مقایسهٔ ویژگی های فیزیکی هسته و مغز زردآلوی دو رقم تبرزه و سنتی سلماس(۶۲۱)

حمزه فتح اله زاده[۱] ، ن مبلی[۲] ، علی جعفری[۳] ، سعید مینائی[۴] ، علی محمد برقعی[۵] ، شاهین رفیعی[۶]

چکیده:

در این تحقیق برخی ویژگی های فیزیکی هسته و مغز زردآلوی دورقم تبرزه و سنتی سلماس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. میزان رطوبت هسته و مغز رقم تبرزه به ترتیب ۱۷/۰۱٪ و ۱۷/۴۶٪ و رقم سنتی سلماس ۲۳/۰۱٪ و ۱۳/۰۳٪ بود (w.b) که یک روز پس از برداشت مورد اندازه گیری قرار گرفتند. خصوصیات ابعادی اندازه گیری شده در این تحقیق شامل طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، مساحت رویه و کرویت بودند. برخی از ویژگی های ثقلی مانند جرم، حجم و چگالی مغز و هستهٔ زردآلو نیز مورد سنجش و ارزیابی گرفتند. افزون بر این ضریب اصطکاک استاتیک هسته و مغز هر دو رقم زردآلو بر روی چهار سطح چوبی، آهن گالوانیزه، شیشه ای و فایبرگلاس اندازه گیری شدند. نتایج حاکی از آن بود که تمامی خصوصیات ابعادی، شامل طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی و مساحت رویهٔ هسته در رقم تبرزه بزرگتر می باشند. هسته و مغز زردآلوی سنتی سلماس چگالی و وزن بالاتری را نسبت به رقم تبرزه از خود نشان دادند. ضریب اصطکاک مغز و هسته در هر دو رقم، به ترتیب در روی صفحهٔ چوبی، فایبر گلاس، آهن گالوانیزه و شیشه ای وند کاهشی داشتند. به طور کلی ازاین تحقیق چنین می توان نتیجه گرفت که، کیفیت هسته رقم سنتی سلماس، علی رغم اینکه عمومیت کاشت و شهرت کمتری در آذربایجان دارد، در صورتی که هدف از کشت آن تولید مغز زردآلو باشد، از لحاظ پر بودن، یکنواختی و همبستگی ویژگی های فیزیکی با جرم هسته و مغز، برتری محسوسی نسبت به رقم تبرزه دارد.

کلیدواژه: زردآلو، هسته، مغز، ویژگی های فیزیکی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران،کرج
۲- عضو هیئت علمی و دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، کرج
۳- عضو هیئت علمی و استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، کرج
۴- عضو هیئت علمی و دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۵- عضو هیئت علمی و استاد گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران
۶- عضو هیئت علمی و دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران،کرج

مقدمه

ایران دومین تولید کننده‌ی زردآلو در جهان محسوب می شود که ۸/۲٪ از سهم تولید را با ۲۷۵۵۸۰ تن تولید به خود اختصاص داده است. ترکیه، ایران، ایتالیا، پاکستان و فرانسه از کشورهای عمدهٔ تولید کنندهٔ زردآلو به شمار می‌آیند. ایران در سال ۲۰۰۷ بالغ بر ۶۸۰ تن زردآلو به کشورهای مختلف صادر کرده است(FAO, 2007). از ارقام مهم زردآلو که در ایران تولید می شود، می توان به تبرزه، کاردی دماوندی و نخجوان اشاره کرد. زردآلو ، نوع پرورش یافتهٔ زردآلوی جنگلی است که به وسیله‌ی تلقیح به عمل می آید. زردآلو جایگاه مهمی در تغذیه انسان دارد و می تواند به صورت تازه و خشک شده مورد استفاده قرار گیرد. این میوه سرشار از مواد مع نی و ویتامین مانند پتاسیم و بی‌کاروتن است. بی‌کاروتن که پیش مادهٔ ویتامین A محسوب می شود برای بافت پوششی بدن و اندام ها، سلامت چشم، رشد و شکل گیری استخوان ها و دندان ها ضروری می باشد. به علاوه ویتامین A نقش مهمی در تکثیر و رشد اندام هایی که مقاومت بدن را در برابر عفونت ها افزایش می دهند ایفا می کند (Gezer et al., 2002) . میوهٔ زردآلو تنها به صورت تازه مصرف نمی شود بلکه برای تولید زردآلوی خشک، زردآلوی فریز شده، مربا، ژله، آب میوه، پهد و غیره نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از هسته‌ی چوبی زردآلو معمولاً به عنوان سوخت و از مغز هستهٔ آن برای تولید روغن، بنزالدیید، لوازم آرایشی و عطریات استفاده می کنند.

(Gezer et al., 2002, Kubilay Vursavus & Faruk Ozguven, 2004) در دستگاهای فرآوری هسته و مغز زردآلو که دارای واحد های شست و شو، دسته بندی، شکستن و یا حتی تفکیک به دو بخش مجزای پوسته خارجی و مغز می‌شند در صورتی‌که ساخت و کاربرد آنها بدون در نظر گرفتن اطلاعات مربوط خواص فیزیکی و مکانیکی هسته و مغز زردآلو باشد، طراحی‌های صورت گرفته منجر به عدم کارکرد مناسب دستگاه می شود. بنابراین درنظرگرفتن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی هسته و مغز زردآلو به منظور طراحی دستگاه‌های مورد نیاز برای فراوری و انتقال آنها دارای اهمیت می باشد.

