

خصوصیات فیزیکی دانه آفتابگردان رقم دانه ریز مشهدی (۴۵۲)

صاحبه جعفری^۱، جواد خزائی^۲، اکبر عرب محمد حسینی^۳، جعفر مساح^۴

چکیده

در این تحقیق خصوصیات فیزیکی دانه آفتابگردان بر اساس محتوای رطوبتی آن سنجیده شد. در محتوای رطوبتی ۶/۲٪ (بر مبنای تر)، طول، عرض، ضخامت و جرم میانگین هر دانه به ترتیب برابر با ۱۲/۰۳، ۵/۸۱، ۳/۴۶ میلی متر و ۰/۰۷۱ گرم و برای مغز به ترتیب برابر با ۹/۶۶، ۴/۲۵، ۲/۳۱ میلی متر و ۰/۰۵۲ گرم بود. قطر متوسط هندسی دانه و کرویت آن به ترتیب برابر با ۶/۱۸ میلی متر و ۰/۵۱ بود. هم چنین مقادیر مربوطه برای مغز ۴/۵۴ میلی متر و ۰/۴۷ بود. در محدوده محتوای رطوبتی بین ۶/۷٪ تا ۱۷/۵٪ (بر مبنای تر)، چگالی توده دانه ها از ۴۱۷/۵ تا ۳۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش یافت در حالی که چگالی حقیقی از ۶۶۴/۶ تا ۷۸۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و تخلخل از ۳۷/۲ تا ۵۱/۴ افزایش یافتند. در محدوده ی محتوای رطوبتی مشابه، زاویه استقرار استاتیکی از ۲۳/۲۷^۰ تا ۳۹/۹۴^۰ و ضریب اصطکاک استاتیکی از ۰/۲۸ تا ۰/۵۱ افزایش یافتند.

کلیدواژه: خواص فیزیکی، دانه آفتابگردان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پست الکترونیک: Sayeh1898@gmail.com

۲- استاد یار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۳- استاد یار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۴- استاد یار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

مقدمه

دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) پس از سویا، کلزا و بادام زمینی چهارمین زراعت یک ساله جهان است که به خاطر روغن خوراکی آن کشت می‌شود. ارقام روغنی آن که بیش از ۴۰٪ روغن دارند، ماده خام مناسبی برای صنایع غذایی و فرآوری است [۱]. خواص فیزیکی دانه و مغز آفتابگردان جهت طراحی تجهیزات حمل و نقل و جابجایی، مغز کن‌ها، سورترها، سیستم‌های جداکننده مغز و پوست، خشک‌کن‌ها، تجهیزات روغن‌کشی، سیستم‌های انبارداری و دیگر سیستم‌های فرآوری دانه آفتابگردان ضروری است [۱۲]. تحقیقات گسترده‌ای در خصوص تعیین خصوصیات فیزیکی دانه‌های روغنی گزارش شده است در حالی که اطلاعات کمی در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی دانه آفتابگردان موجود است. *Das* و *Gupta* (۱۹۹۷) برخی خواص فیزیکی این محصول شامل ابعاد، چگالی، زاویه استقرار و ضریب اصطکاک استاتیکی را در محدوده رطوبت‌های ۴ تا ۲۰ درصد (بر مبنای خشک) تعیین کردند. آنها دریافتند که طول دانه‌ها رابطه معنی‌داری با عرض و ضخامت آنها دارد در حالی که ارتباط آنها با جرم دانه معنی‌دار نیست، همچنین چگالی مغز نسبت به دانه بطور معنی‌داری بزرگتر است و با افزایش رطوبت، چگالی حقیقی مغز و دانه‌های آفتابگردان افزایش، ولی چگالی توده کاهش می‌یافت. نتایج آزمایشات آنها نشان داد که ضریب اصطکاک استاتیکی دانه‌ها کمتر از آن برای مغز بوده و مقادیر آن (در کلیه سطوح رطوبت) برای سطوح از جنس فولاد بیشتر از آن برای آهن گالوانیزه است. *Khazaei* و همکاران (۲۰۰۶) نیز برخی خصوصیات فیزیکی دانه آفتابگردان را تعیین کردند. آنها گزارش کردند که خواص فیزیکی دانه و مغزهای آفتابگردان تابعی از محتوای رطوبتی است. جرم ۱۰۰۰ دانه، چگالی حقیقی، ضریب اصطکاک و زاویه استقرار با افزایش رطوبت از ۵/۹٪ به ۲۰٪ (بر مبنای خشک) به طور خطی افزایش یافتند، در حالی که چگالی توده بطور خطی کاهش یافت. *Joshi* و همکاران (۱۹۹۳)، برخی خواص ابعادی دانه‌های کدو و مغز آنها را گزارش کردند و دریافتند که ارتباط معنی‌داری بین عرض و طول دانه وجود دارد، در حالی که ضخامت و جرم، ارتباط کمتری را با طول دانه‌ها نشان دادند.

