Archive of SID

تعیین ضریب اصطکاک و سرعت حد گل زعفران و اجزای آن

هادی واله قوژدی[1]، سید رضا حسن بیگی بیدگلی[2*]، محمدحسین سعیدی‌راد[3]، محمدحسین کیانمهر[4]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
2- استادیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
3- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد
4- دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

(تاریخ دریافت: 87/5/18 **تاریخ پذیرش**:87/9/14)

چکیده

اطلاع از مقادیر سرعت حد و ضریب اصطکاک برای طراحی تجهیزات حمل و نقل و جداسازی ضروری است. مقادیر سرعت حد در طراحی نقاله-های پنوماتیک، خشک‌کنهای بستر سیال و تجهیزات تمیز کننده نیز کاربرد دارد. در این تحقیق سرعت حد و ضریب اصطکاک استاتیکی گل زعفران و اجزای آن (گلبرگ، پرچم، ساقه و کلاله) به عنوان تابعی از محتوای رطوبت اندازه‌گیری شدند. آزمایش‌ها روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع شهرستان کاشمر انجام شدند. داده‌ها با استفاده از آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی تحلیل شدند. نتایج نشان داد که مقادیر سرعت حد گل، کلاله، پرچم، گلبرگ و ساقه زعفران در سطوح رطوبتی برداشت تا 40% (پایه تر) در محدوده 1/03 تا 5/13 متر بر ثانیه قرار دارد. با کاهش رطوبت از سطح برداشت تا 40% (پایه تر) مقادیر سرعت حد گل و ساقه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابند؛ اما کاهش مقادیر سرعت حد کلاله، گلبرگ و پرچم معنی‌دار نیست. سرعت حد گلبرگ در تمام سطوح رطوبتی کمترین مقدار بود. مقادیر ضریب اصطکاک گل زعفران و اجزای آن روی تمام سطوح اصطکاکی در محدوده 0/52 تا 1/1 بود. به غیر از ساقه مقادیر ضریب اصطکاک بقیه اجزا روی سطح پلی‌اتیلن حداکثر بود. مقادیر ضریب اصطکاک روی سطح آهن گالوانیزه برای تمام اجزا حداقل بود. با کاهش محتوای رطوبت از سطح برداشت تا سطح 40% (پایه تر) مقادیر ضریب اصطکاک تمام اجزا به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. ضریب اصطکاک کلاله و گل روی کلیه سطوح اصطکاکی به ترتیب حداکثر و حداقل بود. به طور کلی، در رطوبت برداشت امکان جدا کردن گل، گلبرگ، پرچم، کلاله و ساقه از یکدیگر با تغییر سرعت جریان هوا وجود دارد. همچنین امکان جدا کردن گلبرگ از سایر اجزا در سطوح رطوبتی 70 و 40% (پایه تر) با استفاده از ستون هوا وجود دارد.

کلید واژه‌گان: زعفران، گل، سرعت حد، ضریب اصطکاک، محتوای رطوبت

1- مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus Sativus* و نام عمومی Saffron به عنوان گران بهاترین محصول کشاورزی و ادویه جهان است که نقش دارویی و تغذیه‌ای دارد [1]. قسمت خوراکی زعفران کلاله قرمز رنگ سه شاخه آن است که بخش اصلی زعفران تجارتی را تشکیل می‌دهد و دارای ترکیباتی نظیر کربوهیدرات، پروتئین، چربی، املاح معدنی و ویتامین‌ها است که میزان این ترکیبات تعیین‌کننده مرغوبیت و کیفیت زعفران می‌باشند. علاوه بر کلاله، گلبرگ‌های زعفران غنی از مواد

*مسئول مکاتبات: rhbeigi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

کارتنوئیدی و آنتوسیانین بوده، حالت ضد تشنجی داشته و در محیط کشت سلولی با ایجاد اختلال در نفوذپذیری سلول و لیز کردن سلول‌ها سبب از بین رفتن سلول‌های توموری می‌گردد [2]. پرچم[1]های خشک زعفران در ایران، در موارد زیادی از جمله هضم کنندهٔ غذا، محرک سلسله اعصاب مرکزی، برونشست، بی‌خوابی و مسکن دندان درد کاربرد دارد [3]. از مهمترین مراحل فرآوری زعفران جدا کردن کلاله از اجزای دیگر گل زعفران است که در حال حاضر این کار به صورت دستی انجام می‌شود. محدودیت زمانی برای جداسازی کلاله سبب شده تا در مناطق کشت زعفران در هنگام برداشت محصول با کمبود کارگران فصلی مواجه باشند، به علاوه جداسازی دستی کلاله زعفران علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، آلودگی کلاله را نیز سبب می‌شود.

