

بررسی خواص آیرودینامیکی ارقام سویا در استان گلستان

محمد هاشم رحمتی^{۱*} و رقیه پورباقر^۲

چکیده

سرعت حد و ضریب دراگ از مهم‌ترین خواص آیرودینامیکی محصولات کشاورزی از جمله سویا در طراحی ماشین‌ها و تجهیزات فرآوری است. در این پژوهش این خواص روی سه رقم سویا (سحر، دی‌پی‌ایکس و ویلیامز) در ۵ سطح رطوبتی (۰/۴، ۰/۸، ۰/۱۲، ۰/۱۶ و ۰/۲۰) بر پایه خشک بررسی شد. بدین منظور ابتدا رابطه سرعت حد و ضریب دراگ با محتوای رطوبتی به‌صورت تئوری به دست آمد و سپس عملاً در دستگاه خشک کن بستر سیال آزمایش و بررسی شد. نتایج نشان داد با تغییر محتوای رطوبتی سه واریته سحر، دی‌پی‌ایکس و ویلیامز در بازه ۰/۴ تا ۰/۲۰، سرعت حد هر یک از سه واریته به‌ترتیب از ۴/۴۲ به ۵/۱، ۵/۱۲ به ۵/۹۴ و ۴/۷۱ به ۵/۵ متر بر ثانیه افزایش یافت، در حالیکه در همین محدوده رطوبتی، ضریب دراگ سه رقم به‌ترتیب از ۰/۴۵ به ۰/۳۸۹، ۰/۵۳ به ۰/۴۵۲ و ۰/۵۱۲ به ۰/۴۴۴ کاهش یافت. رسم نمودارهای سرعت حد و ضریب دراگ نسبت به محتوای رطوبتی، نشان داد که هر دوی آن‌ها با رطوبت رابطه خطی داشته ولی با افزایش محتوای رطوبت سرعت حد افزایش و ضریب دراگ کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: دانه سویا، سرعت حد، ضریب دراگ، نیروی بالابر.

ارجاع: رحمتی م. ه. و پورباقر ر. ۱۳۹۳. بررسی خواص آیرودینامیکی ارقام سویا در استان گلستان. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۴: ۹-۱۵.

۱- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

* نویسنده مسئول: hmrhmati20@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۳

مقدمه

سویا گیاهی است از خانواده Papilionaceae، یکساله و خود گردهافشان که مقام نخست را در تأمین روغن گیاهی در جهان دارد. نام علمی آن Glycin max و نام انگلیسی آن Soybean است (مختارپور، ۱۳۸۳). درباره منشأ سویا دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. برخی اعتقاد دارند که منشأ آن شمال شرقی چین است و برخی دیگر معتقدند که شرق آفریقا و استرالیا جایگاه اصلی این گیاه است. یک نظریه جدید استرالیا را به‌عنوان مرکز محتمل پراکندگی، برای تمام منطقه اقیانوس آرام، از جمله چین می‌داند و اعتقاد دارد پرندگان مهاجر ناقل بذر آن بوده‌اند. لوبیا روغنی (Soybean) که در ایران آن را با نام سویا می‌شناسند، ارزش غذایی زیادی دارد و در صنایع غذایی از روغن آن در ساخت محصول صنعتی بهره‌برداری می‌شود و از کنجاله سویا نیز در تغذیه دام‌ها استفاده می‌شود. این دانه روغنی بالاترین میزان تولید در جهان را دارد. در سال ۲۰۰۸ میزان تولید سویا ۲۴۰۸۷۰۰۰ تن و میزان تولید روغن به دست آمده از آن ۳۸۷۹۰۰۰ تن بود. در سال ۲۰۰۸ تولید روغن سویا، بعد از روغن پالم در مقام دوم جهان بود (یواس‌دی، ۲۰۰۸). در ایران بالاترین سطح زیرکشت مربوط به استان گلستان و حدود ۵۵۰۰ هکتار در سال ۱۳۸۷ است.

