



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



بررسی خواص آئرودینامیکی مخلوط مغز بادام (مامایی) و پوست چوبی به منظور

پیش بینی پالایش مغز بادام از مخلوط

محمد جواد اعرابی^۱، مهرداد سلیمی بنی^۲، رحیم ابراهیمی^۳، وحید روحی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی

۲- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی

۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

۴- عضو هیات علمی گروه مهندسی باغبانی دانشگاه شهرکرد

پست الکترونیک مکاتبه کننده: (aarabij@yahoo.com)

چکیده

خواص آئرودینامیکی یکی از مهم‌ترین پارامترها در طراحی ماشین‌های جداساز پنوماتیک است. بدین جهت از بادام رقم مامایی تولیدشده در استان چهارمحال و بختیاری استفاده گردید. سرعت حد نمونه‌ها با استفاده از روش شناورسازی محاسبه شد. با تحلیل سرعت حد نمونه‌ها، مشخص شد با افزایش طول، سرعت حد مغز بادام افزایش می‌یابد. اما سرعت حد پوست‌ها عدم تابعیت آن را از طول و عرض نشان داد. در بررسی تاثیر ضخامت مشخص شد اثر گذاری ضخامت بر سرعت حد بیش از دو بعد دیگر است. به نحوی که با افزایش ضخامت، سرعت حد پوست‌ها و مغز بادام افزایش می‌یابد. هم‌چنین نتایج بیانگر رابطه مستقیم سرعت حد مغز بادام، با افزایش جرم و (نسبت جرم به سطح تصویر) نمونه‌هاست. با بررسی تغییرات ضریب درگ در برابر عدد رینولدز مشخص شد، افزایش عدد رینولدز باعث کاهش ضریب درگ مغز بادام‌ها خواهد شد. نتایج نشان داد دامنه تغییرات سرعت حد پوست‌ها با مغز بادام خروجی از بادام‌شکن دارای هم‌پوشانی است پس جداسازی کامل پوست‌ها از مغز بادام به روش پنوماتیک، غیر ممکن است. هم‌چنین افزایش طول پوست‌ها، باعث ازدیاد نیروی اعمالی بر آن‌ها می‌شود. با بررسی نیروی اعمالی بر نمونه‌ها پیش‌بینی می‌شود با استفاده از جریان هوای سرعت ۷/۵ (متر بر ثانیه)، نزدیک به ۷۰٪ پوست‌ها از مغز بادام جدا گردد.

واژه‌های کلیدی: "بادام"، "خواص آئرودینامیک"، "سرعت حد"

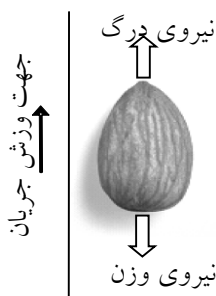


مقدمه

بادام یکی از قدیمی‌ترین درختانی است که در نقاط سردسیری و نیمه سردسیری ایران پراکنده است. ارقام اهلی بادام از توده‌های وحشی *Prunus dulcis* در آسیای مرکزی منشأ گرفته‌اند (aydin, 2003). محصول بادام علاوه بر دارا بودن ارزش غذایی بالا یکی از اقلام مهم صادراتی کشور می‌باشد. بادام تولیدی جهت فروش در بازارهای داخلی و خارجی احتیاج به طی مراحل فراوری دارد. عملیات فراوری این محصول عمدتاً شامل سه مرحله شکست بادام، جداسازی مغز و بسته‌بندی آن است (ابراهیمی و اعرابی، ۱۳۹۰). از آنجایی که به دست آوردن مغز از بادام شکسته شده مرحله بسیار مهمی در فرآوری این محصول می‌باشد، لزوم تحقیق درباره روش‌های جداسازی آن امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. در حالت کلی جداسازی محصولات کشاورزی بر اساس تفاوت در اندازه، دانسیته و سرعت حد اجزا صورت می‌پذیرد (Adewumi et al, 2006). انتخاب یکی از این روش‌ها بستگی به خواص فیزیکی اجزای مخلوط دارد. انتخاب جداسازهای پنوماتیک بر اساس تفاوت در خواص آئرودینامیک اجزای مخلوط مورد نظر است (Thompson et al, 1996). بدین منظور و جهت بررسی امکان جداسازی پوست از مغز بادام به روش پنوماتیک، بررسی خواص آئرودینامیک اجزای مخلوط خروجی از بادام‌شکن در دستور کار این تحقیق قرار گرفت.