تاکنون مطالعات زیادی در مورد خواص فیزیکی هسته و مغز محصولات مختلف انجام شده است. به عنوان مثال آیدین (Aydin, 2002)برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن را به عنوان تابعی از سطح رطوبت گزارش کرده و گذر و همکاران (Gezer et al., 2002) برخی از خواص فیزیکی هسته و مغز زردآلو را مورد بررسی قرار دادند. علاوه برآن گوپتا و داس(Gupta and Das, 1997) بر روی بادام و همچنین رضوی و همکاران و کاشانی نژاد و همکاران بر روی پسته (Kashaninejad *et al.*,2005 and Razavi *et al.*,2007)تحقیقات مشابهی را انجام دادند. با توجه به مطالب گفته شده و علی رغم اینکه ایران دومین تولید کنندهٔ عمدهٔ زردآلو در جهان محسوب می شود، صادرات این محصول از ایران به سایر کشورهای جهان در سطح بسیار پایینی قرار دارد و استفاده از مغز آن بیشتر به شکل سنتی در تهیه شیرینی و خشکبار محدود شده است. برای داشتن صادراتی در سطح بالا نیاز به توسعه و ساخت دستگاه های انتقال، تفکیک و فرآوری، به منظور شکستن هسته و تهیه مغز زردآلو باکیفیت بالا وجود داردکه برای طراحی آنها به اطلاعاتی پیرامون خواص فیزیکی و مکانیکی هسته و مغز زردآلو نیاز است. در ایران تا کنون تحقیقی در این رابطه انجام نشده است. در این تحقیق به بررسی و مقایسهٔ برخی از خواص مهم فیزیکی هسته و مغز زردآلو در دو رقم تبرزه و سنتی سلماس، مانند ابعاد محوری، قطر میانگین هندسی، حجم، جرم، چگالی، مساحت رویه و ضریب اصطکاک بر روی سطوح مختلف پرداخته شده است.

فهرست علائم اختصاری			
مساحت رویه	S	طول	L
چگالی	r	عرض	W
کرویت	f	ضخامت	T
جرم	m	قطر میانگین هندسی	Dg
ضریب اصطکاک	∝	حجم	V
مغز	k	هسته	p
تبرزه	t	سنتی سلماس	ss

مواد و روش ها

هسته و مغز زردآلوی دو رقم تبرزه و سنتی سلماس (شکل ۱) در تابستان ۱۳۸۶ از زردآلوی برداشت شدهٔ باغ میوه ای واقع در شهرستان سلماس به دست آمد. میوهٔ زردآلوی رقم تبرزه از ارقام مرغوب بوده که کشت آن در آذربایجان مرسوم می باشد. از ویژگیهای رقم سنتی سلماس که برای مقایسه انتخاب شد، کیفیت مغز آن بود. میوه ها به شکل تصادفی و از چند درخت برداشت شدند. هسته از گوشت میوهٔ رسیده جدا و شسته شد تعدادی از آنها برای اندازه گیری خصوصیات فیزیکی مغز، شکسته و مغز آنها استخراج شد. در نهایت، هسته و مغزهای زردآلوی به دست آمده از دورقم یاد شده در آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی دانشگاه تهران، واحد کرج مورد بررسی و اندازه گیری قرار گرفتند. سطوح رطوبتی نزدیک به شرایط محصول تازه برداشت شده در هسته و مغز به ترتیب ۱۷/۰۱٪ و ۱۷/۴۶٪ برای رقم تبرزه و**۲۳/۰۱٪** و ۱۳/۰۳ برای رقم سنتی سلماس بودند. همچنین از هر گروه وبرای هر رقم ۱۰۰ عدد به شکل تصادفی برای اندازه گیری خصوصیات فیزیکی انتخاب دند.

برای تعیین خصوصیات ابعادی (طول، عرض و ضخامت) و جرم(m) به ترتیب از یک میکرومتر(کولیس) دیجیتالی با دقت ۰/۰۱میلی متر و یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. قطر میانگین هندسی(D_g) کرویت (ϕ) و مساحت رویه (S) نیز از فرمولهای زیر مورد محاسبه قرار گرفتند (Mohsenin, 1970) :

$$D_g = (LWT)^{0.333} \quad (1)$$

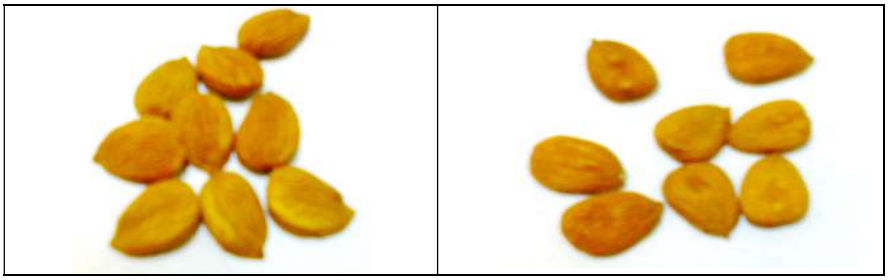
$$\phi = D_g / L \quad (2)$$

$$S = \pi . D_g^2 \quad (3)$$

که در آن L طول ، W عرض و T ضخامت هسته و مغز زردآلوها می باشند.

شکل ۱- هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه

شکل۲-هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس



شکل ۳- مغز زردآلوی رقم تبرزه

شکل۴- مغز زردآلوی رقم سنتی سلماس

حجم(V) با استفاده از روش جابه‌جایی مایع و چگالی از رابطه زیر بدست مد. (Mohsenin, 1970) .

$$\rho = m / V \quad (4)$$

زاویه اصطکاک استاتیکی مغزهای زردآلو بر روی چهار سطح چوبی، شیشه ای، ورق گاوانیزه و صفحه ای از جنس فایبرگلاس اندازه گیری شد. برای اندازه گیری، سطح اصطکاکی مورد مطالعه بر روی دستگاه مخصوص قرار داده شده و بوسیله اهرمی شیب

صفحه به آرامی افزایش داده می شد. دانه های قرار داده شده بر روی سطح در یک شیب خاص شروع به حرکت می کردند که درست در این لحظه زاویه از طریق نقاله اندازه گیری می شد که این زاویه همان زاویه اصطکاک استاتیکی دانه ها بود.

نتایج و بحث

۱- خواص فیزیکی هسته

مقایسه میانگین داده های مربوط به خصوصیات ابعادی، وزن، حجم و چگالی، به روش دانکن در جدول ۱ آورده شده است.