از سرعت حد محصولات کشاورزی می‌توان در طراحی و توسعه تجهیزات جداسازی، انتقال و تمیز کردن استفاده نمود. بیلانسکی و لل[2] (1965) مطالعاتی روی ویژگی‌های آیرودینامیکی دانه و کاه گندم انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که سرعت حد کاه‌های به طول 10 تا 100 میلی‌متر در محدوده 2/5 تا 4/75 متر بر ثانیه می‌باشد [4]. ربانی و خزایی (2005) سرعت حد گل پیرتروم را در محدوده 8/5 تا 11/5 متربر ثانیه گزارش کردند [5]. آیدین و آکار[3] (2005) در تحقیقی گزارش کردند که با افزایش محتوای رطوبتی از 11/30% تا 50/00% (بر پایه خشک)، سرعت حد میوه بامیه واریته سلطانی از 7/30 تا 9/29 و برای واریته آماسیا[4] از 5/76 تا 5/83 متر بر ثانیه افزایش می‌یابد [6]. آیدین (2007) گزارش کرد که با افزایش محتوای رطوبتی از 4/85% به 32/00% (بر پایه خشک) سرعت حد مغز بادام‌زمینی از 7/25 تا 7/93 متر بر ثانیه افزایش می‌یابد [7]. همت و همکاران (2007) سرعت حد ذرت سیلو شده و اجزای آن شامل برگ، ساقه و چوب ذرت را به منظور طراحی انتقال دهنده‌های پنوماتیک تعیین کردند. آنها گزارش کردند که در رطوبت‌های 40 تا50، 50 تا60 و 60 تا 70% (بر پایه تر) میانگین سرعت حد ذرت سیلو شده به ترتیب برابر با 7/1، 7/3 و 7/8 متر بر ثانیه و میانگین سرعت حد برگ، ساقه و چوب ذرت به ترتیب برابر با 3/8، 6/8 و 8/8 متر بر ثانیه می‌باشد [8]. عمادی (2009) سرعت حد کلاله، گلبرگ و پرچم زعفران را در رطوبت‌های برداشت تا 4 روز بعد از برداشت اندازه‌گیری کرد. وی سرعت حد کلاله را در محدوده 2/4 تا 2/8 متر بر ثانیه و بقیه اجزا را در محدوده 1 تا2 متر بر ثانیه گزارش کرد [9].

از ضریب اصطکاک محصولات کشاورزی در طراحی و توسعه سیستم‌های انتقال مواد استفاده می‌شود. تونده-آکینتونده[5] و همکاران (2007) اثر رطوبت را روی ضریب اصطکاک استاتیکی دو واریته دانه خربزه روی سه سطح شیشه، آهن گالوانیزه و تخته چندلا بررسی کردند. آنها گزارش کردند که با افزایش محتوای رطوبت ضریب اصطکاک کاهش می‌یابد [10]. سسیز[6] و همکاران (2007) گزارش کردند که با افزایش رطوبت از 71/85% به 82/93 % (بر پایه تر) ضریب اصطکاک استاتیکی میوه کپر[7] روی سطوح چوب، فولاد معمولی، آهن گالوانیزه و لاستیک کاهش می‌یابد [11]. در حالی‌که یالسین[8] و همکاران (2007) گزارش کردند که با افزایش محتوای رطوبتی از 10/06% تا 35/08% (بر پایه خشک) ضریب اصطکاک استاتیکی دانه نخود فرنگی روی سطوح لاستیک، آلومینیوم، فولاد ضد زنگ و آهن گالوانیزه به طور خطی افزایش می‌یابد [12]. رضوی و همکاران (2007) ضریب اصطکاک استاتیکی پسته و مغز پسته را به عنوان تابعی از محتوای رطوبتی (در 4 سطح رطوبتی از رطوبت برداشت تا خشک‌شده) برای 5 رقم معروف (اکبری، بادامی، کله‌قوچی، ممتاز و اوحدی) روی سطوح فایبر گلاس، شیشه، چوب و لاستیک بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ضریب اصطکاک برای همه واریته‌ها به ترتیب روی سطوح لاستیک و فایبرگلاس بدست آمد. همچنین ضریب اصطکاک همه واریته‌ها روی تمام سطوح با کاهش محتوای رطوبت به طور خطی کاهش می‌یابد [13].

بررسی منابع در خصوص تعیین سرعت حد گل زعفران و اجزای آن تنها سرعت حد کلاله، گلبرگ و پرچم که توسط عمادی (2009) تعیین شده به دست آمد [9]. در تحقیق عمادی سرعت حد ساقه و گل کامل زعفران گزارش نشده است، در ضمن در موارد اندازه‌گیری شده تنها به ذکر ارقام بسنده شده و تجزیه آماری جهت بررسی وجود اختلاف‌های معنی‌دار انجام نگرفته است. بررسی منابع در خصوص تعیین ضریب اصطکاک گل زعفران و اجزای آن نتیجه‌ای در برنداشت؛ لذا تعیین

1. Stamina
2. Bilanski and lal
3. Aydin and Akar
4. Amasya
5. Tunde-Akintunde
6. Sessiz
7. Caper fruit
8. Yalcin

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت حد و ضریب اصطکاک استاتیکی گل زعفران و اجزای آن به عنوان تابعی از رطوبت از اهداف این تحقیق می‌باشد. داده‌های حاصل از این تحقیق در طراحی و توسعه سیستم‌های انتقال و جداسازی گل زعفران و اجزای آن کاربرد دارد، همچنین از داده‌های سرعت حد میتوان در طراحی خشک‌کن بستر سیال زعفران استفاده نمود.

2- مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد نیاز برای آزمایش‌ها در آبان‌ماه سال 87 از مزارع شهرستان کاشمر واقع در خراسان رضوی، شرق ایران، تهیه شدند و به محل انجام آزمایش‌ها یعنی بخش مهندسی مرکز تحقیقات و منابع طبیعی مشهد انتقال داده شدند. به منظور تعیین رطوبت اولیه نمونه‌های گل و اجزای آن، نمونه-های گلبرگ، کلاله و پرچم هر کدام با جرم 5 گرم، گل و ساقه با جرم 8 گرم تهیه و در داخل آون[1] با دمای $103 \pm 3°C$ درجه سلسیوس به مدت 24 ساعت قرار داده شدند. هر یک از آزمایش‌ها سه بار تکرار شد و میانگین تکرارها به عنوان رطوبت اولیه در نظر گرفته شد [14].

2-1 اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

برای تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی نمونه‌ها در این تحقیق از روش سطح شیبدار استفاده شد. برای بدست آوردن ضریب اصطکاک استاتیکی گل، از یک مکعب فایبرگلاسی فاقد سرپوش و کفپوش به طول 15 سانتی‌متر، عرض 10 سانتی‌متر و ارتفاع 4 سانتی‌متر، برای پرچم و کلاله از یک استوانه توخالی و فاقد سرپوش و کف‌پوش به قطر 5 سانتی‌متر و ارتفاع 5 سانتی-متر و برای ساقه و گلبرگ از یک استوانه توخالی و بدون سرپوش و کف‌پوش به قطر 8 سانتی‌متر و ارتفاع 5 سانتی‌متر استفاده شد [11، 12 و 13]. مکعب و یا استوانه بر روی سطح شیب‌دار قرار داده شد و درون آنها از نمونه‌ها پر شد. سپس مکعب یا استوانه به آرامی کمی بالا کشیده شد تا لبه‌های آن از سطح شیب‌دار جدا شود. سطح شیب‌دار با استفاده از موتور الکتریکی به آرامی بالا می‌آمد تا هنگامی که نمونه‌ها شروع به لغزش کند (شکل 1). تانژانت زاویه سطح شیبدار با افق در لحظه‌ی شروع به حرکت نمونه‌ها، ضریب اصطکاک استاتیکی (رابطه 1) می‌باشد.

$$m = \tan a \qquad (1)$$

اثر محتوای رطوبت در سه سطح، رطوبت برداشت، 70% و 40% (بر پایه تر)، جنس سطح در سه سطح آهن گالوانیزه، فولاد معمولی و پلی‌اتیلن و اجزای زعفران در پنج سطح شامل گل کامل، پرچم، گلبرگ، کلاله و ساقه روی ضریب اصطکاک استاتیکی با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در 10 تکرار مطالعه شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح a =1% انجام شد.

شکل 1 دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری ضریب اصطکاک

2-2 اندازه‌گیری سرعت حد

برای اندازه‌گیری سرعت حد از روش شناورسازی در جریان هوا استفاده شد. دستگاه مورد استفاده در شکل (2) نشان داده شده است. در این روش، نمونه‌ها به درون یک لوله عمودی که هوا در آن می‌توانست با سرعت معین از پایین به بالا، جریان یابد، رها می‌شدند. برای انجام آزمایش، گل کامل زعفران یا هر یک از اجزای آن (گلبرگ، پرچم، کلاله و ساقه) به تفکیک روی توری درون کانال هوا هنگامی‌که هوای از پایین به بالا دمیده نمی‌شد قرار داده شد. با افزایش سرعت دورانی دمنده، توسط تغییر دهنده فرکانس[2]، سرعت جریان هوا افزایش داده می‌شد تا محصول درون کانال هوا به حالت تعلیق برسد، سرعت هوا در این لحظه به عنوان سرعت حد جسم در نظرگرفته شد. ابعاد مقطع خروجی این دستگاه 20×20 سانتی-متر مربع بود. سرعت جریان هوا در ارتفاع 50 سانتی‌متری بالای توری قرارگیری محصول، در مرکز مقطع خروجی اندازه-گیری شد [9، 15، 16 و 17].

1. Oven

2. Inverter

www.SID.ir

Archive of SID

برای اندازه‌گیری سرعت هوا از یک بادسنج سیم داغ[1] (Q116497 Taiwan) با دقت 0/05± متر بر ثانیه استفاده شد. اثر محتوای رطوبت در سه سطح، رطوبت برداشت، 70% و 40% (بر پایه تر) و اجزای زعفران در پنج سطح شامل گل کامل، پرچم، گلبرگ، کلاله و ساقه روی سرعت حد با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در 10 تکرار مطالعه شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه-ای دانکن در سطح آماری 1% انجام شد.