در هنگام عمل‌آوری محصولات کشاورزی، هوا بیشتر به‌عنوان واسطه حمل و نقل به کار می‌رود. حمل و نقل و پاک کردن محصولات کشاورزی توسط هوا از خیلی وقت پیش شناخته شده بود. در هنگام فراوری محصولات کشاورزی، خواص آیرودینامیکی نقش مهمی دارند و شناخت آن‌ها در طراحی بهینه و مناسب تجهیزات، ضروری است. خصوصیات فیزیکی لازم برای محاسبه سرعت حد و ضریب انتقال (دراگ)، شامل جرم، حجم و ابعاد هندسی هستند (سهای و سینگ، ۱۹۹۴). سرعت هوای بزرگ‌تر از سرعت حد، مواد را بلند کرده و اجازه می‌دهد مواد سنگین‌تر سقوط کرده و مواد سبک‌تر از محفظه خارج شوند (محسنین، ۱۹۸۰).

در بیشتر پژوهش‌های انجام شده روی دانه‌ها، سرعت حد، به طور معمول با افزایش محتوای رطوبتی به صورت خطی افزایش یافت. در مورد فندق، با افزایش محتوای رطوبتی از ۲/۷۷٪ تا ۱۹/۹۸٪، سرعت حد از ۷/۲۲ تا ۸/۵۴ متر بر ثانیه افزایش یافت (آیدین، ۲۰۰۲). رضوی و همکاران

(۱۳۸۸)، با پژوهش روی محصول نخود، به این نتیجه رسیدند که افزایش محتوای رطوبتی از ۵/۲٪ تا ۱۶/۵٪، سبب افزایش سرعت حد از ۸ تا ۹/۵ متر بر ثانیه می‌شود. گوشکی سرجاز و همکاران (۱۳۹۰) خواص آیرودینامیکی پسته و مغز آن را بررسی کردند نتایج نشان داد که سرعت حد پسته و مغز آن با افزایش رطوبت افزایش پیدا کرد و در محدوده ۱۱/۶-۱۰/۵۹ متر بر ثانیه برای پسته و ۹/۱۶ متر بر ثانیه برای مغز قرار گرفت. کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۵) اثر محتوای رطوبتی دانه را روی خواص فیزیکی مغز پسته مطالعه کردند. این پژوهش‌گران به این نتیجه رسیدند که با افزایش محتوای رطوبتی از ۴/۱ تا ۳۸/۱، سرعت حد از ۶/۴۵ تا ۷/۳۲ متر بر ثانیه افزایش یافت. کری (۲۰۰۳) مشاهده کرد که سرعت حد برای هسته زردآلو بیشتر از هسته آلبالو است. غریب زاهدی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش دادند که افزایش سرعت حد برای میوه سنجید با افزایش در دامنه رطوبتی به‌دلیل مقاومت بیشتر این میوه‌ها در جریان هوا است. هدف از این پژوهش بررسی خواص آیرودینامیکی سویا از جمله سرعت حد و نیروی انتقال (دراگ) است زیرا برای طراحی و تجهیزات لازم برای تمیز کردن، درجه‌بندی، بوجاری، جداسازی و خارج کردن روغن لازم است.

مواد و روش‌ها

ارقام سویا مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از ارقام سحر، ویلیامز، دی‌پی‌ایکس و رطوبت بذر سویا نیز در پنج سطح رطوبتی ۰/۴٪، ۰/۸٪، ۱/۲٪، ۱/۶٪ و ۲/۰٪ بررسی شد و برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و نرم‌افزارهای آماری Excel و Spss استفاده شد. دستگاه مورد استفاده برای تعیین سرعت حد و ضریب دراگ شامل یک خشک‌کن بستر سیال سیکل بسته ساخته شده در دانشگاه پردیس علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است. که در شکل ۱ نشان داده شده است. در این خشک‌کن یک سیستم رطوبت‌گیر هوا (کندانسور، اوپراتور و کمپرسور) و یک سیستم رطوبت دهنده هوا برای ثابت نگه داشتن یا تغییر رطوبت هوای در حال جریان در سیکل بسته با درصد مورد نظر کاربر آماده شده است به طوری که پس از تنظیم دستگاه روی دما و رطوبت مشخص، هوای محیط که با فن کشیده می‌شود از داخل