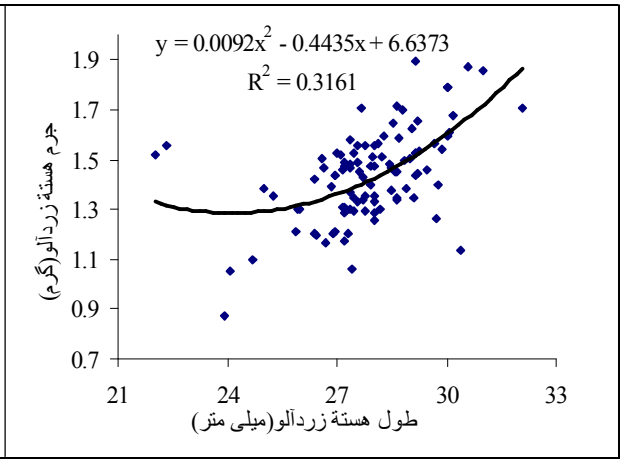
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی هستهٔ زردآلو

		رقم			
		تبرزه	انحراف معیار	سنتی سلماس	انحراف معیار
طول (میلی تر)		27/85	2/332	21/18	2/014
عرض (میلی متر)		16/33	1/991	16/41	0/396
ضخامت (میلی متر)		10/15	0/311	10/33	0/326
قطر میانگین هندسی (میلی متر)		16/60	0/999	15/25	1/918
درصد کرویت		59/66	17/177	72/13	12/121
مساحت رویه (میلی مترمربع)		863/51	67/336	732/28	65/744
حجم (سانتی متر مکعب)		1/62	0/714	1/512	0/022
وزن (گرم)		1/44	0/322	1/580	0/009
چگالی (کیلو گرم/ متر مکعب)		892/6	98/664	1045/5	98/461
***ضریب اصطکاک برروی صفحه ای از جنس:**	**چوب**	0/531	0/104	0/532	0/156
	شیشه	0/303	0/012	0/338	0/176
	گالوانیزه	0/383	0/031	0/357	0/155
	فایبرگلاس	0/395	0/017	0/384	0/199

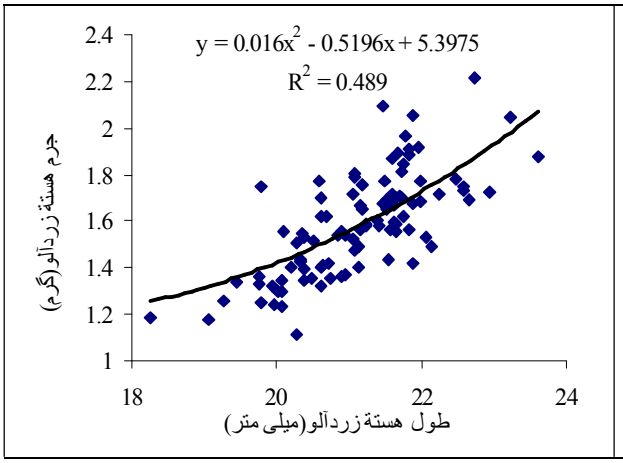
* میانگین نشان داده شده حاصل از ۳ تکرار است.

با توجه به جدول شمارهٔ ۱ مشاهده می شود که به طور کلی تمامی خصوصیات ابعادی، شامل طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی و مساحت رویه در رقم تبرزه بزرگتر می باشند و این بدلیل درشت تر بودن هستهٔ آن می باشد. ولی درصد کرویت رقم سنتی سلماس بیشتر بوده و با توجه به ابعاد هسته، رقم تبرزه کشیده تر می باشد. همچنین بدلیل اینکه وزن هسته در رقم سنتی سلماس بالاتر و حجم آن نسبت به رقم تبرزه کمتربود، مطابق جدول ۱ مشاهده می شود که چگالی آن مقادیر بیشتری را نشان می دهد.

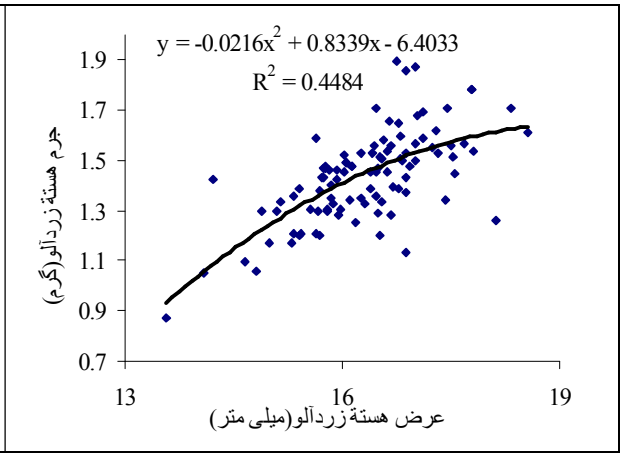
در ارتباط با ضریب اصطکاک نتایج نشان می دهد که در هر دو رقم، بیشترین ضرایب، به ترتیب در روی صفحهٔ چوبی، فایبر گلاس، گالوانیزه و شیشه ای رخ داده اند.



