

# بررسی و مقایسه‌ی برخی ویژگی‌های بیوفیزیکی پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش

فاطمه بختیاری کناری<sup>\*۱</sup>، محمدحسین سعیدی راد<sup>۲</sup>، حجت کاراژیان<sup>۳</sup>، پروین شرایعی<sup>۴</sup>، اکرم آریان فر<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، قوچان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد، ایران

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

<sup>۴</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، قوچان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲

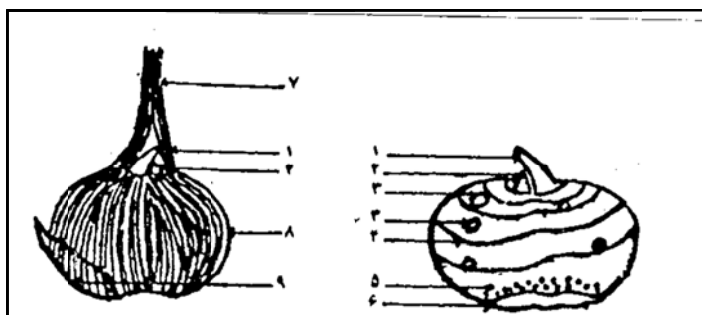
## چکیده

زعفران به عنوان گران ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان است و عمدتاً برای مصارف ادویه ای آن در سطح جهان مورد کشت و کار قرار می گیرد و تکثیر این گیاه بوسیله پیازهای توپر صورت می گیرد. اندازه گیری ویژگی های فیزیکی پیاز زعفران جهت طراحی و بهینه سازی تجهیزات پس از برداشت، انبارداری، حمل و نقل، درجه بندی و بسته بندی در راستای کاهش ضایعات و افزایش کیفیت تولید، ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق خصوصیات بیوفیزیکی مشتمل بر خواص هندسی (ابعاد، میانگین حسابی، میانگین هندسی، سطح، کرویت)، خواص ثقلی (حجم، دانسیته حقیقی، دانسیته توده، تخلخل)، خواص اصطکاکی (ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه های ریپوز پر کردن و تخلیه) و خواص آئرودینامیکی (سرعت حد) برای نمونه های پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش در سه اندازه (بزرگ، متوسط و کوچک) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان می دهد، میانگین مقادیر محاسبه شده برای خواص هندسی پیاز زعفران با پوشش بیشتر از پیاز زعفران بدون پوشش می باشد. میانگین مقادیر حجم پیاز زعفران با پوشش بیشتر بوده است در صورتی که پیاز زعفران بدون پوشش بیشترین میانگین دانسیته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل را دارا می باشد. مشخص گردید که پوشش روی پیاز موجب افزایش ضریب اصطکاکی استاتیکی در سطوح مختلف می شود و بیشترین ضریب اصطکاکی استاتیکی مربوط به سطح چوب و کمترین مربوط به سطح پلاستیک می باشد. زوایای ریپوز تخلیه و پر کردن برای پیاز زعفران با پوشش به ترتیب ۳۶/۲۵ و ۵۲/۸۹ درجه و برای پیاز زعفران بدون پوشش به ترتیب ۲۳/۹۸ و ۲۶/۹۰ درجه به دست آمدند. میانگین سرعت حد پیاز زعفران با پوشش و پیاز زعفران بدون پوشش به ترتیب برابر ۸/۸۹ و ۱۱/۶۲ متر بر ثانیه بوده است.

**واژه های کلیدی:** پیاز زعفران، خواص هندسی، خواص ثقلی، خواص اصطکاکی، خواص آئرودینامیکی.

## ۱- مقدمه

زعفران گیاهی علفی، پایا و از تیره زنبقیان (*Iridaceae*) بوده، نام علمی آن (*Crocus sativus L.*) می باشد. زعفران از طریق پیاز تکثیر می یابد. پیازهای زعفران ساقه زیر زمینی محسوب شده و در اصطلاح گیاهشناسی به بنه مرسوم است. پیازهای زعفران، کروی، سخت، گوشتدار، با ته تخت و نوک برآمده و به رنگ سفید می باشند (۱). اندام ذخیره‌ای زعفران (بنه یا پداژه که در بین کشاورزان پیاز نامیده می شود) دارای پوشش فیبری است که بر اساس نوع بافت در کروکوس‌ها متفاوت است (۲). پیازهای زعفران توسط چندین لایه غلاف نازک با الیاف طولی موازی و به رنگ قهوه ای پوشیده شده است. این الیاف طولی از قاعده پیاز روئیده و در بالای پیاز به صورت قطعات باریکی درآمده که جوانه‌های رأسی را حمایت می کنند. پس از حذف کلیه قطعات پوششی، در سطح خارجی پیازها، دوایر افقی متعددی مشاهده می شوند و برخی از قطعات پوششی از این دوایر می رویند (شکل ۱) (۱ و ۶).



شکل ۱ - پیاز زعفران در تابستان.

## الف) بدون پوشش ب) همراه با پوشش

- ۱- جوانه انتهایی بزرگ
- ۲- جوانه انتهایی کوچک
- ۳- جوانه جانبی ۴- دوایر جانبی
- ۵- محل ریشه‌های قبلی
- ۶- پولک یا پیاز قبلی تحلیل رفته
- ۷- پوشش محافظ جوانه‌ها
- ۸- پوشش‌های قهوه‌ای رنگ.

فقدان اطلاعات علمی در خصوص ویژگی‌های فیزیکی پیاز زعفران، کارایی تولید کاهش یافته و ضایعات تولید افزایش یافته است. لذا دسترسی به اطلاعات علمی در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی پیاز زعفران جهت طراحی بهینه تجهیزات پس از برداشت، انبارداری، حمل و نقل، درجه بندی و بسته بندی در راستای کاهش ضایعات و افزایش کیفیت تولید، ضروری به نظر می رسد. به عنوان مثال از نتایج حاصل از بررسی خواص هندسی در جهت طراحی انواع سیلواها استفاده می شود (۱۶). اهمیت میزان تخلخل در بحث ذخیره سازی، بسته بندی و تعیین پایداری توده محصول در برابر جریان هوا نمود پیدا می کند (۱۶). زاویه ریپوز و خواص

