایگزین برای به حداقل رساندن زمان و میزان آسیب دانه ها ضروری به نظر می رسد. بدین جهت اهداف این پژوهش عبارت بوده اند از:

۱- تعیین خصوصیات فیزیکی (هندسی، ثقلی، اصطکاکی و آئرونامیکی) و مکانیکی تخم مرو

1 - عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، صندوق پستی ۹۱۶۳-۹۱۷۷۵، پست الکترونیکی: r.razavi@um.ac.ir

2- دانشجویان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- امکان کاربرد روش پردازش تصویر به منظور ارائه روشی جدید و سریع برای اندازه گیری خواص هندسی دانه های ریز مانند تخم مرو

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی دانه مرو

در این تحقیق دانه ها پس از تهیه به روش دستی جهت حذف دانه های نارس و شکسته و مواد خارجی تمیز شدند برای اندازه گیری محتوای رطوبت دانه ها از آون بادمای 1 ± 105 درجه سانتی گراد بمدت ۷۲ ساعت استفاده گردیده و میانگین محتوای رطوبت دانه ها ۵٪ (براساس وزن مرطوب) به دست آمد. کلیه آزمون ها به جزء آزمون های هندسی و بافتی با ۵ تکرار صورت گرفت.

۲-۲- اندازه گیری خصوصیات هندسی به روش تجربی و پردازش تصویر

جهت اندازه گیری ابعاد دانه ها از دو روش تجربی و پردازش تصویر استفاده شد. در روش تجربی سه بعد ۵۰ نمونه که به طور تصادفی انتخاب شده بودند بوسیله میکرومتر (QLR digit- IP54, China) با دقت 0.01 میلی متر اندازه گیری شد. در روش پردازش تصویر از یک اتاقک عکسبرداری با قابلیت تنظیم نور و فاصله دوربین و نرم افزار کلمکس (Clemex Visison Professional, PE4, Canada) استفاده شد. در هر این روش از ۵۰ دانه که به طور تصادفی انتخاب شده بودند بطور یکسان استفاده شد، سپس نتایج حاصل از دو روش فوق بوسیله نرم افزار Sigma stat بررسی آماری شده و همبستگی بین نتایج گزارش گردید. علاوه بر ابعاد، ضریب گردی، کرویت و مساحت دانه ها نیز توسط نرم افزار پردازش تصویر بررسی و آنالیز شد.

۲-۳- اندازه گیری خصوصیات ثقلی

تعداد هزار دانه با بهره گیری از یک شمارنده دانه (Numigra, Iticator, Sweden) شمارش شده و سپس به وسیله ترازوی با دقت 0.01 g وزن شد. دانسیته حقیقی دانه ها بصورت نسبت جرم یک دانه به حجم واقعی آن تعریف می شود. حجم واقعی و دانسیته واقعی دانه ها به روش استاندارد پیکنومتری تعیین شد (Mohsenin.1978) در این روش به دلیل جذب آب بالای دانه ها به جای آب از تولوئن (C_7H_8) استفاده شد. البته تولوئن مزایای دیگری از جمله کشش سطحی کمتر، قدرت انحلال کم و قابلیت پر کردن منافذ سطحی دانه ها را نیز دارد. در این روش حجم برحسب m^3 براساس معادله ذیل به دست آمد:

$$V = \frac{m_{td}}{\rho_t} = \frac{(M_t - M_p) - (M_{pts} - M_{ps})}{\rho_t} \quad (1)$$

که در این معادله M_t جرم پیکنومتر حاوی تولوئن، M_p جرم پیکنومتر خالی و خشک، M_{pts} جرم پیکنومتر حاوی تولوئن و نمونه، M_{ps} جرم پیکنومتر حاوی نمونه و ρ_t دانسیته تولوئن می باشد. سپس دانسیته حقیقی برحسب kgm^{-3} و با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$\rho_s = \frac{M_{ps} - M_p}{V} \quad (2)$$

برای اندازه گیری دانسیته توده از ظرفی با وزن و حجم مشخص استفاده گردید. دانه ها از ارتفاع ۱۵ سانتی متری درون ظرف ریخته شد. پس از پر شدن ظرف، دانه های اضافه با دو حرکت زیگزاکی توسط خط کش روی سطح فوقانی ظرف تخلیه شد، به طوری که دانه ها فشرده نشوند. سپس ظرف حاوی نمونه با استفاده از ترازوی با دقت 0.01 گرم توزین گردید و نسبت جرم

دانه های موجود در ظرف به حجم آن عنوان دانسیته توده گزارش شد (Abalone et al., 2004 & Kingsly et al., 2006). تخلخل دانه ها نیز با استفاده از معادله ذیل به دست آمد (Mohsenin, 1978)

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right] \times 100 \quad (3)$$

که در این معادله ε تخلخل بر حسب درصد، ρ_b دانسیته توده بر حسب kgm^{-3} ، ρ_t دانسیته حقیقی بر حسب kgm^{-3} است.