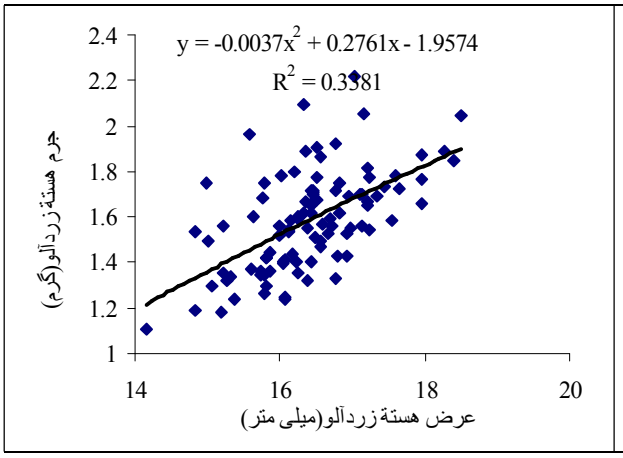
شکل ۵ – طول هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه



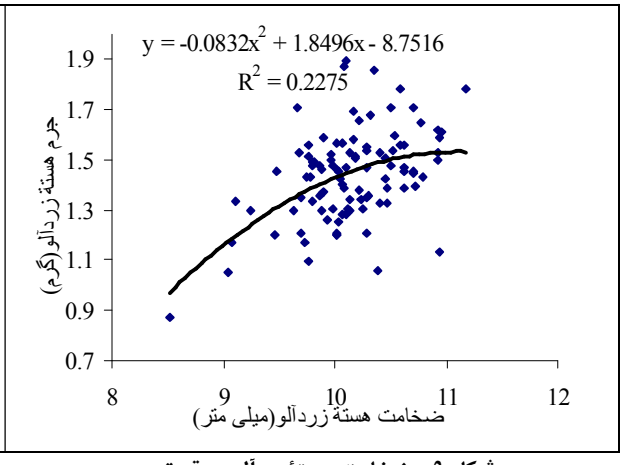
شکل ۶ – طول هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس



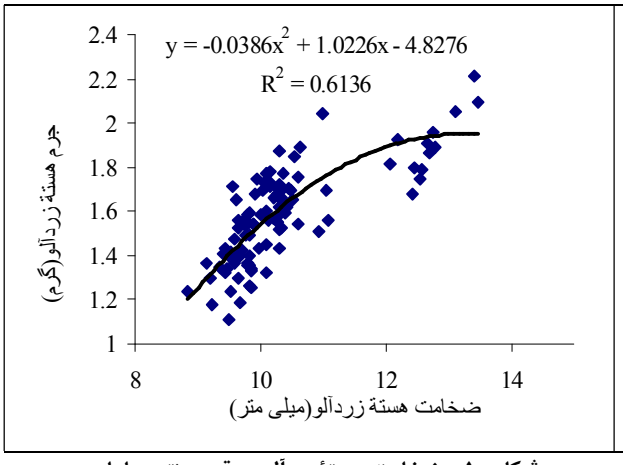
شکل ۷ – عرض هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه



شکل۸– عرض هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس



شکل ۹ – ضخامت هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه

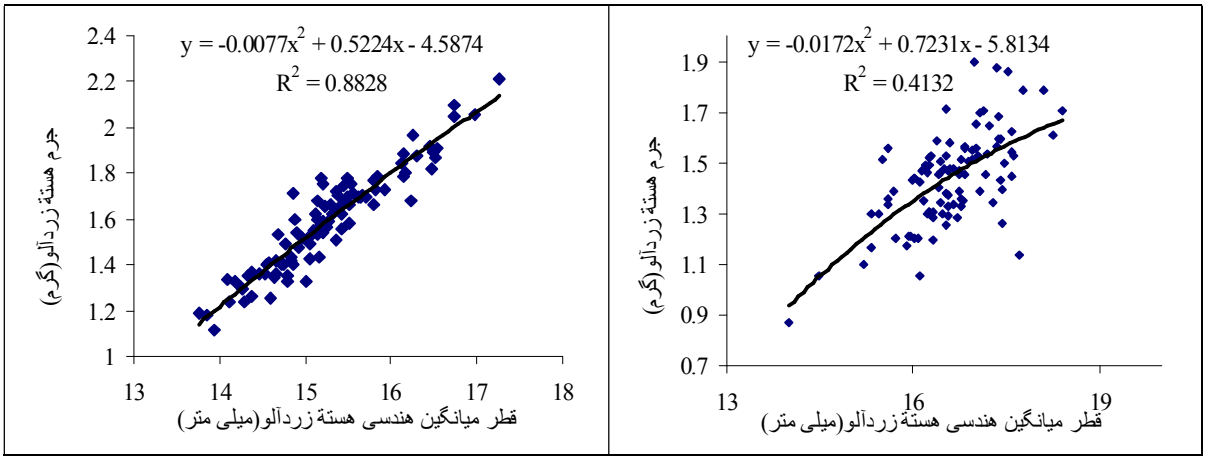


شکل ۱۰ – ضخامت هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس

با توجه به تصاویر شمارهای ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، و ۱۰ مشاهده می شود که بطور کلی به غیر از ضخامت هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس، همبستگی قابل قبولی بین سایر پارامترهای نشان داده شده و وزن هسته ها در دو رقم وجود ندارد. نتایج گویای این

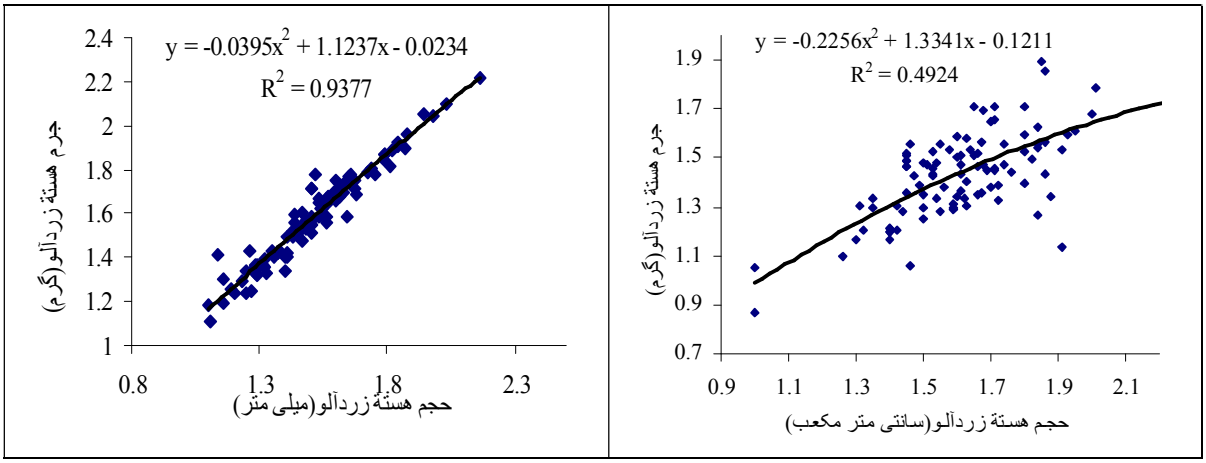
موضوع هستند که ضخامت هسته در رقم سنتی سلماس بیشترین تاثیر را در روی وزن کلی هسته دارد و مطابق با رابطهٔ زیـر وزن آن از روی ضخامت قابل پیش بینی است:

$$m_{ss} = -0/0386\ T_p^2 + 1/022\ T_p - 4/8276 \qquad (5)$$



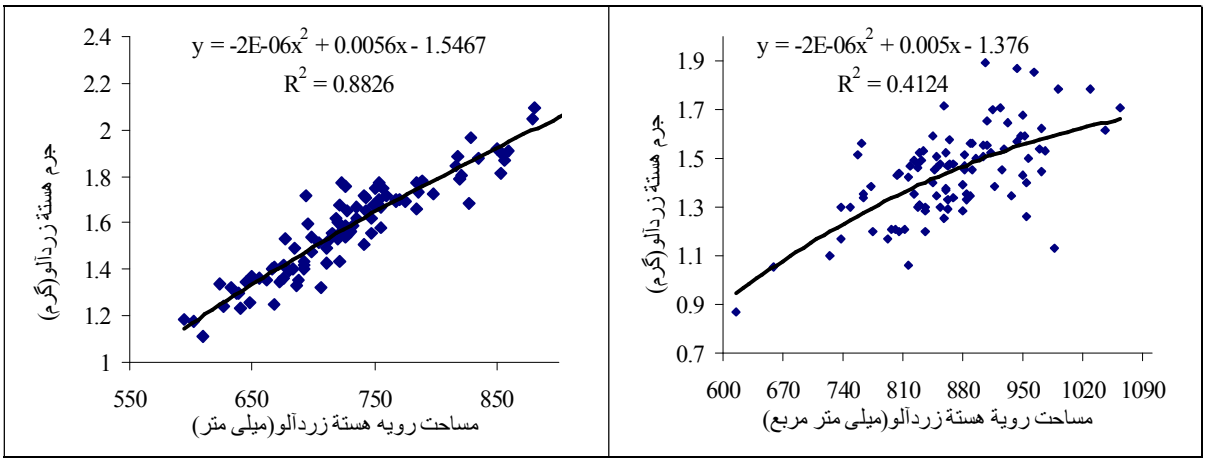
شکل ۱۱ – قطر میانگین هندسی هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه

شکل ۱۲ – قطر میانگین هندسی هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس



شکل ۱۳ – حجم هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه

شکل ۱۴ – حجم هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس



شکل ۱۵ – مساحت رویهٔ هستهٔ زردآلوی رقم تبرزه

شکل ۱۶ – مساحت رویهٔ هستهٔ زردآلوی رقم سنتی سلماس

وزن پایین، علی رغم داشتن قطر میانگین هندسی بالا در برخی از ۱۰۰ هستهٔ اندازه گیری شده در رقم تبرزه، به علت وجـود مغـز های خراب و یا ناقص کم وزن در آن می باشد و همین موضوع باعث شده است که همبستگی قابل قبـولی بـین ابعـاد هندسـی و وزن در آن وجود نداشته باشد. بر عکس آن، در رقم سنتی سلماس، وجود مغزهای جفتی یا دو قلو، وزن کلی برخی از هسته هـا را به شکل محسوسی بالا برده است و نبود مغزهای خراب و یا هسته های پوک در این رقم، به طور کلی ضریب همبستگی بین قطر میانگین هندسی، حجم و مساحت رویه را در آن نسبت به رقم تبرزه بالاتر برده است .(شکل ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶)

۲-خواص فیزیکی مغز

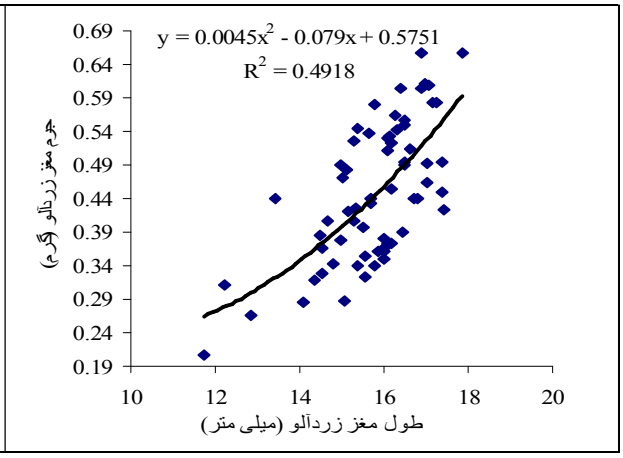
جدول ۲- خصوصیات فیزیکی مغز زردآلو

		رقم			
		تبرزه	**انحراف معیار**	سنتی سلماس	**انحراف معیار**
طول (میلی متر)		15/76	1/194	15/43	1/957
عرض (میلی متر)		11/06	0/877	10/49	1/639
ضخامت (میلی متر)		5/45	0712	5/75	0/088
قطر میانگین هندسی (میلی متر)		9/79	0/686	9/71	0/947
درصد کرویت		62/21	3/385	62/90	5/352
مساحت رویه (میلی مترمربع)		302/17	60/211	297/25	21/755
حجم (سانتی متر مکعب)		0/46	0/109	0/473	0/064
وزن (گرم)		0/44	0/103	0/484	0/236
چگالی (کیلو گرم/ متر مکعب)		983/3	165/587	1023/6	56/137
***ضریب اصطکاک برروی صفحه ای از جنس:**	**چوب**	0/384	0/051	0/411	0/211
	شیشه	0/206	0/039	0/188	0/156
	گالوانیزه	0/221	0/074	0/231	0/081
	فایبرگلاس	0/240	0/016	0/262	0/022