مواد و روش‌ها

آزمایشات این تحقیق بر روی آفتابگردان رقم دانه ریز مشهد انجام شدند. ابتدا دانه‌های شکسته و مواد خارجی از قبیل سنگ، کاه و کلش و غیره از دانه جدا شده و برای تهیه مغز سالم، دانه‌ها بصورت دستی پوست‌کنده شدند. محتوای رطوبت داخلی دانه‌های آفتابگردان به روش خشک کردن در آون در دمای ۱۰۳ درجه سانتیگراد، تعیین گردید [۱۴]. آزمایشات در محدوده رطوبت‌های ۵/۹٪ تا ۱۹/۴٪ (بر مبنای تر) انجام شدند که معمولاً عملیات برداشت، حمل و نقل و اغلب عملیات فرآوری (مانند پوست‌نی) در این محدوده‌ی رطوبتی انجام می‌شوند. نمونه‌های با محتوای رطوبتی بالاتر با اضافه نمودن مقدار معین آب، آماده شدند. نمونه‌های آماده شده در پاکت‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شده و به مدت ۶۰ ساعت در یخچال با دمای ۵ درجه نگهداری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در داخل دانه‌ها نفوذ کند [۱۴]. برای هر آزمایش، مقدار مورد نیاز دانه و مغز به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند تا با محیط همدمای شوند. کلیه آزمایشات در محیط آزمایشگاه با متوسط دمای ۲۴ درجه سانتیگراد انجام شدند.

خصوصیات ابعادی دانه و مغزهای آفتابگردان در محتوای رطوبتی ۵/۹٪ اندازه‌گیری شدند. برای این منظور، از هر وارسته تعداد ۱۰۰ عدد دانه آفتابگردان بصورت تصادفی انتخاب و طول، عرض، ضخامت هر دانه توسط میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. برای هر دانه، وزن آن نیز توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. قطر متوسط هندسی (D_g) و کرویت (ϕ) دانه‌ها و مغزهای آفتابگردان توسط معادلات ۱ و ۲ محاسبه گردید [۹ و ۱۴]:

$$D_g = \sqrt[3]{LWT} \quad (1)$$

$$\phi = [(LWT)^{1/3} / L] \cdot 100 \quad (2)$$

که در آنها L : طول، W : عرض و T : ضخامت است.

حجم دانه‌ها و مغزها (V) بر حسب mm^3 از رابطه ۳ محاسبه گردید [۲ و ۱۴ و ۱۷]:

$$V = \frac{\pi}{6} D_g^3 \quad (3)$$

برای تعیین جرم هزار دانه دانه ها و مغزهای آفتابگردان، تعداد ۵ نمونه ۱۰۰۰ تایی از دانه و مغزها تهیه و وزن آنها با استفاده از یک ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین گردید.

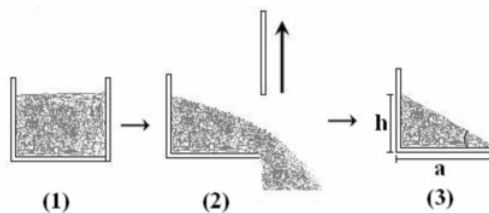
چگالی حقیقی یک دانه به صورت نسبت جرم دانه (یا مغز) به حجمش تعریف می شود که با روش اندازه گیری حجم سیال جابجا شده تعیین گردید. در این آزمایشات از تولوئن به جای آب استفاده شد که دلیل عمده آن قابلیت جذب کمتر تولوئن توسط دانه ها نسبت به آب است. برای هر آزمایش مقدار ۲۵۰ میلی لیتر تولوئن در یک استوانه مدرج ریخته شد و دانه ها درون تولوئن غوطه ور شدند. به دلیل کوتاه بودن مدت زمان آزمایشات و همچنین جنس طبیعی پوسته ها که تولوئن را به آسانی جذب نمی کنند، نیازی به پوشاندن دانه ها با مواد چرب کننده نبود [۳]. برای هر آزمایش، مقدار تولوئن جابجا شده از روی استوانه مدرج اندازه گیری شد. با تقسیم وزن دانه ها به حجم تولوئن جابجا شده، چگالی حقیقی مواد (ρ_T) طبق رابطه ۴ محاسبه گردید [۴ و ۱۶]:

$$\rho_T = \frac{m_s}{V_s} \quad (4)$$

که در آن m_s : جرم نمونه (kg) و V_s : حجم نمونه (m^3) است. چگالی ظاهری (چگالی توده)، نسبت جرم نمونه به حجم کل آن است که با پر کردن یک ظرف با حجم مشخص از نمونه و وزن کردن آن، تعیین شد. درصد تخلخل (ε) دانه ها، مقدار فضای داخل توده است که با هوا پر شده است. درصد تخلخل توده دانه ها، با استفاده از رابطه ۵ بدست آمد [۴ و ۱۶]:

$$\varepsilon = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_T}) \cdot 100 \quad (5)$$

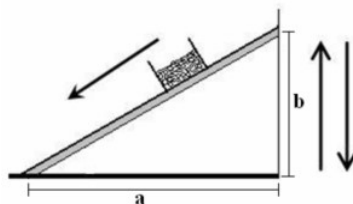
برای تعیین زاویه استقرار استاتیکی (φ_s) دانه ها از یک جعبه فولادی با ابعاد $250 \times 250 \times 120$ میلیمتر، دارای یک دریچه در جلو آن، استفاده شد [۱۰ و ۱۳ و ۱۸]. جعبه ابتدا از دانه با محتوای رطوبتی مورد نظر پر شده و دریچه به سرعت باز شد تا دانه ها با شیب طبیعی شان جریان یابند. زاویه استقرار با اندازه گیری ارتفاع سطح آزاد دانه ها در انتهای جعبه (h) و فاصله ی افقی انتهای جعبه تا نقطه ابتدایی سطح شیبدار (a) محاسبه شد (شکل ۱).