اصطکاک در طراحی سیلواها، مخازن نگهداری و نوار نقاله‌ها ضروری می باشند (۵). سرعت حد نقش مهمی در طراحی انواع سیستم‌های تمیز کننده مواد خارجی از محصول و نقل و انتقال بادی و آبی ایفا می کند (۴). از آنجایی که تعیین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی و غلات در طراحی تجهیزات برداشت، حمل و فرآوری و محاسبه ظرفیت سیلواهای ذخیره سازی و سایر ملزومات آن ضروری می باشد (۴، ۵). لذا مطالعات گسترده‌ای در مورد خصوصیات فیزیکی بسیاری از محصولات کشاورزی انجام شده است به عنوان مثال، در تحقیقی رضوی و همکاران (۱۳۸۸) خواص مهندسی دانه بارهنگ، به دلیل تولید موسیلاژ توسط دانه، فقط در یک سطح رطوبتی تعیین گردید (۵). طباطبایی فر (۲۰۰۳) خواص فیزیکی پنج رقم گندم ایرانی را در دامنه صفر تا ۲۲ درصد بررسی کرد. او نشان داد با افزایش میزان رطوبت دانسیته ظاهری و دانسیته واقعی کاهش و تخلخل توده و زاویه ریپوز افزایش می یابد. ضریب اصطکاک استاتیکی با افزایش محتوای رطوبت در تمام سطوح مورد بررسی افزایش یافت (۱۸). خصوصیات فیزیکی بذر ماش در رطوبت‌های مختلف توسط یالکم و ازارسلام (۲۰۰۴) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که سرعت حد به طور خطی با افزایش رطوبت افزایش می یابد (۲۰). در پژوهشی توسط رضوی و همکاران (۲۰۰۷) تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی دانه پسته وحشی (بنه) توسط روش‌های تجربی تعیین و نتایج آن با اطلاعات حاصله از روش پردازش تصویر مقایسه شد (۱۵). در تحقیقی دیگر، میلانی و همکاران (۲۰۰۷) اثر رطوبت بر خواص فیزیکی دانه کدو در سطح رطوبت ۴۲/۷۸-۵/۱۸ درصد بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت، میانگین تمام خواص هندسی افزایش می یابد (۱۳). کبیرا و همکاران (۲۰۱۰) برخی خواص فیزیکی و مکانیکی برنج شامل ابعاد، کرویت، میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی و سطح دانسیته واقعی، دانسیته توده و تخلخل را بررسی نمودند (۱۱). محققان دیگر نیز خواص مهندسی انواع محصولات کشاورزی نظیر گندم (رضوی و همکاران، ۱۳۸۵)، دانه زیره (سینگ و گوسوامی، ۱۹۹۶)، هسته و مغز بادام و زردآلو (آیدین، ۲۰۰۲)، نخود (معصومی و تابیل، ۲۰۰۳)، دانه هندوانه (رضوی و میلانی، ۲۰۰۶)، دانه رازیانه (احمدی، ۲۰۰۹)، دانه کرچک (غریب زاهدی و همکاران، ۲۰۱۱)، دانه جو (آقاجانی و همکاران، ۲۰۱۲) را اندازه گیری کردند (۳)، (۱۷)، (۱۰)، (۱۲)،

که  $m_0$  و  $m_t$  به ترتیب جرم خشک و جرم مرطوب نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

### ۲-۳- اندازه گیری خواص مهندسی

جهت اندازه گیری ابعاد از میکرومتر دیجیتال، مدل (Mitutoyo CODE No.192-651) ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۰۱ میلی متر و با ظرفیت ۰-۳۰۰ میلی متر استفاده شده است. حجم پیاز زعفران با استفاده از پیکنومتر خلأی (Air pycnometer, According To Langer)، ساخت شرکت Eijkelkamp، با محدوده اندازه گیری ۰-۱۱۵ سانتی متر مکعب و دقت اندازه گیری حداکثر برابر ۱ سانتی متر مکعب اندازه گیری گردید. در تعیین سرعت حد پیاز زعفران به روش شناوری، برای اندازه گیری سرعت هوا از یک بادسنج دیجیتالی سیم داغ (Q116497 Taiwan) با دقت  $\pm 0.05$  متر بر ثانیه استفاده شده است.

### ۲-۳-۱- اندازه گیری خواص هندسی

#### ۲-۳-۱-۱- ابعاد

سه قطر پیاز زعفران شامل قطر بزرگ، متوسط و کوچک (به ترتیب طول  $L$ ، عرض  $W$  و ضخامت  $T$ ) می‌باشند. هر یک از بعدها پیاز زعفران توسط میکرومتر دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری گردید.

#### ۲-۳-۱-۲- میانگین قطر حسابی

برای محاسبه میانگین قطر حسابی پیازهای زعفران از رابطه (۲) استفاده شد (۱۴):

$$D_a = \frac{(L + W + T)}{3} \quad (2)$$

که  $D_a$  میانگین قطر حسابی بر حسب میلی متر است.

#### ۲-۳-۱-۳- میانگین قطر هندسی (قطر معادل)

میانگین قطر هندسی پیازها با استفاده از رابطه (۳) به دست آمد (۱۴):

$$D_{gm} = (LWT)^{1/3} \quad (3)$$

که  $D_{gm}$  میانگین هندسی قطر بر حسب میلی متر است.

#### ۲-۳-۱-۴- ضریب کرویت

برای تعیین ضریب کرویت پیاز زعفران از رابطه محسنین در فرمول (۴) استفاده شد (۱۴):

(۱۶)، (۸)، (۱۹)، (۷). اگر چه بررسی منابع نشان می‌دهد که تحقیقات بسیاری درباره خواص فیزیکی محصولات کشاورزی و غذایی به انجام رسیده است، اما تاکنون تحقیقی در مورد خصوصیات فیزیکی پیاز زعفران انجام نشده است. هدف از این پژوهش، تعیین خصوصیات فیزیکی پیازهای زعفران جهت طراحی تجهیزات پس از برداشت، انتقال، درجه بندی و تمیز کردن پیازها و انبارداری می‌باشد.

### ۲- مواد و روش‌ها

#### ۲-۱- آماده سازی نمونه‌ها

نمونه های آزمایشی در تیرماه به روش سنتی از مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی برداشت شده و پس از اخذ نمونه‌های تصادفی، در داخل کیسه‌های پلاستیکی به طور دستی به آزمایشگاه بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انتقال داده شد. پولک انتهایی، خاک و ناخالصی‌ها دیگر از پیازهای زعفران که سالم بودند به صورت دستی جدا گردید. پیازهای زعفران به صورت با پوشش (بالیاف) و بدون پوشش (بدون الیاف) آماده شدند. در این تحقیق به منظور تعیین اثر اندازه بر روی خواص فیزیکی پیاز زعفران، نمونه‌ها بر اساس جرم به سه گروه بزرگ، متوسط و کوچک (به ترتیب بیشتر از ۱۰ گرم، ۶ تا ۱۰ گرم، ۱ تا ۶ گرم) برای هریک از تیمارها با پوشش و بدون پوشش دسته بندی شدند، آزمایشات بر روی پیازهای زعفران با پوشش و بدون پوشش با آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۵ تکرار جهت اندازه گیری دانسیته توده، زاویه ریپوز تخلیه و پر کردن انجام شد و برای سایر فاکتورها در ۳۰ تکرار در هر سه سطح اندازه بررسی گردید.

#### ۲-۲- اندازه گیری رطوبت

برای تعیین درصد رطوبت پیاز زعفران طبق دستورالعمل استاندارد انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا اقدام گردید (۹). برای این منظور در ۵ تکرار، نمونه‌ها را وزن نموده و به مدت ۷۲ ساعت در دمای  $103 \pm 2$  درجه سانتی گراد آون، نگهداری و سپس رطوبت نمونه‌ها بر اساس روش وزنی به صورت درصد وزن مرطوب و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$M = \frac{m_t - m_0}{m_t} \times 100 \quad (1)$$

که دانسیته توده بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب،  $M_b$  جرم توده بر حسب گرم و  $V_b$  حجم ظرف بر حسب سانتی متر مکعب است.