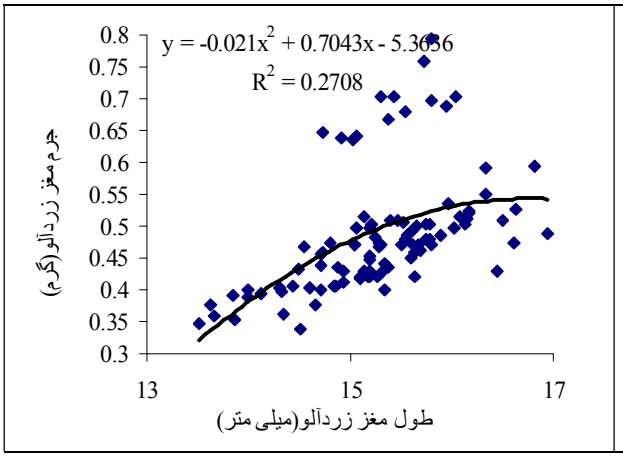
*** میانگین نشان داده شده حاصل از ۳ تکرار است.**

جدول شمارهٔ ۲ مطابق با نتایج بدست آمده نشان که طول، عرض، قطر میانگین هندسی و مساحت رویه در مغز رقـم تبـرزه نیز همانند هسته بزرگتر می باشند، ولی ضخامت میانگین مغزها در رقم سنتی مقادیر بالاتری را نشان می دهد که علت این امر به خاطر وجود مغزهای دوقلوی زیاد در این رقم است. درصد کرویت مغز در دو رقم تقریباً مشابه می باشد. وزن و حجم دانه های مغز رقم سنتی سلماس ارقام بیشتر را نسبت به رقم تبرزه نشان می دهد و لی در کل چگالی سنتی سلماس بالاتر بود. که این امر نشان می دهد که فضای خالی موجود در هستهٔ حاوی مغز در رقم سنتی سلماس کمتر بوده و مغز فضای بیشتری از کل حجـم هـسته را پر می کند.

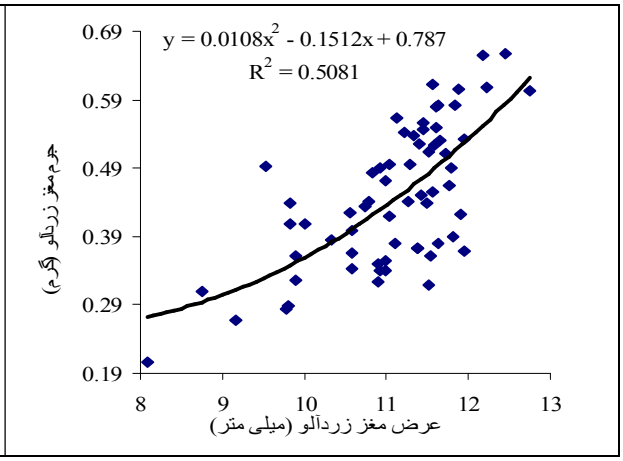
نتایجی که برای ضریب اصطکاک مغز ها بدست آمد، نشان می دهد که در هر دو رقم، بیشترین ضرایب، به ترتیب در روی صفحهٔ چوبی، فایبر گلاس، گالوانیزه و شیشه ای رخ داده اند. که چنین نتایجی در مورد هسته نیز صادق بود.