شکل ۱ روش اندازه گیری زاویه استقرار استاتیکی

$$\varphi_s = \text{Arc tan } \frac{h}{a} \quad (6)$$

ضریب اصطکاک دانه آفتابگردان روی دو سطح فولاد گالوانیزه و فولاد کربنی تعیین شد. این دو ماده، معمول ترین موادی هستند که در ساختمان انبار ها، وسایل حمل و نقل و فرآوری و خشک کن ها به کار می روند. برای اندازه گیری ضریب اصطکاک از یک جعبه فلزی با ابعاد $100 \times 50 \times 50$ میلیمتر که دو انتهای آن باز است استفاده شد. جعبه روی سطح با جنس مشخص و شیب قابل تنظیم قرار گرفت. سپس دانه ها در داخل آن ریخته شده و جعبه به آرامی بالا آورده شد، بطوریکه با سطح شیبدار تماس نداشته باشد و فقط دانه ها با سطح شیبدار در تماس باشند. شیب سطح شیبدار تدریجاً افزایش داده شد تا حدی که جعبه شروع به سر خوردن کند (شکل ۲). در این لحظه، زاویه سطح شیبدار اندازه گیری شد. ضریب اصطکاک استاتیکی (μ_s) برابر با تانژانت زاویه سطح شیب دار است (رابطه ۷) [۱۱ و ۱۹].



شکل ۲ روش اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

$$\alpha_s = \text{Arc tan } \frac{b}{a} \quad (7)$$

برای محاسبه زاویه استقرار دینامیکی، از یک جعبه چوبی با سطح مقطع $0.3m \times 0.3m$ که دارای یک دریچه است، استفاده شد. ابتدا دانه ها در داخل جعبه ریخته شده و سپس دریچه را به سرعت باز نموده تا دانه ها با شیب طبیعی شان بر روی سطح مورد نظر که ممکن است گرانیت، فولاد کربنی و غیره باشد، جریان یابند. زاویه استقرار با اندازه گیری ارتفاع و شعاع توده دانه های پخش شده محاسبه شد.

نتایج و بحث

توزیع فراوانی ابعاد دانه و مغزهای آفتابگردان

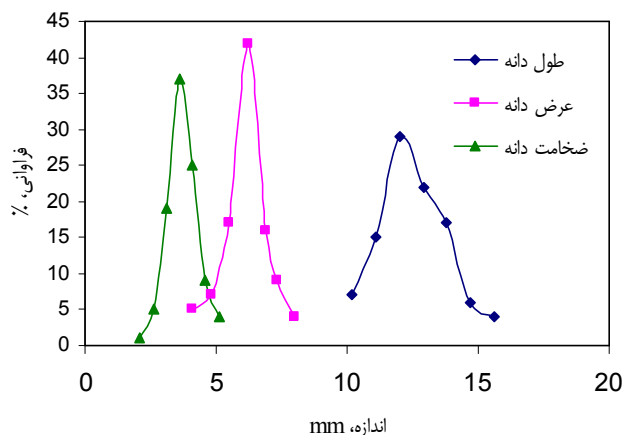
خصوصیات ابعادی دانه و مغز آفتابگردان در جدول ۱ ذکر شده است. مقادیر میانگین طول، عرض و ضخامت در رطوبت ۶/۲٪ (بر مبنای تر) به ترتیب عبارتند از: ۱۲/۰۳، ۵/۸۱، ۳/۴۶ میلیمتر برای دانه های آفتابگردان و ۹/۶۶، ۴/۲۵، ۲/۳۱ میلیمتر برای مغز آفتابگردان. مقدار متوسط جرم، قطر میانگین هندسی و کرویت دانه ها به ترتیب برابر است با ۰/۰۷۱ گرم و ۶/۱۸ میلیمتر و ۵۱/۶۷ است. مقادیر مربوط به مغزها نیز به ترتیب برابر است با ۰/۰۵۲ گرم، ۴/۵۴ میلیمتر و ۴۷/۱۵.