### ۲-۳-۲-۴- تخلخل توده

درصد تخلخل ( $\varepsilon$ , %) پیاز زعفران، طبق تعریف نسبت فضای خالی بین دانه‌ها به حجم توده آن می باشد و بر اساس رابطه محسین در فرمول (۸) محاسبه شد (۱۴):

$$\varepsilon = (\rho_t - \rho_b) / \rho_t \times 100 \quad (8)$$

### ۲-۳-۲-۳- اندازه گیری خواص اصطکاکی

#### ۲-۳-۲-۱- ضریب اصطکاک استاتیکی

جهت اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی، از سطوح اصطکاکی شیب دار متفاوتی از جنس شیشه، فایبر گلاس، آهن گالوانیزه و چوب مجهز به یک نقاله مدرج استفاده شده است. روی سطح شیب دار، ابتدا نمونه مورد نظر را قرار داده، نمونه بر روی سطح شیب دار در حین بالا بردن دستی سطح اصطکاکی، در زاویه معینی شروع به حرکت به سمت پایین سطح می کند، و با جاگذاری زاویه به دست آمده ( $\alpha$ ) در رابطه (۹)، ضریب اصطکاک استاتیکی ( $\mu_s$ ) محاسبه شد (۱۴):

$$\mu_s = \tan \alpha \quad (9)$$

که  $\mu_s$  و  $\alpha$  به ترتیب ضریب اصطکاک ایستایی و زاویه سطح شیب دار در لحظه لغزش پیاز زعفران می باشند. ضریب اصطکاک استاتیکی نیز نقش مهمی را در حین انتقال و انبارداری دانه‌ها ایفا می کند (۱۶).

### ۲-۳-۲-۲- زاویه ریپوز پر کردن

به منظور تعیین زاویه ریپوز پر کردن ( $\theta_f$ ) پیازهای زعفران، از یک جعبه چوبی استفاده گردید و ناودانی در بالای جعبه تعبیه شده که از طریق آن نمونه‌ها از ارتفاع مشخص و ثابتی به اندازه ۲۰ سانتی متر به درون جعبه سرازیر می شوند و کپه ای تشکیل می شود. ارتفاع بلندترین نقطه کپه ( $H$ ) و قطر کپه مورد نظر ( $D$ ) را اندازه گرفته و با توجه به رابطه (۱۰) زاویه ریپوز پر کردن محاسبه شد (۴ و ۱۴):

$$\theta_f = \text{Arc tan} (2H / D) \quad (10)$$

که  $H$  ارتفاع بلندترین نقطه کپه و  $D$  قطر کپه مورد نظر است.

$$\varphi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (4)$$

که  $\varphi$  ضریب کرویت محصول و عددی بدون بعد است.

### ۲-۳-۲-۱-۵- سطح

سطح پیاز زعفران با استفاده از رابطه مک کیب در فرمول (۵) محاسبه شد:

$$S = \pi D_{gm}^2 \quad (5)$$

که  $S$  مساحت سطح رویه بر حسب میلی متر مربع است.

### ۲-۳-۲-۲- اندازه گیری خواص ثقلی

#### ۲-۳-۲-۱-۳- حجم

جهت اندازه گیری حجم پیاز زعفران از پیکنومتر خلأیی استفاده شده است (شکل ۲). اساس اندازه گیری حجم در پیکنومتر خلأیی بر مبنای تحت فشار قرار دادن نمونه مورد نظر درون محفظه خلأیی می باشد. به این صورت که ابتدا وزنه جیوه ایی دستگاه را در بالاترین وضعیت قرار داده، سپس دستگاه را در حالت صفر پایدار می کنیم تا مقیاس کالیبره (ستون مدرج) ثابت شده و عدد صفر را نشان دهد. در مرحله بعد، نمونه مورد نظر را درون محفظه خلأیی قرار داده و پس از در بندی آن، دستگاه را در حالت یک قرار می دهیم و وزنه جیوه ایی را در پایین ترین وضعیت می گذاریم. پس از تثبیت فشار، حجم نمونه از مقیاس کالیبره خوانده می شود.

### ۲-۳-۲-۲-۲- دانسیته حقیقی

پس از محاسبه حجم، دانسیته حقیقی پیازهای زعفران برابر خواهد بود با نسبت جرم به حجم آن، رابطه (۶):

$$\rho_{true} = M / V \quad (6)$$

### ۲-۳-۲-۳-۲- دانسیته توده

دانسیته توده ( $\rho_{bulk}$ )، از طریق پر کردن یک ظرف استوانه‌ای شیشه به ارتفاع ۱۳/۵ سانتی متر و قطر ۱۰/۵ سانتی متر (حجم تقریبی ۸۰۰ میلی لیتر،  $V_b$ )، با پیازهای زعفران از ارتفاع تقریباً ۱۰ سانتی متر بالای استوانه و سپس توزین ظرف به منظور تعیین جرم توده پیازهای زعفران ( $M_b$ )، و جای گذاری آن در رابطه (۷) به دست آمد (۱۴):

$$\rho_{bulk} = M_b / V_b \quad (7)$$

### ۲-۳-۳ زاویه ریپوز تخلیه

برای اندازه گیری زاویه ریپوز تخلیه ( $\theta_e$ ) پیازهای زعفران، از یک جعبه چوبی با درب کشویی به ابعاد  $32 \times 35 \times 59$  سانتی متر استفاده شد (شکل ۳). پس از پر کردن جعبه از نمونه مورد نظر، درب کشویی سریعاً به طرف بالا کشیده شده تا پیازهای زعفران تخلیه شده و پس از سرازیر شدن پیازهای زعفران و تشکیل کپه، زاویه ریپوز تخلیه با اندازه گیری بلندترین ارتفاع و طول کپه ( $H$  &  $X$ ) و جاگذاری مقادیر بدست آمده در رابطه (۱۱) محاسبه شد (۱۴):

$$\theta_e = \text{Arc tan} (H / X) \quad (11)$$

که  $H$  بلندترین ارتفاع و  $X$  طول کپه می باشد. زاویه ریپوز و خواص اصطکاکی در طراحی سیلوها، مخازن نگهداری، نوار نقاله‌ها و تجهیزات انتقال مواد استفاده می‌شوند (۳)، ۵ و ۱۶).

### ۳- نتایج و بحث

#### ۱-۳ رطوبت پیاز زعفران

جدول ۱ رطوبت پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش را نشان می‌دهد. رطوبت نهایی پیاز زعفران بدون پوشش بیشتر از پیاز زعفران با پوشش بوده است. رطوبت موجود در پیاز زعفران در بافت گاوشتار پیاز بوده است و پوشش فیبری پیازهای زعفران فاقد هرگونه رطوبت طبیعی می‌باشند، مگر آن که در محیط مرطوب قرار داشته باشند و رطوبت محیط را جذب نمایند.

جدول ۱- مقادیر رطوبت پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش

| نوع پیاز  | تکرار | رطوبت نهایی |
|-----------|-------|-------------|
| با پوشش   | ۵     | ۰/۵۸        |
| بدون پوشش | ۵     | ۰/۶۲        |

#### ۲-۳ جرم پیاز زعفران

نتایج نشان داد که میانگین جرم پیازهای مورد آزمایش با پوشش  $7/77$  گرم می‌باشد، که پیاز زعفران با پوشش با اندازه بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب دارای جرم،  $11/82$  گرم،  $7/64$  گرم و  $3/85$  گرم می‌باشد. تاثیر پوشش بر روی جرم پیاز زعفران از طریق توزین پوشش‌های جداشده از پیاز زعفران بررسی گردید، که میانگین آن برابر  $0/31$  گرم می‌باشد. میانگین جرم پیازهای زعفران بدون پوشش  $7/40$  گرم بدست آمد به طوری که جرم پیاز زعفران بزرگ، متوسط و کوچک بدون پوشش به ترتیب برابر  $11/35$  گرم،  $7/54$  گرم و  $3/32$  گرم می‌باشد.