شیوه نمونه‌برداری به این صورت بود که ابتدا ۲ کیلوگرم از هر یک از ۳ واریته سویا انتخاب، سپس دانه‌ها با الک غربال و دانه‌های سالم از دانه‌های شکسته و نابالغ جدا شدند و در مرحله بعد ۱۰۰ عدد دانه از میان هر یک از ۳ واریته برای انجام آزمایش به‌صورت تصادفی انتخاب شدند.

• آزمایش تأثیر محتوای رطوبتی دانه‌های سویا بر روی

سرعت حد

سرعت حد دانه‌های سویا در رطوبت‌های مختلف، (۴٪ تا ۲۰٪) با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی که قبلاً توضیح داده شده اندازه‌گیری شد. برای انجام هر آزمایش مقدار مناسبی از نمونه حدود ۱۰۰ عدد دانه سویا به داخل لوله انتقال دهنده انتقال داده شد. هوا نیز با فن به سمت بالا به جریان درآمد تا اکثر دانه‌ها را به مدت ۳۰ ثانیه معلق نگه دارد. نرخ جریان هوا با تغییر فرکانس پمپ قابل تغییر بود تا دانه‌های بیشتری در حالت معلق قرار گیرند به‌منظور کاهش خطای ایجاد شده، محتوای رطوبتی و دمای سیال توسط سنسورهای رطوبت‌سنج و سنسور دما کنترل شدند. آزمایش در دمای محیط ۲۵ درجه و رطوبت ۴۵٪ سیال هوا انجام شد. سپس، برای به دست آوردن سرعت حد از دستگاه سرعت‌سنج با اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در هنگام معلق بودن دانه‌ها استفاده شد. این آزمایش برای کاهش خطا ۵ بار تکرار شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه شد.

• ضریب دراگ

وقتی ماده‌ای در جریانی از هوا قرار می‌گیرد دو نیروی F_D و F_L به ماده وارد می‌شود، که F_D نیروی دراگ یا کشش (انتقال) و F_L نیروی بلند کننده است. سپس برای آن‌ها F_r است (سهای و سینگ، ۱۹۹۴). که شکل ۳ و فرمول‌های ۱ تا ۵ در مورد نیروهای بالا توضیح می‌دهد:

$$F_D = C_D A_p \frac{\rho_f v^2}{2} \quad (1)$$

$$F_L = C_L A_p \frac{\rho_f v^2}{2} \quad (2)$$

که در آن C_D ضریب دراگ، C_L ضریب بلندکنندگی، A_p سطح مقطع مؤثر و ρ_f جرم مخصوص ظاهری سیال (هوا). C_D و C_L تابعی از عدد رینولدز، موقعیت، گردی سطح و شکل است.

$$F_D = f_1(A_p, \rho_f, g, E, V) \quad (3)$$

$$F_L = f_2(A_p, \rho_f, g, E, V) \quad (4)$$

در نهایت نیروی F_r به این صورت تعریف می‌شود که در آن

سیستم رطوبت گیر و رطوبت دهنده عبور کرده و رطوبت آن به رطوبت مشخص شده تغییر می‌یابد سپس هوا توسط چند المنت گرم شده و به دمای مورد نظر برای خشک کردن سویا می‌رسد.