شکل 2 دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری سرعت حد

3- نتایج و بحث

محتوای رطوبتی بر پایه تر گل کامل 88%، ساقه 91%، کلاله 75%، گلبرگ 89% و پرچم 86% به‌دست آمد که نشان می‌دهد رطوبت کلاله کمتر از رطوبت سایر اجزا و گل کامل زعفران است. نتایج تحقیقات عباسی (2008) نشان داد که محتوای رطوبتی کلاله زعفران 74/6 درصد بر پایه تر می‌باشد [14]، همچنین عمادی (2009) میزان محتوای رطوبتی کلاله زعفران را 79/1 درصد بر پایه تر گزارش کرده‌است [9].

3-1 ضریب اصطکاک استاتیکی

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل محتوای رطوبت، جنس سطح و نوع جزء روی ضریب اصطکاک استاتیکی در جدول (1) ارایه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اثر ساده هر سه عامل جنس سطح، محتوای رطوبت و نوع جزء تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال 1% بر روی ضریب اصطکاک دارد. علاوه بر این، اثرات متقابل عوامل جنس سطح و نوع جزء همچنین رطوبت و نوع جزء نیز بر روی ضریب اصطکاک استاتیکی در سطح 1% معنی‌دار می‌باشد. علاوه بر این‌ها اثر سه‌گانه جنس سطح، رطوبت و نوع جزء نیز در سطح 1% معنی‌دار بود.

جدول 1 نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عوامل محتوای رطوبت، جنس سطح و نوع جز روی ضریب اصطکاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	ضریب اصطکاک
		میانگین مربعات
جنس سطح	2	0/439**
رطوبت	2	0/322**
نوع جزء	4	0/297**
جنس سطح × رطوبت	4	0/0016ns
جنس سطح× نوع جزء	8	0/1022**
رطوبت × نوع جزء	8	0/0061**
جنس	16	0/0050**
خطا	88	0/0009
ضریب تغییرات	-	4/362

**: معنی‌دار در سطح 0/01 و ns معنی‌دار نیست.

اثر متقابل نوع جز و جنس سطح بر روی ضریب اصطکاک در جدول (2) داده شده است. همانگونه که از این جدول پیداست ضریب اصطکاک ساقه روی سطح فولاد معمولی به طور معنی-داری در سطح 1% بیشتر از سطوح دیگر است.

جدول 2 اثر متقابل نوع جز و جنس سطح بر روی ضریب اصطکاک

نوع جز	جنس سطح		
	فولاد معمولی	آهن گالوانیزه	پلی‌اتیلن
ساقه	0/81±0/11[c]	0/55±0/06[gh]	0/64±0/09[f]
گلبرگ	0/69±0/06[e]	0/58±0/11[g]	0/77±0/08[d]
پرچم	0/72±0/06[e]	0/72±0/04[e]	0/94±0/07[b]
کلاله	0/73±0/08[e]	0/73±0/09[de]	1/10±0/13[a]
گل	0/63±0/07[f]	0/52±0/08[h]	0/64±0/02[f]

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1% است

ضریب اصطکاک گلبرگ، پرچم و کلاله روی سطح پلی‌اتیلن به طور معنی‌داری بزرگتر از سطوح فولاد معمولی و آهن گالوانیزه است. در مورد گل ضریب اصطکاک روی سطح آهن

1. Hot wire

www.SID.ir

Archive of SID

گالوانیزه به طور معنی‌داری کوچکتر از ضریب اصطکاک روی سطوح دیگر است. همچنین از این جدول پیداست که روی سطح فولاد معمولی ضریب اصطکاک ساقه بیشترین و از آن گل کمترین مقدار است. روی سطح آهن گالوانیزه بیشترین مقدار ضریب اصطکاک مربوط به پرچم و کلاله و کمترین مقدار مربوط به گل و ساقه می‌باشد. روی سطح پلی‌اتیلن بیشترین میانگین ضریب اصطکاک مربوط به کلاله و کمترین مقدار مربوط به گل می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که در مورد اجزای گلبرگ، پرچم، گل و کلاله ضریب اصطکاک روی سطح پلی‌اتیلن بیشترین و برای تمام اجزا روی سطح آهن گالوانیزه کمترین مقدار است. بیشتر بودن میانگین ضریب اصطکاک روی سطح پلی‌اتیلن می‌تواند به دلیل ناصافی بیشتر این سطح نسبت به سطوح دیگر باشد. نتایج تحقیقات محققان دیگر نیز نشان می‌دهد که ضریب اصطکاک محصولات کشاورزی روی سطوح مختلف ممکن است متفاوت باشد. برای مثال، نتایج تحقیقات سسیز و همکاران (2007) نشان داد که بیشترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی میوه کپر روی سطح چوب و بعد از آن به ترتیب مربوط به سطوح فولاد معمولی، آهن گالوانیزه و لاستیک می‌باشد [11]. تونده-آکینتونده و همکاران (2007) نیز گزارش کردند که میانگین ضریب اصطکاک دو واریته تخم خربزه مورد مطالعه روی سطح تخته چندلا بیشتر از سطح شیشه می‌باشد [10].