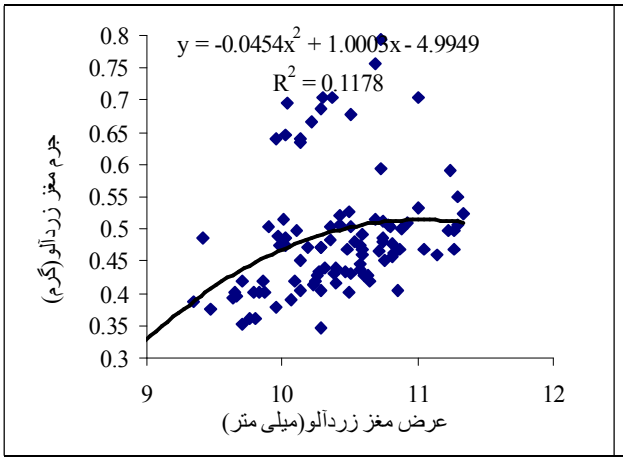
شکل ۱۷ – طول مغز زردآلوی رقم تبرزه



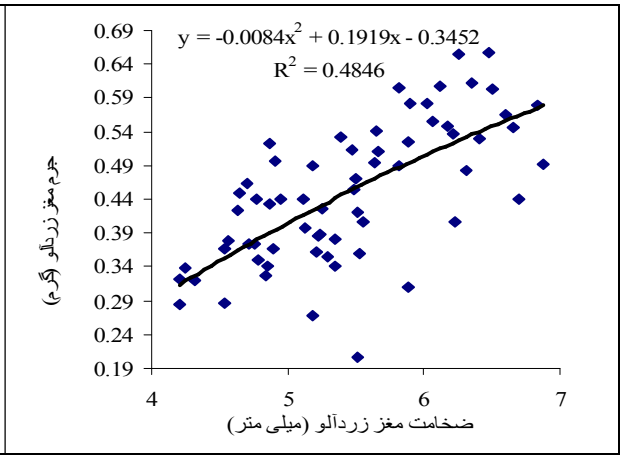
شکل ۱۸ – طول زردآلوی رقم سنتی سلماس



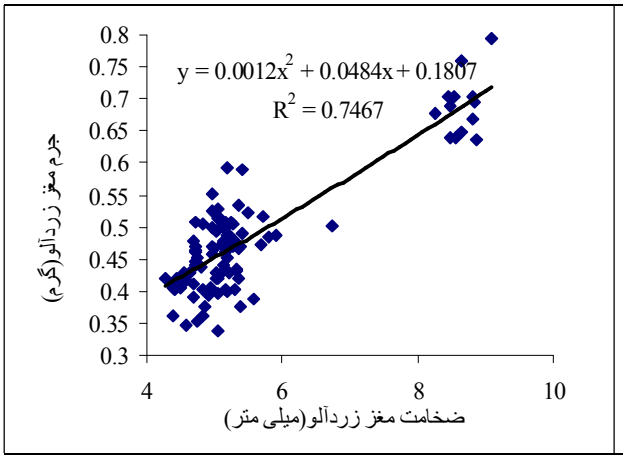
شکل ۱۹ – عرض مغز زردآلوی رقم تبرزه



شکل ۲۰ – عرض مغز زردآلوی رقم سنتی سلماس



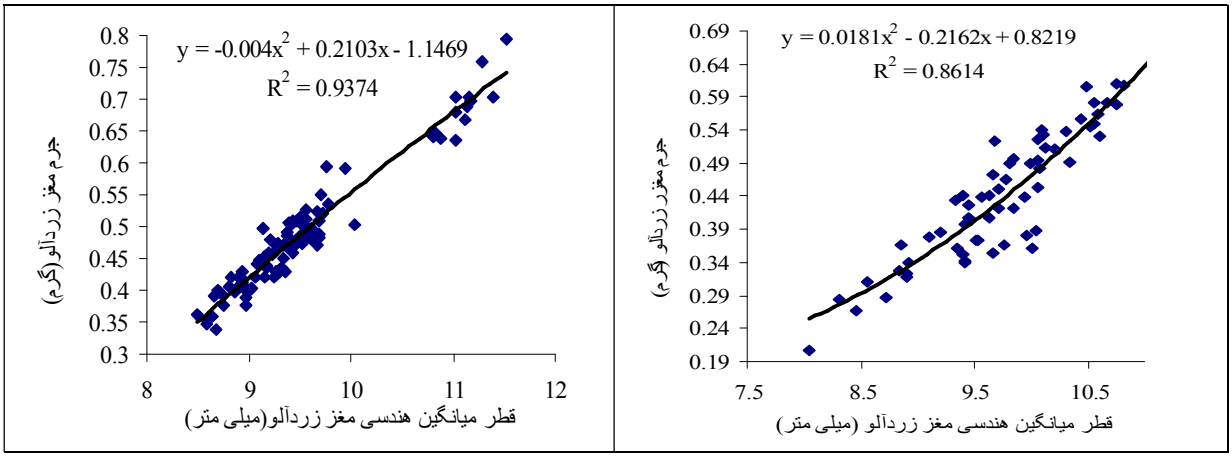
شکل ۲۱ – ضخامت مغز زردآلوی رقم تبرزه



شکل ۲۲ – ضخامت مغز زردآلوی رقم سنتی سلماس

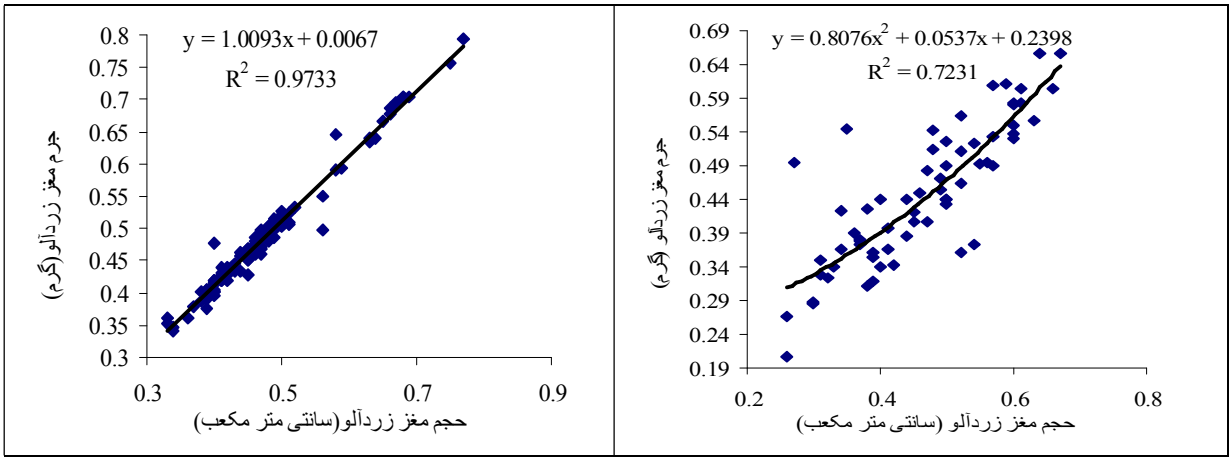
در رقم سنتی سلماس پایین بودن غیر عادی همبستگی بین طول و عرض با وزن آن به خاطر همان مغزهای دو قلو یـا جفتـی می باشد که ضریب همبستگی آن را کاهش داده است و چون در مغزهای دو قلو ضخامت از طول و عرض نسبت به انواع تک مغز

رشد بیشتری دارد پس ی توان گفت که معادله بین ضخامت و وزن در این رقم بیشترین ضریب همبستگی را بوجود می آورد. پراکندگی و عدم وجود همبستگی مورد قبول در رقم تبرزه بین ابعاد محوری و وزن به دلیل عدم وجود یکنواختی در طول، عرض و ضخامت مغزهای آن است(شکل های ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲).