جدول ۱. خصوصیات ابعادی دانه و مغز آفتابگردان

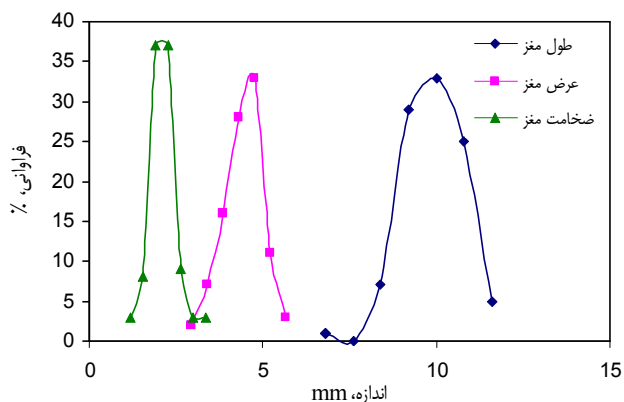
پارامتر	دانه		مغز		دانه		پارامتر
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
طول، mm	۱۵/۴۳	۹/۳۷	۱۱/۸۶	۵/۹۵	۱۲/۰۲	۱۲/۲۷	mm، طول
عرض، mm	۸/۲۳	۳/۴۵	۵/۷۷	۲/۴۷	۵/۸۱	۰/۹۲	mm، عرض
ضخامت، mm	۵/۰۹	۱/۶۰	۳/۷۲	۱/۱۹	۳/۴۵	۰/۵۷	mm، ضخامت
جرم، gr	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	gr، جرم
mm، D_g	۷/۹۳	۴/۹۲	۵/۴۹	۳/۵۷	۶/۱۷	۰/۴۹	mm، D_g
کرویت	۶۱/۶۰	۳۹/۶۹	۶۳/۶۶	۳۴/۹۴	۵۱/۶۶	۴/۳۳	کرویت

D_g : قطر متوسط هندسی.

شکل های ۳ و ۴، به ترتیب منحنی های فراوانی طول، عرض و ضخامت دانه و مغزهای آفتابگردان را نشان می دهند. شکل ۵، منحنی های فراوانی برای جرم دانه و مغز را نشان می دهد. منحنی های توزیع فراوانی برای طول، عرض و ضخامت تقریباً نرمال است. تقریباً ۷۳٪ دانه ها در محدوده طولی از ۱۰ تا ۱۳ میلیمتر بوده و ۸۷٪ دارای عرض ۴ تا ۷ میلیمتر و ۸۷٪ دارای ضخامت ۲ تا ۴ میلیمتر هستند. در حالی که تقریباً ۸۰٪ دانه ها دارای جرمی در محدوده ۰/۰۳۶ تا ۰/۰۸۴ گرم هستند.

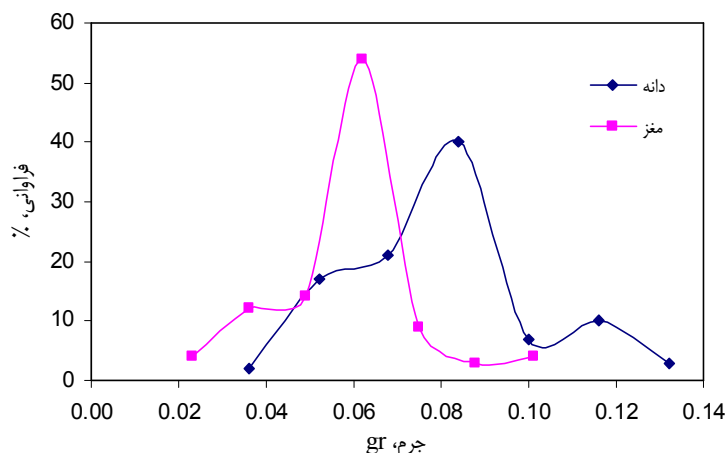


شکل ۳ منحنی فراوانی برای طول، عرض و ضخامت دانه آفتابگردان در محتوای رطوبتی ۶/۲٪ (بر مبنای تر)



شکل ۴ منحنی فراوانی برای طول، عرض و ضخامت مغز آفتابگردان در محتوای رطوبتی ۶/۲٪ (بر مبنای تر)

نتایج حاصل از اندازه گیری های مغزها نشان داد که تقریباً ۷۰٪ در محدوده طولی ۶/۸ تا ۱۰ میلیمتر، ۸۶٪ در محدوده عرضی ۲/۹۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر و حدود ۹۴٪ دارای ضخامت ۱/۲ تا ۲/۶۴ میلیمتر و ۸۴٪ دانه ها دارای جرمی از ۰/۰۲ تا ۰/۰۶ هستند (شکل ۴). ضخامت و عرض دانه های آفتابگردان در طراحی ماشین های پوست کن مهم هستند چون نیروی ضربه ای که ماشین پوست کن ایجاد می کند و باعث شکستن پوست دانه ها می شود تا حد زیادی به اندازه دانه ها بستگی دارد.