با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار بین اجزاء روی سطوح مختلف می‌توان اجزای مورد بررسی را از هم جدا نمود. برای مثال چنانچه شیب صفحه‌ای از جنس پلی‌اتیلن به تدریج افزایش یابد، ابتدا گل و ساقه که ضریب اصطکاک کمتری نسبت به سایر اجزا دارند سرخورده و جدا می‌شوند، با افزایش بیشتر شیب صفحه به ترتیب امکان جداسازی گلبرگ، پرچم و در نهایت کلاله وجود دارد.

اثر متقابل نوع جز و محتوای رطوبت بر روی ضریب اصطکاک در جدول (3) داده شده است. همانگونه که از این جدول پیداست با کاهش رطوبت از رطوبت برداشت به رطوبت 40% ضریب اصطکاک تمام اجزا به طور معنی‌داری در سطح 1% افزایش می‌یابد. این افزایش برای ساقه، گلبرگ و کلاله در تمام سطوح معنی‌دار است. دلیل کاهش ضریب اصطکاک با افزایش رطوبت می‌تواند مربوط به کاهش دگرچسبی بین نمونه و سطوح اصطکاکی باشد. همچنین از این جدول پیداست که در رطوبت برداشت ضریب اصطکاک پرچم و کلاله بیشترین مقدار و ضریب اصطکاک گل کمترین مقدار است. در سطوح رطوبت 70% و 40% نیز تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌های ضریب اصطکاک ساقه و گلبرگ وجود ندارد؛ ولی بین میانگین‌های ضریب اصطکاک سایر اجزا تفاوت معنی‌دار است به طوری که بیشترین و کمترین مقادیر ضریب اصطکاک به ترتیب مربوط به کلاله و گل می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت در تمام سطوح رطوبتی مورد مطالعه امکان جداسازی ساقه و گلبرگ از یکدیگر با بهره‌گیری از ضریب اصطکاک وجود ندارد. همچنین در تمام سطوح رطوبتی مورد مطالعه امکان جداسازی گل با توجه به کمتر بودن میانگین ضریب اصطکاک آن وجود دارد.

جدول 3 اثر متقابل نوع جز و محتوای رطوبت بر روی ضریب اصطکاک

نوع جز	محتوای رطوبت بر مبنای تر (درصد)		
	رطوبت برداشت	70	40
ساقه	$0/56\pm0/07^{g}$	$0/67\pm0/15^{d}$	$0/76\pm0/11^{c}$
گلبرگ	$0/59\pm0/11^{fg}$	$0/67\pm0/07^{d}$	$0/78\pm0/08^{c}$
پرچم	$0/75\pm0/09^{c}$	$0/78\pm0/12^{c}$	$0/86\pm0/12^{b}$
کلاله	$0/75\pm0/15^{c}$	$0/85\pm0/19^{b}$	$0/97\pm0/21^{a}$
گل	$0/52\pm0/08^{h}$	$0/61\pm0/06^{ef}$	$0/65\pm0/04^{de}$

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1% است

در مجموع بیشترین میانگین ضریب اصطکاک (1/10) مربوط به کلاله بر روی سطح پلی‌اتیلن و در رطوبت 40% بوده که می-تواند به دلیل چسبندگی کلاله به سطح پلی‌اتیلن باشد. کمترین میانگین ضریب اصطکاک (0/52) مربوط به گل بر روی سطح آهن گالوانیزه و در رطوبت برداشت (88% بر پایه تر) است که به دلیل صاف و صیقلی بودن سطح آهن گالوانیزه و سطح تماس کم گل با سطح اصطکاکی مورد نظر می‌باشد. به غیر از ساقه که بیشترین میانگین ضریب اصطکاک آن بر روی ورق معمولی و در رطوبت 40% است در مورد بقیه اجزا بیشترین ضریب اصطکاک بر روی پلی‌اتیلن و در رطوبت 40% است.

نتایج مشابهی برای محصولات دیگر توسط محققان گزارش شده است به عنوان مثال سسیز و همکاران (2007) گزارش کردند که با افزایش محتوای رطوبتی از 71/85% تا 82/93%،

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب اصطکاک میوه کپر روی تمامی سطوح آزمایش کاهش می‌یابد [11]. تونده‌آکینتونده و همکاران (2007) نیز گزارش کردند که با افزایش محتوای رطوبتی از 4/06% تا 16/81% (بر پایه خشک)، میانگین ضریب اصطکاک دو واریته دانه خربزه به طور معنی‌داری از 0/270 به تا 0/212 کاهش می‌یابد. آنها حداکثر ضریب اصطکاک (0/361) را برای سطح تخته چندلا و در رطوبت 4/06% و حداقل آن را (0/191) برای سطح شیشه و در رطوبت 16/81% گزارش کردند [10].

2-3 سرعت حد

نتایج حاصل از آنالیز واریانس عوامل رطوبت و نوع جزء بر روی سرعت حد در جدول (4) نشان داده شده است. همانگونه که از این جدول مشاهده می‌شود، اثر ساده عوامل محتوای رطوبت و نوع جزء همچنین اثر متقابل رطوبت و نوع جزء بر روی سرعت حد در سطح 1% معنی‌دار شده است.