۱- مواد و روش‌ها

در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ مقدار ۱۰ کیلوگرم بادام (رقم مامایی) از باغات استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان سامان تهیه گردید. پس از جداسازی پوست سبز، بادام‌ها به مدت ۷ روز در مقابل نور خورشید قرار داده شدند تا به رطوبت بازار پسند برسند. سپس بادام‌ها به وسیله دستگاه بادام‌شکن شکسته شد.



(ب)



(الف)



شکل (۱): مخلوط خروجی از دستگاه بادام‌شکن

شکل (۲) الف: نمونه‌ای از لحظه تعلیق پوست بادام در تونل باد

ب: نیروهای اعمالی بر مغز بادام در تونل باد

جهت بررسی اجزای مخلوط (شکل ۱)، مغز بادام‌های موجود به وسیله دست از پوست‌ها جداسازی شد. رطوبت نمونه‌ها به کمک آن (نگهداری به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) بر پایه خشک اندازه‌گیری گردید (Koyuncu et al, 2003). رطوبت پوست‌ها ۷/۶٪، بر پایه خشک و رطوبت مغز بادام ۲/۸٪، بر پایه خشک به دست آمد. با توجه به لزوم



بررسی دقیق اجزای مخلوط گروه‌بندی پوست‌ها براساس طول (بعد بزرگ) اجرا شد (Smith et al, 1985). پوست‌های چوبی جداسازی شده از مخلوط بر اساس اندازه طول به سه گروه (۱) کوچک، متوسط (۲) و بزرگ (۳) تقسیم شدند. پوست‌های کوچک با طول ۰ تا ۲۰ میلی‌متر، پوست‌های متوسط با طول ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر و پوست‌های بزرگ دارای طول بیش از ۳۰ میلی‌متر می‌باشند. پوست‌های کوچک ۱۳٪، پوست‌های متوسط ۳۱٪ و پوست‌های بزرگ ۲۴٪ جرم مخلوط را شامل می‌شدند. در ضمن مغز بادام (چهارمین گروه) ۳۲٪ از جرم مخلوط را در بر می‌گرفت. از هر گروه ۱۵ نمونه انتخاب و شماره‌گذاری آنها انجام شد. نمونه‌های شماره‌گذاری شده توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم توزین شده و جرم (m) آنها ثبت گردید. ابعاد نمونه‌ها شامل طول (L)، عرض (w) و ضخامت (t) توسط کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه قطر معادل از رابطه (۱) استفاده شده است (Smith et al, 1985).

$$d_p = \sqrt{tw} \quad (1)$$

۱-۲- خواص آئرودینامیک

۱-۱-۲- سرعت حد

سرعتی از جریان هوا که باعث به تعلیق رسیدن جسم می‌شود را سرعت حد گویند (رضوی و اکبری، ۱۳۸۵). در این آزمایش سرعت حد نمونه‌ها با استفاده از روش شناورسازی تعیین گردید. بدین منظور از تونل باد ساخته شده در آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی دانشگاه شهرکرد استفاده شد. نمونه‌های شماره‌گذاری شده جهت انجام آزمایش بر روی شبکه توری قرار داده می‌شد. سرعت هوا تا لحظه معلق شدن نمونه در تونل تغییر داده شده و با مشاهده به تعلیق رسیدن نمونه (شکل ۲- الف)، سرعت هوا به کمک لوله پیتو و مانومتر تفاضلی محاسبه می‌گردد (Smith et al, 1985). برای هر نمونه آزمایش شناورسازی در ۵ تکرار انجام و میانگین ۵ تکرار به عنوان سرعت حد (سرعت تعلیق) گزارش می‌شود.