شکل ۵. نحی فراوانی جرم برای دانه و مغز آفتابگردان در محتوای رطوبتی ۶/۲٪ (بر مبنای تر)

رابطه بین طول، عرض، ضخامت، جرم و قطر متوسط هندسی دانه های آفتابگردان و مغزها در محتوای رطوبتی ۶/۲٪ با روابط زیر تعیین می شوند:

برای دانه:

$$m_s = 0.0059 L_s = 0.0121 W_s = 0.0218 T_s = 0.0114 D_{gs} \quad (8)$$

و برای مغز:

$$m_k = 0.0052 L_k = 0.0125 W_k = 0.0221 T_k = 0.0112 D_{gk} \quad (9)$$

رابطه بین طول، عرض، ضخامت و جرم دانه های آفتابگردان با مغزها توسط روابط زیر معلوم می شود:

$$m_k = 0.72 m_s, L_k = 0.80 L_s, W_k = 0.76 W_s, T_k = 0.69 T_s, D_{gk} = 0.73 D_{gs} \quad (10)$$

ضرایب وابسته به این روابط در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که جرم دانه ها به طول و عرضشان بسیار وابسته است، در حالی که جرم مغزها به طول و ضخامتشان وابسته است. نسبت m_k / m_s برای دانه های آفتابگردان توسط *Das* و *Gupta* (۱۹۹۷)، *Khazaei* و همکاران (۲۰۰۶) به ترتیب ۶۸٪ و ۵۶٪ گزارش شد که ۴٪ و ۱۶٪ کمتر از مقدار به دست آمده در این تحقیق است.

جدول ۲ ضرایب همبستگی خصوصیات ابعادی و جرمی دانه و مغز آفتابگردان

پارامتر	L_s	W_s	T_s	D_{gs}	m_s	L_k	W_k	T_k	m_k	D_{gk}
L_s	۱									
W_s	۰/۵۷**	۱								
T_s	-۰/۳۰	-۰/۲۹	۱							
m_s	۰/۶۷**	۰/۷۶**	-۰/۲۹	۱						
D_{gs}	۰/۵۲**	۰/۶۴**	۰/۳۷**	۰/۵۳**	۱					
L_k	۰/۸۵**	۰/۴۷**	-۰/۲۰	۰/۷۳**	۰/۴۹**	۱				
W_k	-۰/۳۰	-۰/۲۹	۰/۹۹**	-۰/۲۸	۰/۳۷**	-۰/۲	۱			
T_k	-۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۵۹**	۰/۲۵	۰/۳۵*	۰/۰۲	۱		
m_k	۰/۵۶**	۰/۶۲**	-۰/۱۸	۰/۹۲**	۰/۴۹**	۰/۷۳**	-۰/۲۹	۰/۶۴**	۱	
D_{gk}	-۰/۵۸**	۰/۱۳	۰/۴۹**	۰/۴۸**	۰/۵۵**	۰/۴۷**	۰/۴۹**	۰/۷۶**	۰/۵۸**	۱

L_s : طول دانه ها، W_s : عرض دانه ها، T_s : ضخامت دانه ها، D_{gs} : قطر متوسط هندسی دانه ها، L_k : طول مغزها، W_k : عرض مغزها،

T_k : ضخامت مغزها، D_{gk} : قطر متوسط هندسی مغزها

* معنی دار در سطح احتمال ۵٪؛ ** معنی دار در سطح احتمال ۱٪

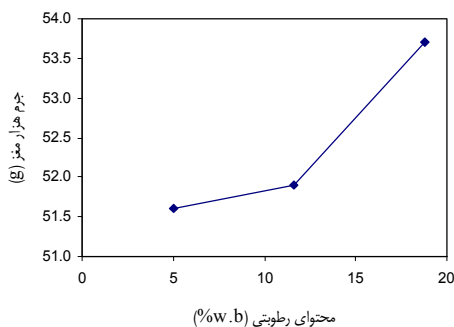
کرویت نمونه های استفاده شده در این تحقیق به ترتیب در محدوده ۰/۳۹ تا ۰/۶۱ برای دانه ها و ۰/۳۵ تا ۰/۶۴ برای مغزها بود. کرویت دانه ها و مغزها از آنچه که *Gupta و Das* در سال ۱۹۹۶ گزارش کردند، کمتر و از مقادیری که *Khazaei* همکاران (۲۰۰۶) برای آفتابگردان رقم سنقری به دست آوردند، بیشتر بود. به هر حال شکل دانه ها و مغزها، غلتش آنها را روی سطح تعیین می کند. شکل صاف دانه ها و مغزها، آنها را قادر می سازد که سُر بخورند و این خصوصیت در ساخت ناودنی و طراحی پوست کن آفتابگردان مهم است [۱۴].

وزن هزار دانه آفتابگردان در محتواهای رطوبتی مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است. به نظر می رسد جرم هزار دانه و مغز، به محتوای رطوبتی بستگی دارد و به صورت خطی با افزایش محتوای رطوبتی افزایش می یابد. روابط رگرسیونی زیر، برای جرم هزار دانه و مغز در محتوای رطوبتی بین ۵/۹٪ تا ۱۹/۴٪ (بر مبنای تر) داده شده است:

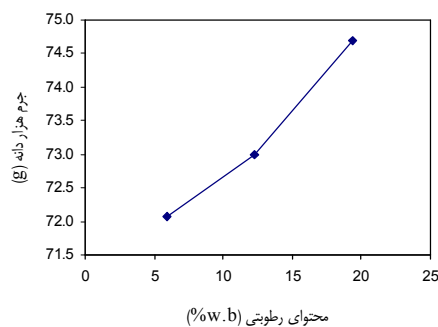
$$m_{s1000} = 70.80 + 0.195Mc \quad R^2 = 0.981 \quad (11)$$

$$m_{k1000} = 50.58 + 0.154Mc \quad R^2 = 0.872 \quad (12)$$

محققان دیگر نیز، روابط خطی مشابهی را برای سویا، دانه قهوه، لوبیا سفید و سایر دانه ها گزارش کردند [۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۱۸].