#### ۳-۳ خواص هندسی پیاز زعفران

داده‌های مربوط به خواص هندسی در ۳۰ تکرار محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است. پیاز زعفران با پوشش بیشترین مقادیر هندسی را نسبت به پیاز زعفران بدون پوشش دارا می‌باشد. بنابراین، پوشش در پیاز زعفران باعث افزایش مقادیر خواص هندسی می‌شود. همچنین از لحاظ سطح اندازه، اندازه بزرگ در پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش بیشترین ابعاد، میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی و سطح را به خود اختصاص داده است، ولیکن اندازه بزرگ دارای کمترین و اندازه کوچک دارای بیشترین مقدار کرویت است. بنابراین بیشترین و کمترین مقادیر ابعاد، میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، کرویت و سطح به ترتیب، پیاز زعفران بزرگ با پوشش و پیاز زعفران کوچک

### ۲-۳-۴- اندازه گیری خواص آئرو دینامیکی

#### ۲-۳-۴-۱- سرعت حد<sup>۱</sup>

برای اندازه گیری سرعت حد از روش شناوری سازی در کانال هوا استفاده شد. در این روش پیاز زعفران به درون یک لوله عمودی که هوا با سرعت معین از پائین به بالا جریان دارد رها می‌گردد. با تنظیم میزان دور دمنده می‌توان سرعتی از هوا را درون لوله فراهم کرد تا پیاز زعفران به حالت شناور درآید. سرعت هوا در لحظه شناوری پیاز به عنوان سرعت حد پیاز زعفران در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه گیری سرعت هوا از یک بادسنج دیجیتالی سیم داغ<sup>۲</sup> با دقت  $\pm 0/05$  متر بر ثانیه استفاده شد. اندازه گیری‌ها در دمای محیط انجام گردید. سرعت حد نقش مهمی در طراحی تجهیزات خرمن کوبی، نقل و انتقال بادی و آبی مواد، طراحی خشک کن‌های بستر سیال و انواع سیستم‌های تمیز کننده مواد خارجی از محصول ایفا می‌کند (۴).

### ۲-۳-۵- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

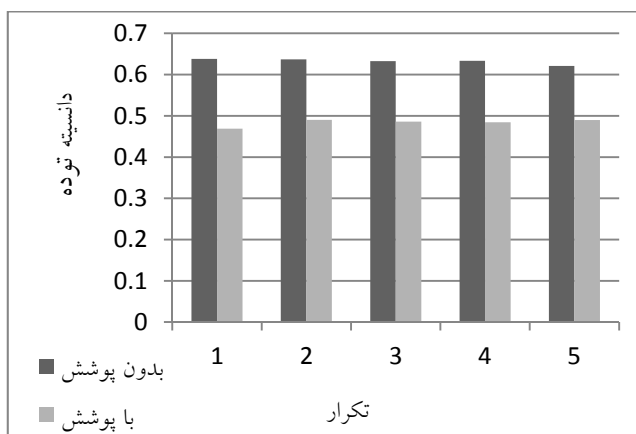
تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شده است و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excell رسم گردید.

<sup>1</sup> Terminal Velocity

<sup>2</sup> Hot wire

است در حالی که دانسیته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل پیاز زعفران بدون پوشش مقادیر بیشتری را نسبت به پیاز زعفران با پوشش دارا می‌باشد.

تأثیر اندازه بر روی دانسیته حقیقی و درصد تخلخل پیاز زعفران در سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک بررسی شد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که دانسیته حقیقی بین اندازه متوسط و کوچک معنی دار نبوده، اما تفاوت میانگین‌های مربوط به اندازه بزرگ با دو اندازه دیگر دارای اختلاف معنی داری می‌باشد.



شکل ۲- نمودار دانسیته توده پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش.

اثر متقابل اندازه و نوع پیاز بر روی دانسیته حقیقی و درصد تخلخل در جدول ۸ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که از جدول پیداست، دانسیته حقیقی در پیازهای زعفران با پوشش بین سه سطح اندازه بزرگ، متوسط و کوچک معنی دار نبوده، اما در پیازهای زعفران بدون پوشش معنی دار می‌باشد. در پیازهای زعفران با پوشش و بدون پوشش، درصد تخلخل بین اندازه‌های بزرگ و کوچک معنی دار نبوده، این دو اندازه با اندازه متوسط دارای اختلاف معنی دار می‌باشند و بیشترین درصد تخلخل در اندازه متوسط بدون پوشش مشاهده گردید. پوشش باعث کاهش دانسیته حقیقی و درصد تخلخل شده است. زیرا پوشش با افزایش حجم، دانسیته حقیقی را کاهش می‌دهد. همچنین با کاهش میزان فضای بین پیازها، موجب کاهش درصد تخلخل می‌شود. به طوری که پیاز زعفران بدون پوشش بیشترین مقدار دانسیته حقیقی و درصد تخلخل را نسبت به پیاز زعفران با پوشش دارا می‌باشد.

بدون پوشش دارا می‌باشند و پیاز زعفران کوچک با پوشش بیشترین ضریب کرویت ۰/۹۱ و پیاز زعفران بزرگ بدون پوشش کمترین ضریب کرویت ۰/۸۱ را دارا بوده است.

تأثیر اندازه بر روی میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، کرویت و سطح پیاز زعفران در سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک بررسی شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که برای همه صفات مورد مطالعه، معنی دار بوده است. اندازه بزرگ بیشترین مقدار میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی و سطح را به خود اختصاص داده است. از لحاظ ضریب کرویت اندازه کوچک بیشترین مقدار و اندازه بزرگ کمترین مقدار را دارا می‌باشند و نشان دهنده آن است که با کاهش اندازه در پیاز زعفران کرویت افزایش یافته و از لحاظ شکل به کره نزدیک تر می‌شود.

اثر متقابل اندازه و نوع پیاز بر روی میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، کرویت و سطح در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. در پیازهای زعفران با پوشش و بدون پوشش میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی و سطح بین اندازه‌های بزرگ، متوسط و کوچک معنی دار می‌باشد و با افزایش اندازه این صفات مورد بررسی افزایش یافته است به طوری که بیشترین مقدار مربوط به اندازه بزرگ است؛ اما با کاهش اندازه، ضریب کرویت در پیازهای با پوشش و بدون پوشش افزایش یافته است به طوری که اندازه کوچک بیشترین کرویت را دارا می‌باشد و به شکل کره نزدیک تر بوده است. ضریب کرویت در پیاز زعفران با پوشش بین اندازه بزرگ و متوسط معنی دار نمی‌باشد، در حالی که در اندازه کوچک دارای اختلاف معنی دار می‌باشند. ضریب کرویت در هر سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک پیاز زعفران بدون پوشش دارای اختلاف معنی داری می‌باشد. همچنین، بین پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش اختلاف معنی داری وجود دارد و پیاز زعفران با پوشش بیشترین مقادیر را بین صفات مورد مطالعه بیان شده نسبت به پیاز زعفران بدون پوشش دارا می‌باشد.