۱-۲-۲- نیروی درگ (بادبردگی)

نیروی درگ (بادبردگی) نیرویی است که از طرف جریان هوای متحرک بر اجسام وارد می‌شود. اهمیت این نیرو در عملیات جداسازی و انتقال پنوماتیکی از آن جهت است که افزایش یا کاهش آن باعث تغییر مسیر حرکت اجسام در عملیات جداسازی یا انتقال خواهد شد (Gorial et al, 1993). در عملیات جداسازی در یک تونل باد عمودی، در صورتی که میزان این نیرو از نیروی وزن بیشتر باشد (شکل ۲- ب)، جسم حرکت شتاب‌دار به سمت بالا خواهد داشت و در صورتی که نیروی جاذبه بیشتر باشد، جسم حرکت شتاب‌دار به سمت پایین پیدا می‌کند (Uhlbirkett et al, 1961). حالتی که در آن میزان نیروی درگ با نیروی جاذبه زمین برابر می‌شود را حالت تعلیق گویند مقدار نیروی درگ از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Gorial et al, 1993).

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \cdot A \cdot \rho_a \cdot V_a^2 \quad (2)$$



در این رابطه F_d نیروی درگ (نیوتن)، C_d ضریب درگ (بدون بعد)، ρ_a دانسیته هوا (کیلوگرم بر متر مکعب)، A سطح تصویر شده (متر مربع) و V_a سرعت هوا (متر بر ثانیه) می‌باشد. در این رابطه ρ_a دانسیته هوا در دمای هوای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار ۶۱۰ میلیمتر جیوه برابر با ۰/۹۳۱ (کیلوگرم بر متر مکعب) محاسبه شد. برای محاسبه نیروی دراگ باید مقدار A (سطح تصویر شده) مشخص باشد. محاسبه سطح تصویر با استفاده از کاغذ میلی‌متری انجام شد (Thompson et al, 1996) محاسبه ضریب دراگ C_d با جایگذاری مقادیر سرعت حد اندازه‌گیری شده در رابطه (۲) انجام گرفت. در این حالت با مساوی قرار دادن نیروی جاذبه و نیروی درگ خواهیم داشت:

$$C_d = \frac{2mg}{AV_t^2 \rho_a} \quad (3)$$

C_d ضریب درگ (بدون بعد)، m جرم دانه (گرم)، g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه) و V_t مقادیر آزمایشگاهی به دست آمده برای سرعت حد (متر بر ثانیه) می‌باشد.

۲-۱-۳- نیروی خالص وارد بر ذرات در شرایط سقوط آزاد

برای بررسی احتمال جداسازی نمونه‌ها باید نیروی خالص وارد بر آنها را در شرایط سقوط محاسبه کرد. در این شرایط بر نمونه‌ها دو نیروی درگ (به سمت بالا) و نیروی وزن (به سمت پایین) وارد خواهند شد (شکل ۲-ب). برآیند این دو نیرو، تعیین کننده جهت حرکت نمونه‌ها خواهد بود. میزان این نیروی خالص از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. که در این رابطه F_d نیروی درگ (نیوتن)، $W=mg$ نیروی وزن (نیوتن) و N نیروی خالص وارد بر نمونه (نیوتن) خواهد بود. بدین ترتیب با توجه به داده‌های به دست آمده برای سرعت حد، سرعت مناسب جداسازی انتخاب خواهد شد و نیروی درگ اعمالی بر نمونه‌ها در آن سرعت جریان هوا محاسبه می‌شود. با توجه به دانستن جرم هر نمونه، نیروی خالص وارد بر آنها به دست خواهد آمد. و با توجه به داده‌های محاسبه شده، احتمال انجام جداسازی بررسی خواهد شد.

$$N = F_d - W \quad (4)$$

۲-۱-۴- عدد رینولدز

به منظور بررسی شرایط حاکم بر شناورسازی نمونه‌ها، بررسی عدد رینولدز (Re) ضروری است. عدد رینولدز را می‌توان از رابطه (۵) محاسبه کرد (Smith et al, 1985)

$$Re = \frac{V_t d_p}{\nu} \quad (5)$$

در این رابطه V_t سرعت حد (متر بر ثانیه)، d_p قطر معادل (متر) و ν لزجت سینماتیکی سیال (متر مربع بر ثانیه) می‌باشند. در محاسبه عدد رینولدز از مقدار لزجت سینماتیکی هوا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، برابر با 1.61×10^{-5} (متر مربع بر ثانیه) استفاده شده است. برای محاسبه قطر معادل از رابطه (۱) کمک خواهیم گرفت. هم چنین برای بررسی بهتر تغییرات ضریب