(ب)

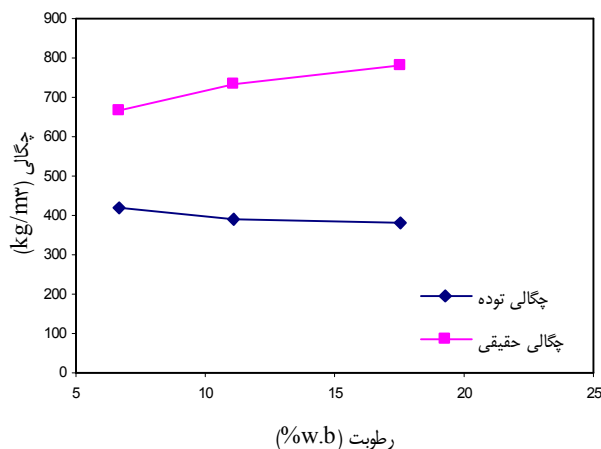


(الف)

شکل ۶ تاثیر رطوبت بر جرم هزار دانه الف) دانه آفتابگردان، ب) مغز آفتابگردان

چگالی حقیقی، چگالی توده و درصد تخلخل دانه و مغز آفتابگردان

تغییرات چگالی حقیقی (ρ_t) و چگالی توده (ρ_b) با محتوای رطوبتی دانه در شکل ۷ نشان داده شده است. مشاهده می شود که وقتی محتوای رطوبتی از ۶/۷٪ تا ۱۷/۵٪ بیشتر می شود، چگالی حقیقی به طور خطی از ۶۶۴/۶ تا ۷۸۰/۲ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش می یابد. تغییرات نشان می دهد که چنانچه محتوای رطوبتی دانه ها افزایش یابد، افزایش جرم دانه های آفتابگردان بیشتر از افزایش حجم مربوطه است.



شکل ۷ اثر محتوای رطوبتی روی چگالی حقیقی و چگالی توده دانه آفتابگردان

نتایج نشان می دهند که چگالی توده دانه های آفتابگردان با افزایش محتوای رطوبتی به طور غیر معنادار کاهش می یابد. *Gupta و Das* (۱۹۹۷) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

برای دانه های آفتابگردان استفاده شده در این تحقیق، محدوده تغییرات چگالی حقیقی ۴۷۵ تا ۵۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب و چگالی توده ۳۷۹ تا ۴۱۷/۵ کیلوگرم بر متر مکعب است که از مقادیر گزارش شده توسط *Das و Gupta* کمتر و از مقادیر گزارش شده توسط *Khazaei* و همکاران بیشتر است.

روابط بین چگالی توده و چگالی حقیقی دانه های آفتابگردان با محتوای رطوبتی، به ترتیب با روابط ریاضی ۱۳ و ۱۴ می

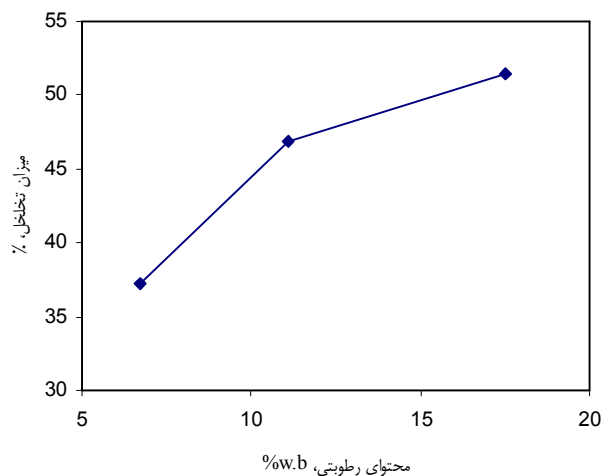
توانند بیان شوند:

$$\rho_{bs} = 436.34 - 3.442Mc \quad R^2=0.900 \quad (13)$$

$$\rho_{ts} = 603.99 + 10.435Mc \quad R^2=0.945 \quad (14)$$

شکل ۸ تغییرات تخلخل (ϵ) را بر حسب محتوای رطوبتی نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که تخلخل به طور خطی از ۳۷٪ در محتوای رطوبتی ۶/۷٪ تا ۵۱/۴٪ در محتوای رطوبتی ۱۷/۵٪ افزایش یافت. *Carman* (۱۹۹۶) و *Gupta و Das* (۱۹۹۷) و *Ogut* (۱۹۹۸) نیز افزایش تخلخل را با افزایش محتوای رطوبتی، به ترتیب برای دانه آفتابگردان، عدس و لوبیا گزارش کردند. رابطه بین تخلخل دانه های آفتابگردان با محتوای رطوبتی به صورت زیر به دست آمد:

$$\epsilon = 30.143 + 1.275Mc \quad R^2=0.907 \quad (15)$$



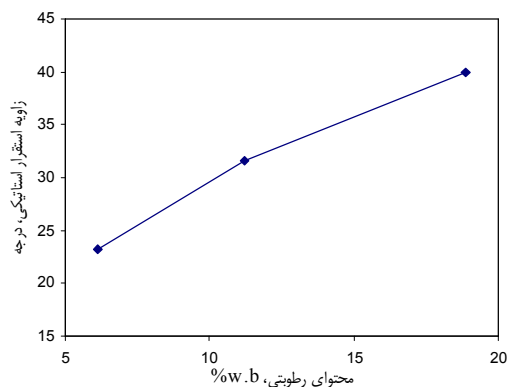
شکل ۸ تغییرات تخلخل بر حسب محتوای رطوبتی