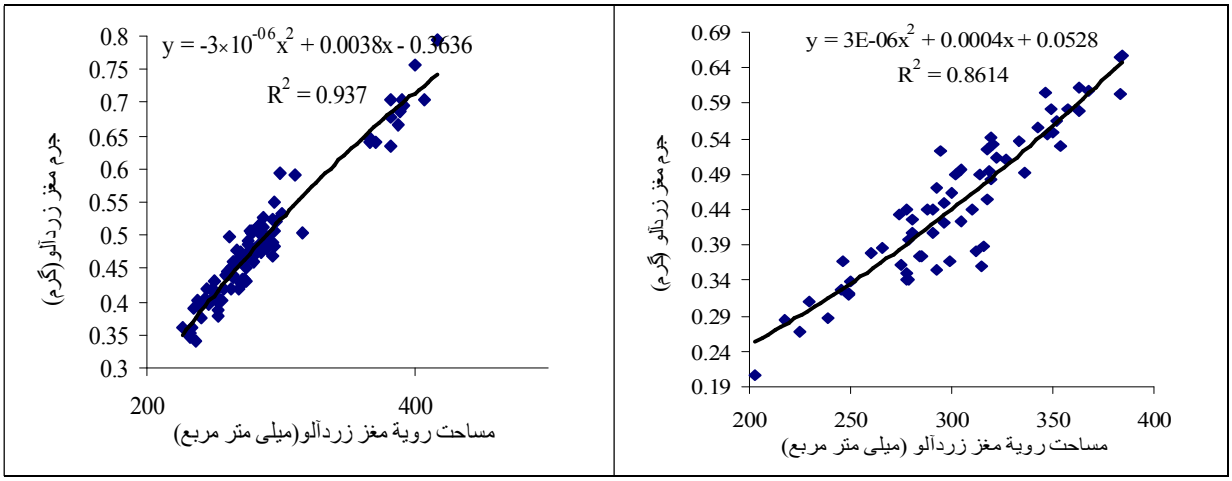
شکل ۲۳ – قطر میانگین هندسی مغز زردآلوی رقم تبرزه

شکل ۲۴ – قطر میانگین هندسی مغز زردآلوی رقم سنتی سلماس



شکل ۲۵ – حجم مغز زردآلوی رقم تبرزه

شکل ۲۶ – حجم مغز زردآلوی رقم سنتی سلماس



شکل ۲۷ – مساحت رویهٔ مغز زردآلوی رقم تبرزه

شکل ۲۸ – مساحت رویهٔ مغز زردآلوی رقم سنتی سلماس

ضریب بالای پر بودن و یکنواختی در رقم سنتی سلماس, معادلات قابل قبول با ضریب همبستگی بالائی را برای تعیین وزن مغز از روی حجم، و مساحت رویه در آن بوجود آورده است. علت گسیختگی داده های مربوط به مساحت رویه بـه دو قـسمت، در رقـم سنتی سلماس به خاطر وجود همان مغزهای دو قلو می باشد.

در حالت کلی نیز رقم سنتی سلماس ضریب همبستگی بالاتری را در رابطه های بین حجم و مساحت رویه با وزن مغز ، نسبت بـه رقم تبرزه از خود نشان می دهد(شکلهای ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶ ،۲۷ و ۲۸).

نتیجه گیری و پیشنهادها

۱. تمامی خصوصیات ابعادی، شامل طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی و مـساحت رویـهٔ هـسته در رقـم تبـرزه بزرگتر می باشند.
۲. درصد کرویت هسته، وزن و چگالی هسته در رقم سنتی سلماس بیشتر می باشد.
۳. طول، عرض، قطر میانگین هندسی و مساحت رویه در مغز رقم تبرزه بزرگتر می باشند، ولی ضخامت میانگین مغزها در رقم سنتی مقادیر بالاتری را نشان می دهد.
۴. وزن و حجم دانه های مغز رقم سنتی سلماس مقدار بیشتر ی را نسبت به رقم تبرزه نشان می دهد و لی در کل چگـالی سنتی سلماس بالاتر می باشد.
۵. فضای خالی موجود در هستهٔ حاوی مغز در رقم سنتی سلماس کمتر بوده و مغز، فضای بیشتری از کل حجم هسته را پر می کند.
۶. ضریب اصطکاک مغز و هسته در هر دو رقم، بیشترین مقدار را به ترتیب در روی صفحهٔ چوبی، فایبر گلاس، گالوانیزه و شیشه ای نشان داد.
۷. ضریب همبستگی بین قطر میانگین هندسی، حجم و مساحت رویه با وزن درمغز رقم سنتی سلماس نسبت به رقم تبرزه بالاتر است.
۸. عدم وجود همبستگی بالا در مغز رقم تبرزه بین ابعاد محوری و وزن به دلیل عدم وجـود یکنـواختی در طـول، عـرض و ضخامت مغزهای آن است.
۹. در رقم سنتی سلماس, ضریب همبستگی بالا بین وزن مغز با حجم و مساحت رویهٔ با وزن بدلیل ضریب بالای پر بـودن و یکنواختی بیشتر مغز رقم مذکور نسبت به رقم تبرزه می باشد.

پس با وجود اینکه زردآلوی رقم سنتی سلماس از ارقام بومی بوده و کشت آن عمویت چندانی به دلیل کوچک بودن میوهٔ آن ندارد ولی هسته و مغز آن کیفیت و یکنواختی بسیار بالاتری نسبت به رقم تبرزه داشته که از ارقام معروف زردآلو در ایران می باشد.

فهرست منابع

Gezer, I., Hacseferogullar, H., & Demir, F. (2002). Some physical properties of Hachaliloglu apricot pit and its kernel. *Journal of Food Engineering, 56,* 49–57.

Kubilay V., & Faruk O. (2004). Mechanical behaviour of apricot pit under compression loading. *Journal of Food Engineering, 65,* 255–261.

Aydin, C. (2002). Physical properties of hazelnuts. *Biosystems Engineering*, 82, 297–303.

Gupta, R.K., & Das, S. K. (2000). Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. *Journal of Food Engineering, 46*, 1-8.

Kashaninejad M., Mortazavi, A., Safekordi, A., and Tabil, L. G., 2005. Some physical properties of Pistachio (Pistachia vera L.) nuts and its kernel. Journal of Food Engineering., 72: 30–38.

Razavi, S. M. A., Amini, A.M., Rafe, A., and Emadzadeh, B., 2007. The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part III: Frictional properties. J. Food Eng., 81: 226–235.

Mohsenin N. N., 1970. Physical properties of plant and animal material. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.