۲-۴- اندازه گیری خصوصیات اصطکاکی

برای اندازه گیری زاویه ریپوز پر کردن از یک استوانه فلزی فاقد سرپوش و کفپوش به قطر ۰/۱۵ m و ارتفاع ۰/۲۵m استفاده شد که در مرکز یک ظرف فلزی دایره ای شکل به قطر ۳۵ سانتی متر قرار می گرفت و توسط دانه ها از ارتفاع ۱۵ سانتی متری پر می شد. استوانه فلزی به آرامی به طرف بالا کشیده شد تا یک توده مخروطی از دانه ها روی سطح ظرف دایره ای ایجاد شود بلند ترین ارتفاع این مخروط (H) و قطر آن (D) اندازه گرفته می شد و با استفاده از معادله ذیل زاویه ریپوز پرکردن θ_f بدست می آمد.

$$\theta_f = \tan^{-1} \left(\frac{2H}{D} \right) \quad (4)$$

جهت تعیین زاویه ریپوز تخلیه جعبه ای مکعبی شکل از جنس چوب مستقر بر روی یک سطح افقی چوبی فاقد سرپوش و دارای درب کشویی، به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ سانتی متر استفاده گردید. این جعبه از ارتفاع ۱۵ سانتی متری توسط دانه ها پر میگردد و پس از هموار کردن سطح فوقانی آن با برداشتن سریع درب کشویی به دانه ها اجازه داده می شد جریان یافته و با شیب طبیعی خود تشکیل کپه دهند. سپس زاویه ریپوز تخلیه (θ_e) با اندازه گیری ارتفاع دو سطح آزاد دانه ها (h_1, h_2) در دو فاصله افقی معین از یک انتهای جعبه (X_1, X_2) و جاگذاری داده ها در معادله ذیل به دست آمد.

$$\theta_e = \tan^{-1} \left(\frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (5)$$

ضریب اصطکاک استاتیکی دانه ها بر روی ۵ سطح اصطکاکی پلاستیک، چوب، آهن، گالوانیزه، فایبر گلاس و شیشه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور یک مکعب فایبر گلاس فاقد سرپوش و کفپوش به طول ۱۵، عرض ۱۰ و ارتفاع ۴ سانتی متر بر روی ساختاری با قابلیت شیبدار شدن که سطوح مورد نظر نیز بر روی آن قرار می گرفتند، گذاشته شده و از دانه های مرو پر می شد. درحین پر کردن جهت ایجاد فشردگی کامل ضربه هایی به دیواره مکعب وارد می شد. مکعب مذکور به میزان کمی به سمت بالا کشیده می شود تا با سطوح اصطکاکی تماسی نداشته باشد. ساختار مزبور به همراه مکعب فایبر گلاس حاوی دانه ها تدریجاً به شکل شیبدار در می آمد تا اینکه مکعب بر روی سطح استاتیکی شروع به حرکت کند. سپس زاویه شروع حرکت با استفاده از یک مقیاس مدرج خوانده شد و ضریب اصطکاک استاتیکی (μ_s) توسط معادله ذیل بدست آمد:

$$\mu_s = \tan \alpha \quad (6)$$

۲-۵- اندازه گیری خصوصیات آئرویدینامیکی

جهت اندازه گیری خصوصیات آئرویدینامیکی از یک دمنده هوا متصل به لوله استوانه ای L شکل از جنس پلاکسی گلاس استفاده شد. پس از مستقر شدن نمونه ها روی توری داخل استوانه، سرعت جریان هوا تا تعلیق دانه ها افزایش پیدا کرد و سرعت جریان هوا در این حالت با استفاده از یک بادسنج با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه اندازه گیری و به عنوان سرعت حد گزارش شد.