زاویه استقرار استاتیکی

تغییرات زاویه استقرار استاتیکی (ϕ_s) با محتوای رطوبتی در شکل ۹ نشان داده شده است. زاویه استقرار استاتیکی به طور خطی با محتوای رطوبتی دانه، از $23/27$ درجه در محتوای رطوبتی $6/1\%$ تا $39/94$ درجه در محتوای رطوبتی $18/9\%$ افزایش می یابد. این رابطه با رابطه ۱۶ بیان می شود:

$$\phi_s = 16.10 + 1.284Mc \quad R^2=0.986 \quad (16)$$

افزایش خطی زاویه استقرار استاتیکی با افزایش محتوای رطوبتی دانه آفتابگردان توسط *Gupta* و *Das* (۱۹۹۷)، دانه کدو توسط *Joshi* و همکاران (۱۹۹۳) و دانه زیره توسط *Singh* و *Goswami* (۱۹۹۶) گزارش شده است.



شکل ۹ نائیر محتوای رطوبتی روی زاویه استقرار استاتیکی دانه آفتابگردان

مقادیر به دست آمده از این تحقیق، از مقادیر به دست آمده توسط *Gupta* و *Das* (۱۹۹۷) کمتر بودند. این تفاوت می تواند ناشی از تفاوت زبری سطح دانه ها یا به دلیل افزایش تمایل زاویه استقرار در محتوای رطوبتی بالاتر باشد [۱۴].

زاویه استقرار دینامیکی

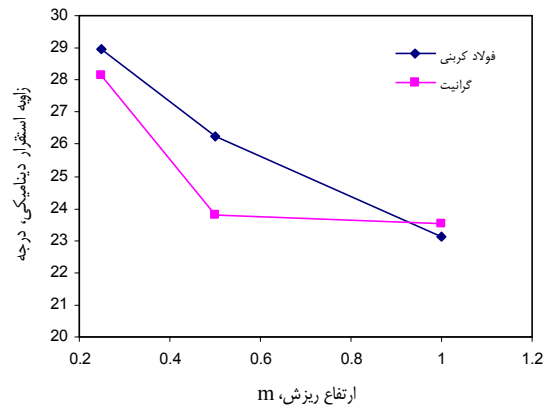
نتایج به دست آمده برای زاویه استقرار دینامیکی (φ_d) با افزایش ارتفاع ریزش در شکل ۱۰ نشان داده شده است. مشاهده می شود که افزایش ارتفاع ریزش از ۲۵ تا ۱۰۰ سانتیمتر، یک اثر کاهشی روی زاویه استقرار دانه های آفتابگردان در محتوای رطوبتی ۶/۱٪ (بر مبنای تر) داشته است. در ارتفاع ریزش ۲۵ و ۵۰ سانتیمتر، زاویه استقرار روی سطح فولاد کربنی، بیشتر از سطوح گرانیتی بود، در حالیکه در ارتفاع ریزش ۱۰۰ سانتیمتری زاویه استقرار روی سطح گرانیتی بیشتر بود. رابطه بین زاویه استقرار دینامیکی و ارتفاع ریزش طبق روابط ۱۷ و ۱۸ بیان شد:

برای فولاد کربنی:

$$\varphi_d = 30.508 - 7.541h \quad R^2=0.976 \quad (17)$$

برای سطوح گرانیتی:

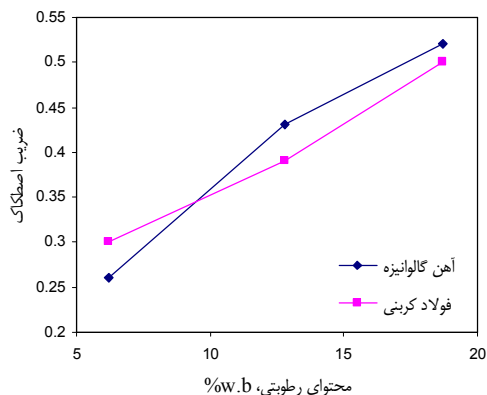
$$\varphi_d = 28.285 - 5.348h \quad R^2=0.620 \quad (19)$$



شکل ۱۰ تاثیر ارتفاع ریزش روی زاویه استقرار دینامیکی دانه آفتابگردان

ضریب اصطکاک دانه های آفتابگردان

مقادیر ضریب اصطکاک استاتیکی به دست آمده برای دانه های آفتابگردان بر روی دو سطح فولاد گالوانیزه و فولاد کربنی در سطوح مختلف رطوبت در محدوده ۶/۲٪ تا ۱۸/۷٪ (بر مبنای تر) در شکل ۱۱ نشان داده شده است. ضریب اصطکاک دانه های آفتابگردان بر روی سطوح فولاد گالوانیزه و فولاد کربنی، به طور خطی با افزایش محتوای رطوبتی افزایش نشان داد. این مورد ممکن است بدلیل افزایش نیروی چسبندگی بین ملکول های آب با سطح فلز در درصد رطوبت های بالاتر باشد [۱۴].