شکل ۱- خشک‌کن بستر سیال مورد استفاده در آزمایش

این دستگاه شامل یک لوله انتقال دهنده بذر به طول ۱۱۰ و قطر ۶۰ سانتی‌متر است که دانه‌ها پس از قرار گرفتن در ورودی لوله و تغییر سرعت هوا با تغییر دور دمنده، بیش از ۵۰٪ آن‌ها در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری به مدت ۳۰ ثانیه معلق می‌مانند تا سرعت حد سیال از سرعت‌سنج دیجیتال (ANEMOMETER) مدل (AM-4216) ساخت کشور چین با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه (موجود در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) استفاده شد که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- سرعت‌سنج (ANEMOMETER)

C ضریب دراگ کل است:

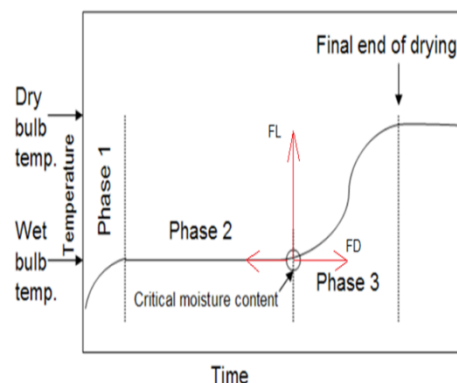
$$F_R = C A_P \frac{\rho_f V^2}{2} \quad (5)$$

$$A_P = \left(\frac{\pi}{4}\right) L_1 L_2 \quad (6)$$

نتایج و بحث

الف- سرعت حد

در جدول ۱ سرعت حد رقم‌های سویا مورد بررسی در این پژوهش آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد سرعت حد برای گونه‌های سحر، دی‌پی‌ایکس و ولیامز زمانی که محتوای رطوبتی نمونه‌های سویا از ۴٪ به ۲۰٪ رسید به‌ترتیب از ۴/۴۲ به ۵/۱، ۵/۱۲ به ۵/۹۴ و ۴/۷۱ به ۵/۵ متر بر ثانیه افزایش یافت. میانگین سرعت حد سویا در محتوای رطوبتی ۸ تا ۱۶ درجه سانتی‌گراد ۱۴ متر بر ثانیه گزارش شده است (گوریل و اکالان، ۱۹۹۰). دلیل تغییر در سرعت حد با تغییر در رطوبت را می‌توان به تغییر جرم دانه نسبت به تغییر سطح جبهی (سطحی است که در مقابل جریان باد قرار می‌گیرد) با تغییر رطوبت و نیز تغییر ضریب بادبردگی با تغییر رطوبت دانست (کاشانی‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۵). در بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی ارزن در دامنه رطوبت ۵ تا ۲۲/۵ درصد، با افزایش محتوای رطوبت، ابعاد هندسی و سرعت حد افزایش یافت (بری، ۲۰۰۲). ابعاد هندسی، جرم هزار دانه، تخلخل و سرعت حد دانه ذرت شیرین نیز توسط کسکن (۲۰۰۵) بررسی شد. مقادیر سرعت حد رقم دی‌پی‌ایکس در محتوای رطوبتی ۴٪ تا ۲۰٪ بیشتر از دو رقم دیگر بود. زیرا رقم دی‌پی‌ایکس مقادیر سطح مقطع و جرم مخصوص ظاهری بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. صادقی (۱۳۸۹) این تفاوت سرعت حد را ناشی از ویژگی‌های اختصاصی ارقام و شرایط متفاوت محیطی و رشد ارقام مختلف دانست.



شکل ۳- نیروهای وارد شده به نمونه در خشک‌کن بستر سیال

برای محاسبه ضریب دراگ نیاز به مشخص بودن سطح مقطع است که با رابطه ۶ و با تعیین دو قطر اصلی سطح مقطع مؤثر بذر، L_1 و L_2 به دست می‌آید. سرعت حد V_t از طریق آزمایش وضریب دراگ (انتقال) کلی از رابطه بالا با داشتن سرعت حد V_t به دست می‌آید. چگالی جرمی بذر (ρ_p) در رطوبت‌های مختلف، با روش جابه‌جایی سیال اندازه‌گیری شده است (گوپتا و داز، ۱۹۹۷). ابتدا نمونه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و سپس حجم نمونه‌ها در بورت با دقت ۰/۰۵ CC اندازه‌گیری شدند. جرم مخصوص ظاهری از تقسیم جرم بر حجم محاسبه شد. که برای گونه‌های سحر، دی‌پی‌ایکس و ولیامز به‌ترتیب ۳۹۸، ۴۶۰ و ۴۰۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد.