جدول 4 نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عوامل موثر بر سرعت حد

منابع تغییرات	سرعت حد	
	درجه آزادی	میانگین
نوع جزء	4	7/661**
رطوبت	2	4/273**
نوع جزء ×	8	1/075**
خطا	28	0/0005
ضریب تغییرات	-	0/814

**: در سطح 0/01 معنی‌دار است.

اثر متقابل عوامل محتوای رطوبتی و نوع جزء بر روی سرعت حد گل زعفران و اجزای آن در جدول (5) نشان داده شده است. همانگونه که از این جدول مشاهده می‌شود، کاهش رطوبت از سطح رطوبت برداشت تا رطوبت 40% سبب کاهش معنی‌دار مقادیر میانگین سرعت حد گل و ساقه می‌شود؛ اما در مورد کلاله، گلبرگ و پرچم کاهش رطوبت سبب کاهش معنی-دار مقادیر سرعت حد نمی‌شود. برای گل با کاهش رطوبت از رطوبت برداشت (88% بر مبنای تر) به 70% کاهش معنی‌داری در سرعت حد مشاهده نمی‌شود؛ ولی کاهش بیشتر رطوبت از 70% به 40% باعث کاهش معنی‌دار در سطح 1% سرعت حد گل می‌شود. همچنین در جدول (5) مشاهده می‌شود که در سطح رطوبت برداشت میانگین سرعت حد ساقه به طور معنی‌داری در سطح 1% بیشتر از سایر اجزا است. از طرفی بین میانگین‌های سرعت حد گل و کلاله در سطح رطوبت برداشت تفاوت معنی‌داری وجود ندارند، ولی میانگین‌های مذکور به طور معنی‌داری بیشتر از سرعت حد گلبرگ و پرچم می‌باشد.

جدول 5 اثر متقابل محتوای رطوبتی و نوع نمونه بر سرعت حد

نوع جزء	محتوای رطوبت بر مبنای تر (درصد)		
	رطوبت برداشت	70	40
گل	3/91±0/030^{b}	3/60±0/025^{bc}	2/40±0/035^{ef}
گلبرگ	1/30±0/026^{h}	1/65±0/010^{gh}	1/03±0/015^{h}
ساقه	5/13±0/015^{a}	3/39±0/015^{bc}	2/27±0/015^{f}
کلاله	3/36±0/020^{bc}	3/16±0/015^{cd}	3/00±0/020^{cde}
پرچم	2/50±0/015^{def}	2/41±0/026^{def}	2/20±0/020^{fg}

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1% است

حداقل سرعت حد در رطوبت برداشت مربوط به گلبرگ می‌باشد. در سطح رطوبت 70% بین میانگین‌های سرعت حد گل کامل، ساقه و کلاله در سطح 1% تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود، این در حالی است که سرعت حد اجزای مذکور به طور معنی‌داری بیشتر از پرچم و گلبرگ می‌باشد. در رطوبت 70% نیز سرعت حد گلبرگ کمتر از اجزای دیگر است. در سطح رطوبت 40% سرعت حد کلاله و گل کامل بیشترین مقدار و سرعت حد گلبرگ مانند سطوح دیگر رطوبتی کمترین مقدار است. بیشترین مقدار سرعت حد (5/13 متر بر ثانیه) مربوط به ساقه در رطوبت برداشت (91% بر مبنای تر) است که ممکن است به دلیل وزن زیاد و در عین حال سطح رویه کم آن می‌باشد. کمترین مقدار سرعت حد (1/03 متر بر ثانیه) مربوط به گلبرگ در تمام سطوح رطوبتی است که می‌تواند به دلیل وزن کم گلبرگ و سطح رویه زیاد آن باشد.

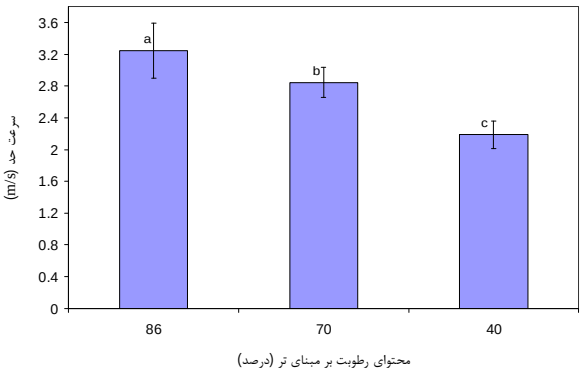
به طور کلی با توجه به تفاوت‌های موجود بین میانگین‌های سرعت حد گل کامل زعفران و اجزای آن می‌توان چنین استنباط نمود که در رطوبت برداشت امکان جدا نمودن تمام اجزا از یکدیگر به غیر از گل و کلاله از یکدیگر با استفاده از تغییر در سرعت جریان هوا وجود دارد. نتایج تحقیقات عمادی (2009) نیز نشان می‌دهد که در رطوبت برداشت امکان جداسازی کلاله، گلبرگ و پرچم با استفاده از تغییر در جریان هوا وجود دارد [9]. با کاهش رطوبت به میزان 70% بر پایه تر نمی‌توان گل، ساقه و کلاله را از هم با جریان هوا جدا نمود؛ اما