### ۳-۴- خواص ثقلی پیاز زعفران

میانگین‌های مربوط به خواص ثقلی شامل حجم، دانسیته حقیقی و درصد تخلخل با ۳۰ تکرار و دانسیته توده با ۵ تکرار برای پیاز زعفران در جدول ۶ و شکل ۲ ارائه شده است. پیاز زعفران با پوشش دارای حجم بیشتری نسبت به پیاز زعفران بدون پوشش

جدول ۳- مقادیر خواص هندسی پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش

| نوع پیاز  | اندازه | ابعاد (میلی متر) |       |       | ضخامت | طول   | عرض     | میانگین قطر حسابی (mm) | میانگین قطر هندسی (mm) | کرویت (بدون بعد) | سطح (میلی متر مربع) |       |       |      |         |
|-----------|--------|------------------|-------|-------|-------|-------|---------|------------------------|------------------------|------------------|---------------------|-------|-------|------|---------|
|           |        | عرض              | ضخامت | طول   |       |       |         |                        |                        |                  |                     |       |       |      |         |
| با پوشش   | بزرگ   | ۳۲/۴۴            | ۲۶/۹۵ | ۲۳/۱۰ | ۲۷/۴۹ | ۲۷/۱۷ | ۰/۸۳    | ۲۳۲۸/۴۳                | بدون پوشش              | ک                | ک                   |       |       |      |         |
|           | متوسط  | ۲۷/۵۲            | ۲۴/۴۷ | ۱۹/۰۷ | ۲۳/۶۸ | ۲۳/۳۹ | ۰/۸۵    | ۱۷۲۲/۱۵                |                        |                  |                     |       |       |      |         |
|           | کوچک   | ۲۰/۲۳            | ۱۸/۴۵ | ۱۶/۶۱ | ۱۸/۴۲ | ۱۸/۳۴ | ۰/۹۱    | ۱۰۷۲/۰۳                |                        |                  |                     |       |       |      |         |
| بدون پوشش | بزرگ   | ۳۱/۴۵            | ۲۶/۴۳ | ۲۰/۴۸ | ۲۶/۱۱ | ۲۵/۶۷ | ۰/۸۱    | ۲۰۷۹/۱۴                | ک                      | ک                | ک                   |       |       |      |         |
|           | متوسط  | ۲۳/۹۰            | ۲۰/۹۶ | ۱۵/۹۹ | ۲۰/۲۸ | ۱۹/۹۸ | ۰/۸۳    | ۱۲۰۶/۳۹                |                        |                  |                     |       |       |      |         |
|           | کوچک   | ۱۶/۶۸            | ۱۵/۳۹ | ۱۳/۰۵ | ۱۵/۱۰ | ۱۵/۰۰ | ۰/۸۹    | ۱۴۱/۰۵                 |                        |                  |                     |       |       |      |         |
| میانگین   | ۲۶/۷۳  | ۲۳/۲۹            | ۱۹/۵۹ | ۲۳/۲۰ | ۲۲/۹۶ | ۰/۸۶  | ۱۷۰۷/۵۴ | میانگین                | ۲۴/۰۱                  | ۱۸/۹۳            | ۱۶/۵۱               | ۲۰/۵۰ | ۲۰/۲۲ | ۰/۸۴ | ۱۱۶۰/۱۹ |

جدول ۴- آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین اثرات اندازه پیاز زعفران بر

میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی و سطح\*

| اندازه | تکرار | میانگین قطر حسابی (میلی متر) | میانگین قطر هندسی (میلی متر) | کرویت (بدون بعد)  | سطح (میلی متر مربع)  |
|--------|-------|------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------|
| بزرگ   | ۶۰    | ۲۶/۸۰ <sup>c</sup>           | ۲۶/۴۲ <sup>c</sup>           | ۰/۸۲ <sup>a</sup> | ۲۲۰۳/۸۰ <sup>c</sup> |
| متوسط  | ۶۰    | ۲۱/۹۸ <sup>b</sup>           | ۲۱/۶۹ <sup>b</sup>           | ۰/۸۴ <sup>b</sup> | ۱۴۹۱/۳۰ <sup>b</sup> |
| کوچک   | ۶۰    | ۱۶/۷۶ <sup>a</sup>           | ۱۶/۶۷ <sup>a</sup>           | ۰/۹۰ <sup>c</sup> | ۸۹۳/۲۳ <sup>a</sup>  |

\*اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه و نوع پیاز (با پوشش و بدون پوشش) بر روی میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، کرویت

و سطح با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد (p=۰/۰۵)\*

| نوع پیاز  | اندازه | تکرار | میانگین قطر حسابی (میلی متر) | میانگین قطر هندسی (میلی متر) | کرویت (بدون بعد)  | سطح (میلی متر مربع)  |
|-----------|--------|-------|------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------|
| با پوشش   | بزرگ   | ۳۰    | ۲۷/۴۹ <sup>f</sup>           | ۲۷/۱۷ <sup>f</sup>           | ۰/۸۳ <sup>b</sup> | ۲۳۲۸/۴۰ <sup>f</sup> |
|           | متوسط  | ۳۰    | ۲۳/۶۸ <sup>d</sup>           | ۲۳/۳۹ <sup>d</sup>           | ۰/۸۵ <sup>b</sup> | ۱۷۲۲/۲۰ <sup>d</sup> |
|           | کوچک   | ۳۰    | ۱۸/۴۲ <sup>b</sup>           | ۱۸/۳۴ <sup>b</sup>           | ۰/۹۱ <sup>d</sup> | ۱۰۷۲/۰۰ <sup>b</sup> |
| بدون پوشش | بزرگ   | ۳۰    | ۲۶/۱۱ <sup>e</sup>           | ۲۵/۶۷ <sup>e</sup>           | ۰/۸۱ <sup>a</sup> | ۲۰۷۹/۱۰ <sup>e</sup> |
|           | متوسط  | ۳۰    | ۲۰/۲۸ <sup>c</sup>           | ۱۹/۹۸ <sup>c</sup>           | ۰/۸۳ <sup>b</sup> | ۱۲۶۰/۴۰ <sup>c</sup> |
|           | کوچک   | ۳۰    | ۱۵/۱۰ <sup>a</sup>           | ۱۵/۰۰ <sup>a</sup>           | ۰/۸۹ <sup>c</sup> | ۷۱۴/۴۳ <sup>a</sup>  |

\*اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

جدول ۶- مقادیر میانگین خواص ثقلی (حجم، دانسیته حقیقی و درصد تخلخل)

| نوع پیاز  | اندازه  | حجم<br>(سانتی متر مکعب) | دانسیته حقیقی<br>(گرم بر سانتی متر مکعب) | تخلخل<br>(درصد) |
|-----------|---------|-------------------------|--|-----------------|
| با پوشش   | بزرگ    | ۹/۸۵                    | ۱/۲۲                                     | ۵۹/۱۹           |
|           | متوسط   | ۷/۳۵                    | ۱/۰۴                                     | ۵۳/۱۴           |
|           | کوچک    | ۳/۱۱                    | ۱/۳۰                                     | ۵۹/۳۴           |
|           | میانگین | ۶/۷۷                    | ۱/۱۹                                     | ۵۷/۲۲           |
| بدون پوشش | بزرگ    | ۶/۲۶                    | ۲/۰۳                                     | ۶۸/۱۰           |
|           | متوسط   | ۳/۰۳                    | ۲/۷۳                                     | ۷۵/۸۱           |
|           | کوچک    | ۱/۴۷                    | ۲/۴۶                                     | ۷۱/۰۸           |
|           | میانگین | ۳/۵۹                    | ۲/۴۱                                     | ۷۱/۳۳           |

جدول ۷- آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین اثرات اندازه پیاز زعفران بر دانسیته حقیقی و درصد تخلخل\*

| اندازه | تکرار | دانسیته حقیقی     | درصد تخلخل         |
|--------|-------|-------------------|--------------------|
| بزرگ   | ۶۰    | ۱/۶۲ <sup>a</sup> | ۶۳/۶۵ <sup>a</sup> |
| متوسط  | ۶۰    | ۱/۸۸ <sup>b</sup> | ۶۴/۴۷ <sup>a</sup> |
| کوچک   | ۶۰    | ۱/۸۸ <sup>b</sup> | ۶۵/۲۱ <sup>a</sup> |

\* اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه و نوع پیاز (با پوشش و بدون پوشش) بر روی دانسیته حقیقی و درصد تخلخل با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد (p=۰/۰۵)\*.

| اندازه | تکرار | دانسیته حقیقی     |                   | درصد تخلخل         |                    |
|--------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|        |       | با پوشش           | بدون پوشش         | با پوشش            | بدون پوشش          |
| بزرگ   | ۳۰    | ۱/۲۲ <sup>a</sup> | ۲/۰۳ <sup>b</sup> | ۵۹/۱۹ <sup>b</sup> | ۶۸/۱۰ <sup>c</sup> |
| متوسط  | ۳۰    | ۱/۰۴ <sup>a</sup> | ۲/۷۳ <sup>d</sup> | ۵۳/۱۴ <sup>a</sup> | ۷۵/۸۱ <sup>d</sup> |
| کوچک   | ۳۰    | ۱/۳۰ <sup>a</sup> | ۲/۴۶ <sup>c</sup> | ۵۹/۳۴ <sup>b</sup> | ۷۱/۰۹ <sup>c</sup> |

\* اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.



جدول ۹- مقادیر میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطوح مختلف

| نوع پیاز  | اندازه  | تکرار | ضریب اصطکاک‌کی سطوح مختلف |      |         |
|-----------|---------|-------|---------------------------|------|---------|
|           |         |       | چوب                       | فلز  | پلاستیک |
| باپوشش    | بزرگ    | ۳۰    | ۱/۱۴                      | ۰/۷۲ | ۰/۵۳    |
|           | متوسط   | ۳۰    | ۱/۲۱                      | ۰/۷۳ | ۰/۴۸    |
|           | کوچک    | ۳۰    | ۱/۲۰                      | ۰/۶۵ | ۰/۴۵    |
|           | میانگین |       | ۱/۱۸                      | ۰/۷۰ | ۰/۴۹    |
| بدون پوشش | بزرگ    | ۳۰    | ۱/۰۶                      | ۰/۶۵ | ۰/۵۰    |
|           | متوسط   | ۳۰    | ۱/۰۵                      | ۰/۶۶ | ۰/۴۹    |
|           | کوچک    | ۳۰    | ۱/۰۶                      | ۰/۶۵ | ۰/۵۱    |
|           | میانگین |       | ۱/۰۶                      | ۰/۶۵ | ۰/۵۰    |

جدول ۱۰- آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین اثرات اندازه پیاز زعفران بر ضریب اصطکاک‌کی سطوح مختلف (چوب، فلز، پلاستیک و شیشه)\*

| اندازه | تکرار | ضریب اصطکاک‌کی سطوح مختلف |                   |                   |
|--------|-------|---------------------------|-------------------|-------------------|
|        |       | چوب                       | فلز               | پلاستیک           |
| بزرگ   | ۶۰    | ۱/۱۰ <sup>a</sup>         | ۰/۶۹ <sup>b</sup> | ۰/۵۱ <sup>b</sup> |
| متوسط  | ۶۰    | ۱/۱۳ <sup>b</sup>         | ۰/۷۰ <sup>b</sup> | ۰/۴۹ <sup>a</sup> |
| کوچک   | ۶۰    | ۱/۱۳ <sup>b</sup>         | ۰/۶۵ <sup>a</sup> | ۰/۴۹ <sup>a</sup> |

\* اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه و نوع پیاز (باپوشش و بدون پوشش) بر روی ضریب اصطکاک‌کی سطوح مختلف (چوب، فلز، پلاستیک و شیشه) با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ( $p=0/05$ )\*

| نوع پیاز  | اندازه | تکرار | ضریب اصطکاک‌کی سطوح مختلف |                   |                    |
|-----------|--------|-------|---------------------------|-------------------|--------------------|
|           |        |       | چوب                       | فلز               | پلاستیک            |
| باپوشش    | بزرگ   | ۳۰    | ۱/۱۴ <sup>b</sup>         | ۰/۷۲ <sup>b</sup> | ۰/۵۳ <sup>d</sup>  |
|           | متوسط  | ۳۰    | ۱/۲۱ <sup>c</sup>         | ۰/۷۳ <sup>b</sup> | ۰/۴۸ <sup>ab</sup> |
|           | کوچک   | ۳۰    | ۱/۲۰ <sup>c</sup>         | ۰/۶۵ <sup>a</sup> | ۰/۴۵ <sup>a</sup>  |
| بدون پوشش | بزرگ   | ۳۰    | ۱/۰۶ <sup>a</sup>         | ۰/۶۵ <sup>a</sup> | ۰/۵۰ <sup>bc</sup> |
|           | متوسط  | ۳۰    | ۱/۰۵ <sup>a</sup>         | ۰/۶۶ <sup>a</sup> | ۰/۴۹ <sup>bc</sup> |
|           | کوچک   | ۳۰    | ۱/۰۶ <sup>a</sup>         | ۰/۶۵ <sup>a</sup> | ۰/۵۱ <sup>c</sup>  |

\* اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

اندازه دیگر دارای اختلاف معنی داری می‌باشند. بیشترین میزان ضریب اصطکاکی مربوط به سطوح چوب در اندازه متوسط و کوچک است و کمترین میزان ضریب اصطکاکی مربوط به سطوح پلاستیک در اندازه متوسط و کوچک است.

همان طور که از جدول ۱۱ پیداست، در پیازهای زعفران با پوشش ضریب اصطکاکی سطوح چوب با کاهش اندازه از سطح بزرگ تا سطح متوسط به طور معنی داری افزایش می‌یابد؛ ولیکن با کاهش بیشتر اندازه تا سطح کوچک، معنی دار نمی‌باشد. در پیازهای زعفران با پوشش ضریب اصطکاکی سطوح فلز با کاهش اندازه از سطح بزرگ تا سطح متوسط معنی داری نبوده است. اما کاهش بیشتر اندازه تا سطح کوچک، موجب کاهش معنی دار ضریب اصطکاکی سطوح فلز می‌شود. در پیازهای زعفران با پوشش ضریب اصطکاکی سطوح پلاستیک با کاهش اندازه از سطح بزرگ تا سطح متوسط به طور معنی داری کاهش دارد؛ ولی با کاهش بیشتر اندازه تا سطح کوچک، ضریب اصطکاکی سطوح پلاستیک معنی دار نمی‌باشد. در پیازهای زعفران با پوشش ضریب اصطکاکی سطوح شیشه با کاهش اندازه از بزرگ به کوچک، کاهش می‌یابد به طوری که این کاهش در بین سه سطح اندازه معنی دار می‌باشد. همچنین در پیازهای زعفران بدون پوشش، ضریب اصطکاکی سطوح چوب و فلز در سه سطح اندازه بزرگ، متوسط و کوچک معنی دار نمی‌باشد. در پیازهای زعفران بدون پوشش با کاهش اندازه از سطح بزرگ تا سطح متوسط، ضریب اصطکاکی سطوح پلاستیک معنی دار نمی‌باشد و با کاهش بیشتر اندازه تا سطح کوچک نیز، در ضریب اصطکاکی سطوح پلاستیک تفاوت معنی دار محسوسی مشاهده نمی‌شود. در پیازهای زعفران بدون پوشش، با کاهش اندازه از سطح بزرگ تا سطح متوسط ضریب اصطکاکی سطوح شیشه به طور معنی داری کاهش می‌یابد و با کاهش بیشتر اندازه تا سطح کوچک، در ضریب اصطکاکی سطوح شیشه چندان تفاوت معنی داری مشاهده نمی‌شود.