۲-۶- اندازه گیری خصوصیات بافتی

در این تحقیق خصوصیات بافتی دانه های مرو از جمله سختی، نیروی شکست و چقرمگی توسط دستگاه آنالیز بافت (QTS Texture analyzer, CNS Farnell) با پروب استوانه ای TA41 (مسطح، با قطر 6 mm) مورد ارزیابی قرار گرفت. نوع آزمون فشاری یک مرحله ای بود و برای آزمون شرایط 0/5 mm عمق نفوذ و سرعت حرکت پروب 6 mmmin⁻¹ تعریف شد. بیشینه نیروی اعمالی طی آزمون فشاری به عنوان سختی (g)، کار انجام شده برای رسیدن به تغییر شکل صورت گرفته در عمق تعریف شده به عنوان چقرمگی (g.S) و اولین شکست قابل ملاحظه طی آزمون فشاری به عنوان نیروی شکست گزارش شد. آزمون های رئولوژیکی با 20 تکرار صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص هندسی

نتایج ابعاد، ضریب کرویت، گردی و مساحت حاصل از پردازش تصویر 50 عدد دانه مرو در شکل 1 و جدول 1 آورده شده است. هم چنین میانگین طول، عرض و ضخامت در اندازه گیری با میکرومتر نیز به ترتیب مقادیر 2/313 mm، 1/858 mm و 1/113 mm به دست آمد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که بین داده های بدست آمده به روش میکرومتر و پردازش تصویر همبستگی بالایی وجود داشته، به طوری میزان همبستگی داده ها برای طول، عرض و ضخامت به ترتیب 0/96، 0/92 و 0/84 به دست آمد.

نتایج این تحقیق گویای این مطلب است که روش پردازش تصویر می تواند جایگزین کاملاً مناسبی برای روش زمانبر و تخریبی دستی اندازه گیری دانه ی مرو با میکرومتر باشد. ضمن اینکه با روش پردازش تصویر امکان بررسی سایر خصوصیات هندسی (کرویت، ضریب گردی، مساحت نمای روبرو...) و سایر خصوصیات فیزیکی از جمله رنگ و ظاهر وجود دارد که نتایج آن در کنترل فرآیند و اتوماسیون نقش بسزایی خواهد داشت.

جدول 1- خواص هندسی حاصل از پردازش تصویر دانه های مرو

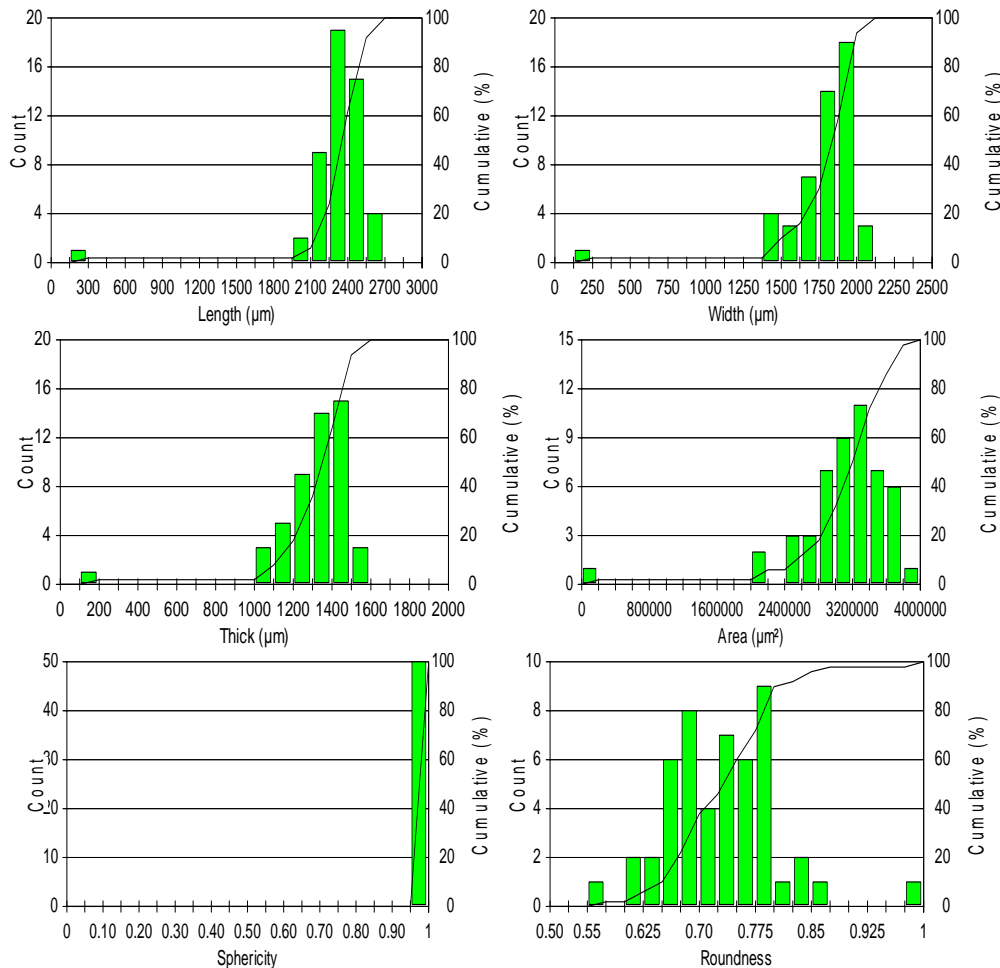
خصوصیات	طول (mm)	عرض (mm)	ضخامت (mm)	کرویت	گردی	مساحت روبرو (mm ²)
میانگین	2/3150	1/7921	1/3176	1	0/73	3/1072
انحراف معیار	0/30	0/30	0/20	0	0/07	0/60