A_p مساحت سطح مقطع مؤثر بذر با استفاده از معادله بالا تخمین زده شد و L_1 و L_2 با میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. که در نتیجه برای گونه‌های سحر، دی‌پی‌ایکس و ولیامز به‌ترتیب برابر ۳۱، ۴۲ و ۳۷/۷ میلی‌متر مربع به دست آمد. مقدار چگالی هوا در دمای محیط ۲۵ درجه $\frac{kg}{m^3}$ ۱/۱۶۹ بوده است. و مقادیر رطوبت،

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار سرعت حد (m/s) در رطوبت‌های مختلف

رطوبت	۲۰٪	۱۶٪	۱۲٪	۸٪	۴٪
سرعت حد سحر	۵/۱±۰/۰۲	۴/۸۳±۰/۰۲۶	۴/۷۵±۰/۰۷۱	۴/۵±۰/۰۲۶	۴/۴۲±۰/۰۴۳
سرعت حد دی‌پی‌ایکس	۵/۹۴±۰/۰۲۱	۵/۷۹±۰/۰۲۶	۵/۴۷±۰/۰۲۴	۵/۲۵±۰/۰۲۱	۵/۱۲±۰/۰۴۴
سرعت حد ولیامز	۵/۵±۰/۰۲۶	۵/۲±۰/۰۵۲	۵/۰۶±۰/۰۱۶	۴/۸۲±۰/۰۹۷	۴/۷۱±۰/۰۵۳

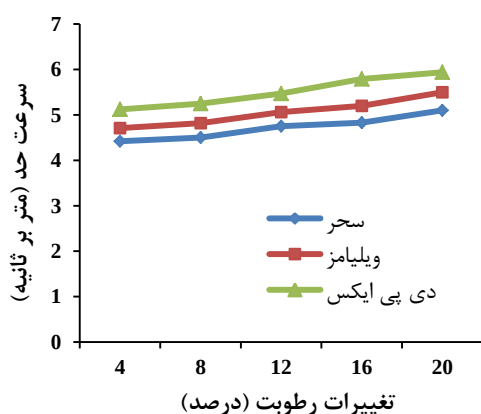
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و رطوبت بر خواص

آیروودینامیکی		
منابع تغییر	سرعت حد	ضریب دراگ
رقم	۲/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۲۲۹**
رطوبت	۰/۸۶۲**	۰/۰۰۶۲۳**
رقم × رطوبت	۰/۰۰۹۵۹**	۰/۰۰۰۲۰۰**
خطا	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۳۳

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد و NS عدم معنی‌داری

جدول ۳- رابطه‌های رگرسیون خطی سرعت حد سه رقم سویا در رطوبت‌های مختلف

رقم‌های سویا	معادله سرعت حد	R ²	MSE
سحر	$v_t = 0/042 m + 4/21 v_t$	۰/۹۶	۰/۰۴
ویلیامز	$v_t = 0/049 m + 4/47 v_t$	۰/۹۷	۰/۰۳
دی پی ایکس	$v_t = 0/053 m + 4/88 v_t$	۰/۹۷	۰/۰۳