شکل ۱۱ تاثیر محتوای رطوبتی روی ضریب اصطکاک استاتیکی دانه های آفتابگردان

رابطه بین محتوای رطوبتی و ضریب اصطکاک استاتیکی برای دو سطح فولاد گالوانیزه و فولاد کربنی به صورت زیر تعیین شدند:

برای فولاد کربنی:

$$\alpha = 0.0209Mc + 0.1407 \quad R^2=0.979 \quad (19)$$

برای فولاد گالوانیزه:

$$\alpha = 0.0160Mc + 0.1962 \quad R^2=0.991 \quad (20)$$

نتیجه گیری

دانستن خصوصیات فیزیکی دانه و مغز آفتابگردان برای طراحی ماشین آلات فرآوری و حمل و نقل آن لازم و ضروری است. این تحقیق نشان داد که خصوصیات دانه و مغز آفتابگردان تابع محتوای رطوبتی آن است. جرم هزار دانه، چگالی حقیقی، میزان تخلخل، ضریب اصطکاک و زاویه استقرار با افزایش محتوای رطوبتی به صورت خطی افزایش یافتند در حالی که چگالی توده کاهش یافت.

فهرست منابع

- 1- جک اف کارتر. ۱۳۷۳. علوم و تکنولوژی آفتابگردان. مترجم یوسف عرشی، ناشر اداره کل پنبه و دانه های روغنی ایران.
- 2- Abalone, R., Cassinera, A., Gaston, A., and Lara, M.A., 2004. **Some Physical Properties of Amaranth Seeds**. Biosystems Engineering. 89 (1): 109–117.
- 3- Altuntas, E., Ozgoz, E., Taser, O. F., Taser, F., 2005. **Some physical properties of fenugreek (Trigonella foenum-graceum L.) seeds**. Journal of Food Engineering v(71):37–43.
- 4- Amin, M.N., M.A. Hossain, K.C. Roy. 2004. **Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds**. Journal of Food Engineering v(65): 83–87.
- 5- Baryeh, E.A., and Mangope, B.K., 2002. **Some physical properties of QP-38 varietype pigeon pea**. Journal of Food Engineering v(56): 59–65.
- 6- Baryeh, E. A., 2001. **Physical properties of bambara groundnuts**. Journal of Food Engineering. v(47): 321–326.
- 7- Baryeh, E. A., 2002. **Physical properties of millet**. Journal of Food Engineering, v(51), 39–46.
- 8- Deshpande, S.D., Bal, S., Ojha, T.P., 1993. **Physical properties of soybean**. Journal of Agricultural Engineering Research. v(56): 89-98.
- 9- Gupta, R.K., S.K. Das. 1997. **Physical properties of sunflower seeds**. Journal of Food Engineering v(66): 1-8.
- 10- Jain, R. K., Bal, S., 1997. **Properties of pearl millet**. Journal of Agricultural Engineering Research, v(66): 85–91.



- 11- Joshi, D. C., Das, S.K., and Mukherjee, R.K., 1993. **Physical properties of pumpkin seeds**. Journal of Agricultural Engineering Research. v(54): 219–229.
- 12- Kachru R P; Rai D R. 1993. **physical constituents and some engineering properties of peanut pods**. Journal of Oilseeds Research, v(10): 145-153.
- 13- Karababa, E., 2006. **Physical properties of popcorn kernels**. Journal of Food Engineering v(72): 100–107.
- 14- Khazaei, J., Sarmadi, M., and Behzad, J. 2006. **Physical properties of sunflower seeds and kernels related to harvesting and dehulling**. Lucrari Stiintifice, V(49). Seria Agronomie.
- 15- Ogut, H., 1998. **Some physical properties of white lupin**. Journal of Agricultural Engineering Research. v(56): 273–277.
- 16- Olajide, J. O., B. I. O. A. Omowaye., and E.T. Otunola. 2000. **Some physical properties of shea kernel**. Journal of Agricultural Engineering Research. v(76): 419–421.
- 17- Ozarslan C., 2002. **Physical properties of cotton seed**. Biosystems Engineering, v(83(2)): 169–174.
- 18- Singh, K. K., and Goswami, T. K., 1996. **Physical properties of cumin seed**. Journal of Agricultural Engineering Research. v(64): 93–98.
- 19- Shukla, B.D., Srivastava, P.K., and Gupta, R.K., 1992. **Oilseed Processing Technology**. Bhopal, India: CIAE.
- 20- Visvanathan, R., Palanisamy, P. T., Gothandapani,L., and Sreenarayanan, V.V., 1996. **Physical properties of neem nut**. Journal of Agricultural Engineering Research. v(63): 19–26.