۳-۲- خواص ثقلی

جدول (2) میانگین و انحراف معیار داده های وزن هزار دانه، دانسیته واقعی، دانسیته توده و تخلخل دانه های مرو را نشان میدهد. وزن هزار دانه بین 2/76 g تا 2/79 g اندازه گیری شده که کمتر از مقادیر گزارش شده برای دانه انار (Kingsly et al, 2006)، کلزا (2005.Calisir et al)، تخم کتان (Coskuner & Karababa, 2007) و بیش از مقدار گزارش شده برای کنجد (Tunde-Akintunde & Akintunde, 2004) می باشد.

جدول 2- نتایج خصوصیات ثقلی تخم مرو

خصوصیات	وزن هزار دانه (g)	دانسیته ذره ای (kgm ⁻³)	دانسیته توده (kgm ⁻³)	تخلخل (%)
میانگین	2/766	970	907	7/01
انحراف معیار	0/01	3	20/5	2/08



شکل ۱- نتایج خصوصیات هندسی حاصل از روش پردازش تصویر

دانسیتته ذره ای دانه مرو بین ۹۵۴ و 1 kgm^{-3} بدست آمد که کمتر از دانسیته ذره ای گزارش شده برای ارزن (2002 ، Baryeh) تاج خروس (Abalone et al,2004) و کنجد (Tunde-Akintunde & Akintunde, 2004) و نزدیک به مقادیر گزارش شده برای دانه کتان (Coskuner & Karababa, 2007) و دانه انار (Kingsly et al, 2006) می باشد. دانسیته توده دانه های مرو بین ۹۰۱ تا 911 kgm^{-3} اندازه گیری شد که بیش از مقادیر گزارش شده برای اکثر دانه های کوچک و نزدیک به مقدار گزارش شده برای ماش (Yalcin & Ozarlan, 2004) می باشد. به علت اختلاف کم دانسیته توده و ذره ای، تخلخل دانه ها کم و در دامنه ۵ تا ۱۰٪ قرار داشت.

۳-۳- خواص اصطکاکی

میانگین انحراف معیار و مقادیر حاصل از آزمایشات مربوط به ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه ریپوز پر کردن و تخلیه دانه های مرو در جدول (۳) آمده است. دامنه ضریب اصطکاک استاتیکی بر روی سطوح پلاستیک، چوب، آهن گالوانیزه، فایبرگلاس و شیشه به ترتیب مقادیر از ۰/۳۶ تا ۰/۴۷، از ۰/۳۴ تا ۰/۴۷، از ۰/۲۷ تا ۰/۲۸، از ۰/۳۱ تا ۰/۳۴ و از ۰/۲۵ تا ۰/۲۷ را به خود اختصاص داد که بیشترین ضریب اصطکاک را بر روی سطوح لاستیکی و چوبی و کمترین را برای روی شیشه و آهن گالوانیزه

داشتیم. بنابراین جهت صرفه جویی در مصرف انرژی، استفاده از سطوح شیشه ای و آهن گالوانیزه به منظور انتقال دانه ها پیشنهاد می شود. زاویه ریپوز پر کردن بین ۱۴/۹۵ تا ۱۹/۰۳ اندازه گیری شد که این مقادیر کمتر از مقادیر گزارش شده برای دانه انار (Kingsly et al, 2006) و کنجد (Tunde-Akintunde & Akintunde, 2004) است. زاویه ریپوز تخلیه بین ۱۸/۴۳ تا ۲۱ به دست آمد که کمتر از مقادیر حاصله برای ارزن (Baryeh, 2002) شاهدانه (Sacilic et al, 2003) و نزدیک به مقدار گزارش شده برای دانه کتان (Coskuner & Karababa, 2007) می باشد.