شکل ۴- تغییر سرعت با تغییر محتوی رطوبتی

جدول ۴- نتایج آزمون مقایسه میانگین اثر رقم و رطوبت روی خواص آیروودینامیکی

متغیرهای مستقل	سرعت حد (m/s)	ضریب دراگ
رقم	۴/۷۲۰ ^c	۰/۴۲۱ ^c
	۵/۵۱۴ ^a	۰/۴۷۸ ^b
	۵/۰۵۹ ^b	۰/۴۹۵ ^a
سطوح رطوبتی	۴/۷۴۹ ^e	۰/۴۹۷ ^a
	۴/۸۵۷ ^d	۰/۴۷۹ ^b
	۵/۰۹۵ ^c	۰/۴۶۵ ^c
	۵/۲۷۳ ^b	۰/۴۵۱ ^d
	۵/۵۱۳ ^a	۰/۴۲۸ ^e
	۰/۲۰	۰/۴۲۸ ^e

با تغییر محتویات رطوبتی برای سه رقم سویا با فرمول‌های ارائه شده محاسبه شد. در پژوهشی صادقی و همکاران میانگین ضریب دراگ لوبیا را ۰/۷۴ گزارش کرده‌اند. ضریب دراگ لوبیا برابر ۰/۸ و ضریب دراگ سویا برابر ۰/۵

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و رطوبت بر سرعت حد و ضریب دراگ در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر رقم، رطوبت و اثرات متقابل رقم و رطوبت بر سرعت حد و ضریب دراگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. معادلات رگرسیونی در جدول ۳ و شکل ۴ نشان می‌دهد که رابطه‌های بین سرعت حد و رطوبت به طور کامل خطی بود. افزایش خطی سرعت حد با افزایش رطوبت با نتایج پژوهش‌های پژوهش‌گران دیگر از جمله آیدین (۲۰۰۲) روی فندق، کاشانی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۶) روی مغز پسته، زابلستانی و طباطبائی (۱۳۸۹) برای مغز بادام و ساسیلیک و همکاران (۲۰۰۳) بر روی شاهدانه مشابیهت داشت. همچنین نعلبندی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که رطوبت اثر معنی‌داری بر سرعت حد دانه‌های گندم داشت.

با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که با افزایش محتویات رطوبتی سرعت حد افزایش و ضریب دراگ کاهش یافت. بیشترین مقدار میانگین سرعت حد و ضریب دراگ به ترتیب مربوط به رقم دی‌پی‌ایکس در رطوبت ۲۰٪ و ویلیامز در رطوبت ۴٪ با میانگین به ترتیب ۵/۵۱۴ و ۰/۴۹۵ به دست آمد. همچنین کمترین مقدار میانگین سرعت حد و ضریب دراگ مربوط به رقم سحر به ترتیب ۴/۷۲ در رطوبت ۴٪ و ۰/۴۲۱ در رطوبت ۲۰٪ به دست آمد.

ب- ضریب دراگ

جدول ۵ ضریب دراگ سه واریته سویا را نشان می‌دهد با دیدن نتایج می‌توان دریافت ضریب دراگ سه واریته سویا در دامنه ۰/۳۸۹-۰/۵۳ متغیر است (تغییرات ضریب دراگ

بعد شکل تعریف شد (سانگ و لیچفیلد، ۱۹۹۱). این عامل برای دانه‌های کروی شکل مانند ذرت و سویا درجه کرویت بود و برای دانه‌های استوانه‌ای شکل مانند گندم و جو، از تقسیم قطر معادل بر قطر هندسی به دست می‌آمد. با اندازه‌گیری خواص آیرودینامیکی دانه‌های گندم و ذرت علف هرز ماستونک که به طور معمول با این دانه‌ها مخلوط است، نشان داده شد که اختلاف آماری معنی‌داری بین سرعت حد و ضریب بادبردگی گندم و ذرت علف هرز وجود داشت (نعلبندی و همکاران، ۲۰۱۰).