www.SID.ir

Archive of SID

در این رطوبت می‌توان با تغییر سرعت جریان هوا گلبرگ و پرچم را از سایر اجزا جدا نمود. با کاهش رطوبت به میزان 40% امکان جداسازی گل، ساقه و پرچم از هم وجود ندارد؛ ولی در این حالت نیز می‌توان گلبرگ را از سایر اجزا جدا نمود. علت جداسازی بیشتر اجزای مورد مطالعه با تغییر در سرعت جریان هوا در رطوبت برداشت می‌تواند مربوط به میزان رطوبت متفاوت موجود در گل زعفران و اجزای آن در هنگام برداشت باشد. به علاوه امکان جداسازی گلبرگ در تمام سطوح رطوبت از سایر اجزا می‌تواند مربوط به وزن کم و سطح رویه زیاد گلبرگ باشد.

شکل (3) نشان می‌دهد که با کاهش رطوبت، میانگین سرعت حد گل و اجزای آن به طور معنی‌داری از 3/3 به 2/4 متر بر ثانیه کاهش می‌یابد که می‌تواند به علت سبک‌تر شدن گل و اجزاء در نتیجه کاهش رطوبت باشد. نتایج تحقیقات یالسین (2007) در مورد سرعت حد دانه‌های نخود نشان داد که با کاهش رطوبت از 38/90% به 12/01% (بر پایه خشک) سرعت حد از 9/61 به 9/31 متر بر ثانیه کاهش می‌یابد. تحقیقات دورسون[1] و همکاران (2007) گزارش کردند که با کاهش رطوبت از 14/0% به 8/4% (بر پایه خشک)، سرعت حد بذر چغندر قند به طور خطی از 6/6 به 5/6 متر بر ثانیه کاهش می‌یابد [18]. نتایج تحقیقات رضوی و همکاران (2007) نیز نشان داد که با کاهش رطوبت از 37/6% به 4% (بر پایه تر) سرعت حد ارقام پسته اکبری، بادامی، سفوپی، ممتاز و اوحدی 12/44 به 9/8 متر بر ثانیه و از آن مغز پسته ارقام مذکور از 11/10 به 8/30 متر بر ثانیه کاهش می‌یابد [19].



شکل 3 میانگین سرعت حد گل زعفران و اجزای آن در رطوبت‌های مختلف

4- نتیجه‌گیری کلی

1- بین متوسط ضریب اصطکاک گل زعفران و اجزای آن در سطوح اصطکاکی مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح 1% وجود دارد. به نحوی که بیشترین و کمترین مقدار ضریب اصطکاک به ترتیب مربوط به سطوح پلی‌اتیلن با میانگین 0/82و آهن گالوانیزه با میانگین 0/62 می‌باشد.

2- کاهش محتوای رطوبت از رطوبت برداشت به رطوبت 40% (پایه تر) سبب کاهش معنی‌داری در سطح 1% متوسط ضریب اصطکاک گل زعفران و اجزای آن از 0/81 به 0/63 می‌شود.

3- با کاهش محتوای رطوبت از رطوبت برداشت به رطوبت 40% (پایه تر) سرعت حد گل زعفران و اجزای آن از 3/3 به 2/4 متر بر ثانیه به طور معنی‌داری در سطح 1% کاهش می‌یابد.

4- امکان جدا کردن گلبرگ در همه رطوبت‌ها با تغییر در سرعت جریان هوا وجود دارد.

5- در رطوبت برداشت امکان جدا نمودن تمام اجزا از یکدیگر به غیر از گل و کلاله از یکدیگر با استفاده از تغییر در سرعت جریان هوا وجود دارد.

5- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران و پردیس ابوریحان بخاطر فراهم آوردن امکان این پژوهش تشکر می‌گردد، همچنین از همکاری جناب آقای دکتر خزایی در انجام این تحقیق قدردانی می‌شود.

6- منابع

[1] Kafi, M., Rashed, M.H., Koocheki, A. and Mollafilabi, A. 2002. Saffron: Production Technology and Processing. Center of Excellence for Agronomy (Special Crops). Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).

[2] Amiri takdani, M. and Fazelinasab, B. 2003. Saffron and its medicinal properties. 3rd National Congress of Iranian Saffron. 2-3 Dec., Mashhad, Iran. (In Persian).

[3] Aghazari, F. 2003. Theraputic applications of different components of saffron. 3rd

1. Dursun

www.SID.ir

Archive of SID

National Congress of Iranian Saffron. 2-3 Dec., Mashhad, Iran. (In Persian).

[4] Bilanski, W.K., and Lal, R. 1965. The behavior of threshed materials in a vertical wind tunnel. Trans. ASAE, 8(3): 411-413, 416.

[5] Rabbani, H. and Khazaei, J. 2005. Aerodynamic characteristics determination of pyrethrum flower. International Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment (ITAFE' 05). 12-14 Oct., Cukurvrova University, Adana, Turkey.