جدول ۳- نتایج خصوصیات اصطکاکی تخم مرو

ضریب اصطکاک استاتیکی					زاویه ریپوز پر کردن	زاویه ریپوز تخلیه	خصوصیات
آهن	چوب	لاستیک	فایبر گلاس	شیشه			
۰/۲۷۶	۰/۳۸۲	۰/۳۸۲	۰/۳۲۴	۰/۲۶۲	۱۹/۳	۱۷/۳	میانگین
۰/۰۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۱/۱	۱/۷	انحراف معیار

۳-۴- خواص آنرویدینامیکی

سرعت حد دانه های مرو بین $3/5 \text{ ms}^{-1}$ تا $5/3 \text{ ms}^{-1}$ اندازه گیری شد، که میانگین داده ها $4/2 \text{ ms}^{-1}$ با انحراف معیار $0/39$ به دست آمد. سرعت حد تخم مرو کمتر از نتایج گزارش شده برای دانه ماش (Yalcin & Ozarslan, 2004)، کپیر (Dursun E & Calisir et al, 2005)، شاهدانه (Sacilic et al, 2003) و بیش از ارزن (Baryeh, 2002) و شلغم روغنی (Calisir et al, 2005) می باشد. با توجه به قابلیت جذب سریع آب این دانه ها استفاده از روشهای هوادهی جهت تمیز کردن و انتقال این دانه ها مفید به نظر می رسد که بدین منظور اندازه گیری سرعت حد ضروری می باشد.

۳-۵- خواص رئولوژیکی

نتایج حاصل از آزمون بافت دانه مرو در جدول (۴) ارائه گردیده است. دامنه سختی دانه ها بین 1484 g تا 2114 g اندازه گیری شد، در حالی که نیروی شکست بین 1186 g تا 1922 g و چقرمگی بین $6044/33 \text{ gs}$ تا $9528/22 \text{ gs}$ به دست آمدند.

جدول ۴- نتایج خصوصیات رئولوژیکی تخم مرو

خصوصیات	سختی (g)	تنش شکست (g)	چقرمگی (g.s)
میانگین	۱۶۵۰	۱۶۱۱	۷۱۴۷
انحراف معیار	۱۹۶	۱۷۹	۸۴۹

منابع:

- امین غلامرضا، متداولترین گیاهان دارویی سنتی ایران، ۱۳۸۴، ص ۱۱۴
- Abalone R, Cassinera A, Gaston A, Lara M.A., (2004). Some physical properties of Amaranth Seeds, *Biosystem Engineering*, 89(1), 109-117
- Altuntas Ebubekir, Ozgoz Engin, Faruk Taser O., (2005). Some physical properties of fenugreek, *Journal of Food Engineering*, 71, 37-43.
- Baryeh Edward A., (2002). Physical properties of millet. *Journal of Food Engineering*, 51, 39-46.

Calisir Sedat, Marakoglu Tamer, Ogut Huseyin, Ozden Ozturk (2005). Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L). *Journal of Food Engineering*, 69, 61-66.

Coskuner Yalcin, Karababa Ersan, (2007). Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 78, 1067-1073

Dursun E, Dursun I., (2005). Some physical properties of Caper Seed. *Biosystems Engineering*, 92(2), 237-245.

Kingsly A.R.P. Singh D.B. Manikantan M.R. Jain R.K. (2006). Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (*Anardana*). *Journal of Food Engineering*, 75, 492-496.

Matloubi-Moghaddam F, Amin Gholamreza, Poorsohi Safavi Elham. (2000). Composition of Stem Bark Essential Oil From *Salvia macrosiphon Boiss*. *DARU*, VOL.8, No. 1&2, 28-29.

Mwithiga Gikuru, Sifuna Mark Masika (2006). Effect of moisture content on physical properties of three varieties of sorghum seeds. *Journal of Food Engineering*, 75, 480-486.

Sacilik K, Ozturk R, Keskin R (2003). Some physical properties of Hemp Seed. *Biosystems Engineering*, 86(2), 191-198.

Singh K.K, Goswami T.K (1996). Physical properties of Cumin Seed. *J.Agric.Engng Res*, 64, 93-98

Tunde-Akintunde T.Y, Akintunde B.O (2004). Some physical properties of Sesame Seed. *Biosystem Engineering*, 88(1), 127-129.

Yalcin I, Ozarslan C., (2004). Physical properties of Vetch Seed. *Biosystem Engineering*, 88(4), 507-512.