گزارش شده است (گوریال و اکالان، ۱۹۹۰). مقدار ضریب دراگ برای رقم ویلیامز در محدوده رطوبتی ۰/۲۰-۰/۴۰ بیشتر از دو گونه دیگر بود. که این اختلاف مقدار ضریب ممکن است به دلیل تفاوت شکل و اندازه ارقام متفاوت بذری باشد. با توجه به محاسبات انجام شده و نمودار ۵، ضریب دراگ برای تمامی ارقام با افزایش محتویات رطوبتی از ۰/۴ تا ۰/۲۰ کاهش می‌یابد. معادلات رگرسیونی در جدول ۶ نیز نشان می‌دهد که رابطه‌های بین ضرایب دراگ و رطوبت به طور کامل خطی بود. در یک روش برای پیش بینی سرعت حد دانه‌ها، برای هر نوع بذر یک عامل بدون

جدول ۵- میانگین و انحراف معیار ضرایب‌های دراگ در رطوبت‌های مختلف

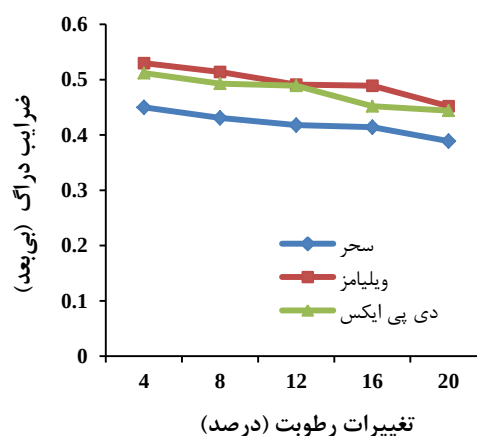
رطوبت	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۴
ضریب دراگ سحر	۰/۳۸۹±۰/۰۳	۰/۴۱۴±۰/۰۴۱	۰/۴۱۸±۰/۰۲۲	۰/۴۳۱±۰/۰۴۶	۰/۴۵±۰/۰۳۸
ضریب دراگ دی‌پی‌ایکس	۰/۴۴۴±۰/۰۲۲	۰/۴۵۲±۰/۰۳۸	۰/۴۸۹±۰/۰۴۷	۰/۴۹۳±۰/۰۴۵	۰/۵۱۲±۰/۰۳۷
ضریب دراگ ویلیامز	۰/۴۵۲±۰/۰۳۶	۰/۴۸۹±۰/۰۴۳	۰/۴۹۱±۰/۰۴۷	۰/۵۱۴±۰/۰۴۶	۰/۵۳±۰/۰۶۱

جدول ۶- رابطه‌های رگرسیونی خطی ضریب دراگ سه رقم سویا در رطوبت‌های مختلف

رقم‌های سویا	معادله	R ²	MSE
سحر	C = -0/003m + 0/462 c	۰/۹۵۵	۰/۰۴۵
ویلیامز	C = -0/004m + 0/54 c	۰/۹۳۹	۰/۰۶۱
دی‌پی‌ایکس	C = -0/004m + 0/531 c	۰/۹۳۹	۰/۰۶۱

مطالعه در واقع با تغییر محتوای رطوبتی، چگالی و وزن ارقام تغییر کرده و از آنجایی که اختلاف چگالی بین ارقام با سیال مؤثرترین پارامتر بر سرعت حد تشخیص داده شد می‌توان گفت که هر رقم را می‌توان بر حسب چگالی منتقل یا سورت کرد.

سرعت حد برای ارقام سحر، دی‌پی‌ایکس و ویلیامز زمانی که محتوای رطوبتی نمونه‌های سویا از ۰/۴ به ۰/۲۰ رسید به ترتیب از ۴/۴۲ به ۵/۱، ۵/۱۲ به ۵/۹۴ و ۴/۷۱ به ۵/۵ متر بر ثانیه افزایش یافت. در محدوده رطوبتی از ۰/۲۰-۰/۴۰ ضریب دراگ سحر، دی‌پی‌ایکس و ویلیامز به ترتیب از ۰/۴۵ به ۰/۳۸۹، ۰/۵۳ به ۰/۴۵۲ و ۰/۵۱۲ به ۰/۴۴۴ کاهش یافت. سرعت رقم دی‌پی‌ایکس از دورقم دیگر در محتویات رطوبتی ۰/۲۰-۰/۴۰ بیشتر بود. ضریب دراگ رقم ویلیامز از دو رقم دیگر در محتویات رطوبتی ۰/۲۰-۰/۴۰ بیشتر بود.