[6] Aydin, C. and Akar, R. 2005. Some physical properties of gumbo fruit varieties. Journal of Food Engineering, Vol. 66: 387-393.

[7] Aydin, C. 2007. Some engineering properties of peanut and kernel. Journal of Food Engineering, Vol. 79: 810-816.

[8] Hemmat, A., Emamy, M., Razavi, S.J. and Masoumi, A.A. 2007. Terminal Velocity of Chopped Corn Silage and Its Separate Fractions as Affected by Moisture Content. Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 9: 15-23

[9] Emadi, B. 2009. Separating Saffron Flower Parts Using Vertical Air Column. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 49

[10] Tunde-Akintunde, T.Y., Akintunde, B.O. and Oyelade, O.J. 2007. Effect of moisture content on terminal velocity, compressive force and frictional properties of melon seeds. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 022. Vol IX.

[11] Sessiz, A., Esgici, R., and S. Kizil. 2007. Moisture-dependent physical properties of caper (Capparis ssp.) fruit. Journal of Food Engineering, Vol. 79, 1426-1431.

[12] Yalcin, I., ozarslan, C., and T. Akbas. 2007. Physical properties of pea (Pisum sativum) seed. Journal of Food Engineering, Vol. 79, 731- 735.

[13] Razavi, S. M. A., Mohammad Amini, A., Rafe, A. and B. Emadzadeh. 2007. The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part III: Frictional properties. Journal of Food Engineering, Vol. 81, 226-235.

[14] Abbasi, K. 2009. Determination of thermal properties and drying kinetics of saffron. MSc. Thesis, University of Tehran, Tehran, Iran.

[15] Singh, K.K. and Goswami, T.K. 1996. Physical properties of cumin seed. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 64: 93-98.

[16] Masoumi, A.A., Rajabipour, A., Tabil, L. and Akram, A.A. 2003. Terminal velocity and frictional properties of garlic (Allium sativum L.). Paper No. 03-330. CSAE/SCGR 2003 Meeting Montréal, Québec July 6-9, 2003.

[17] Khoshtaghaza, M.H. and Mehdizadeh, R. 2006. Aerodynamic Properties of Wheat Kernel and Straw Materials. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal Manuscript FP 05 007. Vol. VIII.

[18] Dursun, I., Tugrrul, K. M., and E. Dursun. 2007. Some physical properties of sugar beet seed. Journal of Stored Products research, Vol. 149-155.

[19] Razavi, S.M.A., Rafe, A. and Akbari, R. 2007. Terminal velocity of pistachio nut and its kernel as affected by moisture content and variety. African Journal of Agricultural Research Vol. 2 (12), 663-666.

www.SID.ir

Archive of SID

Determining coefficient of friction and terminal velocity of saffron flower and its components

Vale Ghozhdi, H. [1], Hassan Beygi Bidgoli, S. R. [2*], Saeidi rad, M. H.[3], Kianmehr, M. H. [4]

1. Graduated student of MSc., Dept. Agro-technology, College of Abouraihan, University of Tehran.
2. Assistant Professor, Dept. Agro-technology, College of Abouraihan, University of Tehran.
3. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resource center of Khorasn Razavi Province, Mashhad
4. Associated Professor, Dept. Agro-technology, College of Abouraihan, University of Tehran.

(Received:87/5/18 Accepted:88/9/14)

The terminal velocity and coefficient of friction data are necessary for designing of handling and separating equipments. The terminal velocity data are also valuable in designing pneumatic conveying, fluidized bed dryer and cleaning equipments. In this paper, the terminal velocity and coefficient of static friction of saffron flower and its components (stigma, stamina, petal and stem) were determined as a function of moisture content. The experiments were conducted on saffron flower selected from fields of Kashmar. The data was statistically analyzed using factorial experiments with completely randomized design. The results showed that the terminal velocity of the saffron flower, stigma, stamina, petal and stem at moisture content of harvesting level to 40% (w.b.) were in the range of 1.03 to 5.13 m/s. With decreasing moisture content from harvesting level to 40% the terminal velocity of the flower and stem decreased significantly but the terminal velocity of the stigma, petal and stamina were not decreased significantly. The terminal velocity of the petal was the minimum value at the three moisture content levels. The coefficient of friction of saffron flower and its components on the friction surfaces were in the range of 0.52 to 1.1. The friction coefficients of all the components except the stem were the maximum values on polyethylene surface. The coefficients of friction were the minimum values on galvanized iron surface for all of the components. With decreasing moisture content from harvesting level to 40% (w.b.) the average values of coefficient of friction increased significantly for all of the components. The coefficient of friction of the stigma and flower were the maximum and minimum values, respectively at different levels of moisture content. Generally, at moisture content of harvesting it is possible to separate the flower, petal, stamina, stigma and stem from each others with changing air stream velocity. As well, it is possible to separate the petal from the others components at moisture levels of 70% and 40% (w.b.) using wind column device.

Key words: Saffron; Flower, Crocus sativus, Terminal velocity; Coefficient of friction, Moisture content

* Corresponding Author E-mail address: rhbeigi@ut.ac.ir

www.SID.ir