### ۳-۵-۲-زاویه ریپوز

در جدول ۱۲ میانگین ۵ تکرار زاویه ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه پیاز زعفران آورده شده است. پیاز زعفران با پوشش دارای مقادیر بیشتری از زاویه ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه می‌باشد. بنابراین پوشش در پیاز زعفران موجب افزایش زاویه

کاهش اندازه تا حدی باعث افزایش در دانسیته حقیقی و درصد تخلخل می‌شود. کاهش اندازه پیازها، موجب افزایش تعداد آن‌ها در واحد حجم می‌شود که منجر به افزایش فضاهای خالی بین پیازها در یک حجم مشخص گردد در نتیجه تخلخل افزایش می‌یابد.

### ۳-۵-۳-خواص اصطکاکی پیاز زعفران

میانگین‌های مربوط به خواص اصطکاکی شامل ضریب اصطکاکی استاتیکی روی سطوح چوب، فلز، پلاستیک و شیشه و زاویه ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه برای پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش در اندازه‌های بزرگ، متوسط و کوچک به دست آمده است و در جداول ۹ و ۱۲ ارائه شده است.

### ۳-۵-۱- ضریب اصطکاکی استاتیکی پیاز زعفران

در پیازهای زعفران با پوشش و بدون پوشش ضریب اصطکاکی به ترتیب در سطوح چوب، فلز، شیشه و پلاستیک کاهش یافته است. به عبارتی دیگر، بیشترین ضریب اصطکاکی مربوط به سطح چوب و کمترین مربوط به سطح پلاستیک می‌باشد (جدول ۹). همچنین پیاز زعفران با پوشش در سطوح مختلف نسبت به پیاز زعفران بدون پوشش دارای ضریب اصطکاکی بیشتری بوده است. بنابراین پوشش موجب افزایش ضریب اصطکاکی در سطوح مختلف گردیده است. پیازهای بدون پوشش از نظر ظاهری دارای سطح صاف تری نسبت به پیازهای با پوشش می‌باشند، بنابراین پوشش روی پیازها می‌تواند عامل محدود کننده‌ای برای حرکت پیاز بر روی سطوح باشد. تأثیر اندازه پیاز زعفران بر روی ضریب اصطکاکی سطوح مختلف (چوب، فلز، پلاستیک و شیشه) در سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک بررسی شد (جدول ۱۰). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که ضریب اصطکاکی سطوح چوب و پلاستیک بین اندازه متوسط و کوچک معنی دار نبوده اند، اما تفاوت میانگین‌های مربوط به اندازه بزرگ با دو اندازه دیگر دارای اختلاف معنی داری می‌باشند و در اندازه بزرگ افزایش یافته است. ضریب اصطکاکی سطوح شیشه در بین هر سه اندازه دارای اختلاف معنی داری می‌باشد که از اندازه کوچک به بزرگ مقدار آن افزایش پیدا کرده است. همان طور که از جدول ۱۰ پیداست، ضریب اصطکاکی سطوح فلز بین اندازه بزرگ و متوسط معنی دار نبوده اند، اما تفاوت میانگین‌های مربوط به اندازه کوچک با دو

نبوده، اما این دو سطح دارای کاهش معنی داری با سطح اندازه کوچک می‌باشند.

بنابراین پیاز زعفران بدون پوشش دارای سرعت حد بیشتری در مقایسه با پیاز زعفران با پوشش بوده است؛ چرا که پیاز زعفران بدون پوشش میزان رطوبت، دانسیته و تخلخل بیشتری نسبت به پیاز زعفران با پوشش داشته است در نتیجه نیرو (فرکانس) بیشتری جهت شناوری آن‌ها لازم است و سرعت حد بالایی را دارا می‌باشند، همچنین پوشش باعث کمک به شناوری آسان تری می‌گردد.

#### ۴- نتیجه گیری

پوشش در پیاز زعفران باعث افزایش مقادیر خواص هندسی می‌شود و افزایش اندازه در پیاز زعفران موجب افزایش ابعاد، میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی و سطح و کاهش مقدار کرویت شده است. پیاز زعفران با پوشش دارای حجم بیشتری نسبت به پیاز زعفران بدون پوشش است، در حالی که دانسیته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل پیاز زعفران بدون پوشش مقادیر بیشتری را نسبت به پیاز زعفران با پوشش دارا می‌باشد. همچنین پیاز زعفران با پوشش در سطوح مختلف نسبت به پیاز زعفران بدون پوشش دارای ضریب اصطکاک کمی بیشتری می‌باشد. بنابراین پوشش موجب افزایش ضریب اصطکاک در سطوح مختلف گردیده است. پیاز زعفران با پوشش دارای مقادیر بیشتری از زاویه ریپوز پر کردن و زاویه تخلیه می‌باشد در نتیجه جریان پذیری در آن مشکل تر بوده است. به طور کلی زاویه ریپوز پر کردن پیاز زعفران، بیشتر از زاویه تخلیه آن به دست آمده است. اندازه بزرگ بیشترین و اندازه کوچک کمترین سرعت حد را به خود اختصاص داده اند و بنابراین با افزایش و کاهش اندازه، سرعت حد افزایش و کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از این تحقیق در جهت طراحی بهینه تجهیزات پس از برداشت، انبارداری، حمل و نقل، درجه بندی و بسته بندی در راستای کاهش ضایعات و افزایش کیفیت تولید، ضروری به نظر می‌رسد. به طوری که تولید درجه بندی و عرضه پیاز استاندارد با حجم گسترده و کنترل شده باعث خواهد گردید تا فاصله برداشت پیاز تا کاشت مجدد افزایش یابد. همچنین در آماده سازی برای کاشت، درجه بندی، تمیز کردن پیازها و در جهت کاهش ضایعات آن در حین عملیات جابجایی و همچنین کاشت مکانیزه کمک نماید.

ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه می‌شود و به طور کلی همانند برخی محصولات کشاورزی زاویه ریپوز پر کردن پیاز زعفران با پوشش و بدون پوشش بزرگتر از زاویه تخلیه آنها بوده است. به عنوان مثال، در پژوهشی توسط رضوی و میلانی در سال ۲۰۰۶، برخی از خواص فیزیکی سه واریته متداول دانه هندوانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده است که در تمام رقم‌های مورد بررسی زاویه ریپوز پر کردن بزرگتر از زاویه ریپوز تخلیه بوده است (۱۶). در تحقیقی دیگر رضوی و همکاران (۲۰۰۷)، تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی دانه پسته وحشی (بنه) را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که زوایای ریپوز تخلیه و پر کردن به ترتیب ۱۶/۰۱ درجه و ۱۹/۹۲ درجه می‌باشد (۱۵).

#### ۳-۶- خواص آئرودینامیکی

میانگین‌های مربوط به خواص آئرودینامیکی که در این تحقیق شامل سرعت حد می‌باشد در جدول ۱۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند، پیاز زعفران با پوشش دارای سرعت حد برابر ۸/۸۹ متر بر ثانیه می‌باشد، همچنین پیاز زعفران بدون پوشش دارای سرعت حدی برابر با ۱۱/۶۲ متر بر ثانیه می‌باشد. پیاز زعفران بدون پوشش سرعت حد بیشتری را نسبت به با پوشش دارا می‌باشد. در سطح اندازه نیز، اندازه بزرگ بیشترین مقدار سرعت حد را در مقایسه با اندازه‌های متوسط و کوچک دارا می‌باشد. بنابراین پیاز زعفران بزرگ بدون پوشش با سرعت حدی برابر ۱۲/۴۶ متر بر ثانیه، بیشترین مقدار سرعت حد را داشته و نیروی بیشتری جهت شناوری نیاز دارد. تأثیر اندازه پیاز زعفران بر روی سرعت حد در سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک بررسی شد (جدول ۱۴). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که سرعت حد در بین هر سه سطح اندازه‌ها دارای اختلاف معنی داری می‌باشد و اندازه بزرگ دارای بیشترین و اندازه کوچک نیز کمترین سرعت حد را به خود اختصاص داده اند.