شکل ۵- تغییر ضریب دراگ با تغییر محتویات رطوبتی

نتیجه‌گیری

ضریب دراگ و سرعت حد هر سه رقم رابطه خطی با محتوای رطوبتی داشتند، با افزایش محتوای رطوبتی سرعت حد هر سه رقم به صورت خطی افزایش و ضریب دراگ هر سه گونه به صورت خطی کاهش یافت. در این

منابع

۱. رضوی س. م. ع. زایرزاده ا. خفاجی ن. و پهلوانی م. ۱۳۸۸. بررسی برخی خواص فیزیکی بذر و لپه نخود دسی واریته کاکا. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۱(۱): ۷۷-۸۳.
۲. زابلستانی م. و طباطبائی فر ا. ۱۳۸۹. اثر رطوبت بر خواص فیزیکی مغز بادام. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۴(۱۱): ۹۱-۱۰۲.
۳. گوشکی سرجاز ب. کرمانی ع. م. غلامی پرشکوهی م. و گازر ح. ر. ۱۳۹۰. بررسی خواص فیزیکی پسته و مغز آن. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه اسلامی واحد ساوه. ص ۵.
۴. صادقی م. عباسی م. و معصومی ا. ۱۳۸۹. اثر رطوبت بر خواص فیزیکی و آئروپدینامیکی دانه لوبیا چیتی. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. ۲(۴۱): ۱۴۵-۱۵۲.
۵. غریب زاهدی س. م. ت. موسوی س. م. طاهری گراوند ا. جعفری س. م. و رفیعی ش. ۱۳۸۸. بررسی اثر میزان رطوبت بر ویژگی‌های فیزیکی میوه سنجید. مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی. ۲(۱): ۱۰۳-۱۲۰.
۶. مختاریور ح. ۱۳۸۳. کشاورزی در استان گلستان. روابط عمومی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان. ۲۰ ص.
7. Aydin C. 2002. Physical properties of hazel nuts. Engineering. 82: 297-303.
8. Baryeh E. A. 2002. Physical properties of Millet. Journal of Food Engineering. 51(1): 39-46.
9. Coskun M. B. and et al. 2005. Physical properties of sweet corn seed-Zea mays saccharata Sturt. Journal of Food Engineering. 74(4): 523-528.
10. Gupta R. K. and Das S. K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 66(1): 1-8.
11. Gorial B. y. and Ocallaghan J. R. 1990. Aerodynamic properties of grain/straw materials. Journal of Agricultural Engineering Research. 46(2): 275-290.
12. Kashaninejad M. Mortazavi A. Safekordi A. and Tabil L. 2005. Some physical properties of pistachio (Pistachio vera L.) nut and its kernel. 72(1): 30-38.
13. Sahay K. M. and Singh K. K. 1994. Unit operations of agricultural processing. New Delhi Vikas Publishing House. 386 p.
14. Sasilik k. Ozturk R. and Keskin R. 2003. Some physical properties of hemp seed. Biosystems Engineering. 86(2): 191-198.
15. Song, H. and Litchfield J. B. 1991. Predicting method of terminal velocity for grains. Transactions of the ASAE. 34(1): 225-231.
16. Mohsenin N. N. 1980. Physical properties of plant and animal materials. New York, Gordon and Breach Science Publishers. 827 p.
17. Nalbandi H. Seiedlou S. and Ghassemzadeh H. R. 2010. Aerodynamic properties of turgenia latifolia seeds and wheat kernels. Int. Agrophysics. 24: 57-61.
18. USDA Foreign agriculture Service. 2008. Available at: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx>. Accessed July 10, 2008.
19. Yang W. C. 1998. Fluidization Solids Handling and Processing Industrial Applications. 908 p.