اثر متقابل اندازه و نوع پیاز بر روی سرعت حد در جدول ۱۵ نشان داده شده اند. همان طور که در جدول پیداست، در پیازهای زعفران با پوشش سرعت حد با کاهش اندازه از سطح بزرگ تا سطح کوچک به طور معنی داری کاهش می‌یابد و اندازه بزرگ در پیاز زعفران با پوشش بیشترین سرعت حد را در این نوع پیاز دارا می‌باشد. در پیازهای زعفران بدون پوشش از لحاظ سطح اندازه، از سطح بزرگ تا سطح متوسط بر سرعت حد معنی دار

**جدول ۱۲- مقادیر میانگین زاویه ریپوز تخلیه و پر کردن.**

| نوع پیاز              | تکرار | زاویه ریپوز |
|-----------------------|-------|-------------|
| پیاز زعفران با پوشش   | ۵     | ۳۶/۲۵       |
|                       | ۵     | ۲۶/۹۰       |
| پیاز زعفران بدون پوشش | ۵     | ۳۶/۲۵       |
|                       | ۵     | ۲۶/۹۰       |

**جدول ۱۳- مقادیر میانگین سرعت حد پیاز زعفران**

| نوع پیاز  | اندازه  | تکرار | سرعت حد (متر بر ثانیه) |
|-----------|---------|-------|------------------------|
| با پوشش   | بزرگ    | ۳۰    | ۹/۷۷                   |
|           | متوسط   | ۳۰    | ۸/۲۵                   |
|           | کوچک    | ۳۰    | ۸/۶۴                   |
|           | میانگین |       | ۸/۸۹                   |
| بدون پوشش | بزرگ    | ۳۰    | ۱۲/۴۶                  |
|           | متوسط   | ۳۰    | ۱۲/۱۳                  |
|           | کوچک    | ۳۰    | ۱۰/۲۶                  |
|           | میانگین |       | ۱۱/۶۲                  |

**جدول ۱۴- آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین اثرات اندازه پیاز زعفران بر سرعت حد\***

| اندازه | تکرار | سرعت حد            |
|--------|-------|--------------------|
| بزرگ   | ۶۰    | ۱۱/۱۱ <sup>c</sup> |
| متوسط  | ۶۰    | ۱۰/۹۰ <sup>b</sup> |
| کوچک   | ۶۰    | ۹/۴۵ <sup>a</sup>  |

\*اعداد با حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

**جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه و نوع پیاز (با پوشش و بدون پوشش) بر روی سرعت حد با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد (p=۰/۰۵).**

| نوع پیاز  | اندازه | تکرار | سرعت حد            |
|-----------|--------|-------|--------------------|
| با پوشش   | بزرگ   | ۳۰    | ۹/۷۷ <sup>c</sup>  |
|           | متوسط  | ۳۰    | ۸/۲۵ <sup>a</sup>  |
|           | کوچک   | ۳۰    | ۸/۶۴ <sup>b</sup>  |
| بدون پوشش | بزرگ   | ۳۰    | ۱۲/۴۶ <sup>e</sup> |
|           | متوسط  | ۳۰    | ۱۲/۱۳ <sup>e</sup> |
|           | کوچک   | ۳۰    | ۱۰/۲۶ <sup>d</sup> |

\* اعداد حروف مشابه در هر ستون دارای عدم اختلاف معنا دار می‌باشد.

14- Mohsenin, N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach publishers, 54-75.

15- Razavi, S. M. A., M. Mazaherinasab, F. Nickfar, and H.Sanaeefard. 2007. Physical properties and image analysis of wild pistachio nut (Baneh). *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 62-70.

16- Razavi, S. M. A. and E. Milani. 2006. Some physical properties of the watermelon seeds. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 1 (3), pp. 065-069, October, 2006.

17- Singh, K.K. and T.K. Goswami. 1996. Physical properties of cumin seed. *Journal of food engineering* 64(1996): 93-98.

18- Tabatabaeefar, A. 2003. Moisture-dependent physical properties of wheat. *International Agrophysics*, 17,2, 207-211.

19- Taghi Gharibzahedi, S. M., S. M. Mousavi and M. Ghahderijani. 2011. A survey on moisture-dependent physical properties of castor seed (*Ricinus communis* L.). *AJCS*. 5(1):17.

20- Yalcin J. and C. Ozarslam. 2004. Physical properties of vetch seed. *Biosystem Engineering* 88(4): 507-512.

## ۶- منابع

۱- بهنیا، م. ۱۳۷۰. زراعت زعفران. انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۸۰-۶۸.

۲- بهنیا، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات روش کاشت و تراکم پیاز بر میزان عملکرد زعفران در منطقه دماوند. *مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*. شماره ۷۹. صفحات ۱۰۸-۱۰۱.

۳- رضوی، س.م.ع، توکلی، ج.، حاجی محمدی فریمانی، ر. ۱۳۸۵. بررسی خواص فیزیکی چهار رقم اصلاح شده گندم ایرانی. دومین همایش و نمایشگاه بزرگ صنایع غذایی، اصفهان.

۴- رضوی، س.م.ع، اکبری، ر. ۱۳۸۵. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- رضوی، س.م.ع، زاهدی، ی.، مهدویان مهر، ه. ۱۳۸۸. بررسی برخی خصوصیات مهندسی دانه بارهنگ. *نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران*، جلد ۵، شماره ۲، صفحات ۹۶-۸۸.

۶- عزیزی زهان، ع.ا، کامگار حقیقی، ع.ا.، سپاسخواه، ع.ر. ۱۳۸۵. اثر روش و دور آبیاری بر تولید پدازه و گل دهی زعفران. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال دهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵.

7- Aghajani, N., E. Ansaripour and M. Kashaninejad. 2012. Effect of Moisture Content on Physical Properties of Barley Seeds. *J. Agr. Sci. Tech.* Vol. 14: 161-172.

8- Ahmadi, H. 2009. Some Physical and Mechanical Properties of Fennel Seed (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Agricultural Science Research* Vol. 1, NO. 1, June, 2007.

9- ASAE. 1988. Moisture measurement-unground grain and seed. *ASAE Standard S352.2*. pp: 551.

10- Aydin, C. 2002. Physical properties of hazel nuts. *Biosystems Engineering*, 82,297-303.

11- Kibar, H., T. Öztürk and B. Esen. 2010. The effect of moisture content on physical and mechanical properties of rice (*Oryza sativa* L.), *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(3), 741-749

12- Masoumi A. and L. Tabil. 2003. Physical properties of chick pea (*C. arietinum*) cultivars. *ASAE meeting presentation*, paper Number: 036058.

13- Milani, E., S. M. A. Razavi, A. Koocheki, V. Nikzadeh, N. Vahedi, M. MoeinFard, and A. GholamhosseinPour. 2007. Moisture dependent physical properties of cucurbit seeds. *Int. Agrophysics*, 21, 157-168.