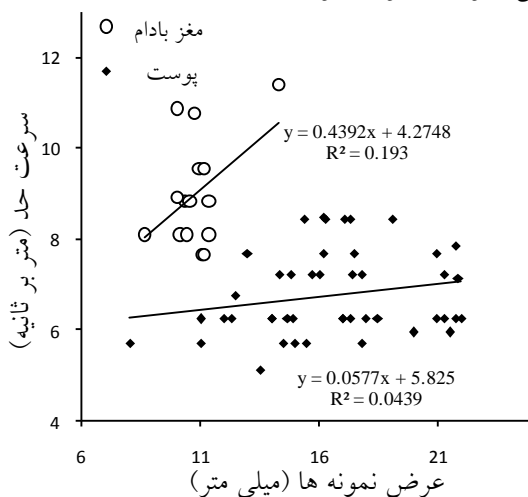
دراگ نمونه‌ها، تغییرات ضریب دراگ یک کره با قطر dp نیز بررسی خواهد شد. ضریب دراگ برای کره در شرایط 1000 ($20000 < Re <$ از رابطه (۶) محاسبه می‌شود (mohsenin,1996)

$$C_d = \frac{24}{Re} [1 + 0.15(Re)^{0.687}] \quad (6)$$

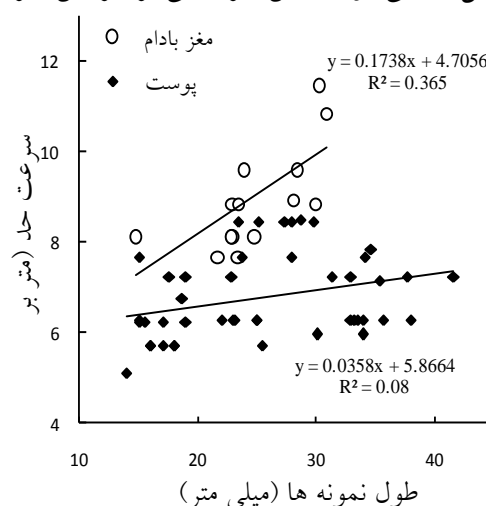
۳- نتایج و بحث:

۳-۱- تاثیر خواص فیزیکی بر سرعت حد

شکل (۳) تغییرات سرعت حد در مقابل تغییر طول و شکل (۴) تغییرات سرعت حد در مقابل تغییر عرض نمونه‌ها را بیان می‌کند. نمودار نشان‌دهنده میزان اندک تاثیرپذیری سرعت حد مغز بادام و پوست‌ها از تغییرات طول و عرض نمونه‌هاست. هر چند اثرگذاری طول نمونه‌ها بر سرعت حد، بیش از تاثیر عرض بر سرعت حد می‌باشد. شکل (۵) تغییرات سرعت حد در مقابل تغییر ضخامت نمونه‌ها را بیان می‌کند. نمودار به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت نمونه‌ها، سرعت حد افزایش خواهد یافت. نتایج بیان‌گر این است که اثرگذاری ضخامت بر سرعت حد نمونه‌ها، بیش از تاثیر طول و عرض می‌باشد. این نکته در هر دو مورد پوست و مغز صادق است. دلیل وقوع چنین اتفاقی، وجود انتهای گرد یا نوک تیز نمونه‌هاست، که میزان ضخامت آنها را بیش از پیش افزایش می‌دهد. وجود انتهای گرد یا نوک تیز باعث تاخیر در رسیدن نمونه‌ها به شرایط تعلیق، در تونل باد می‌شود. همین امر دلیلی بر افزایش سرعت حد این نمونه‌ها خواهد بود.



شکل (۴): تاثیر تغییرات عرض بر سرعت حد

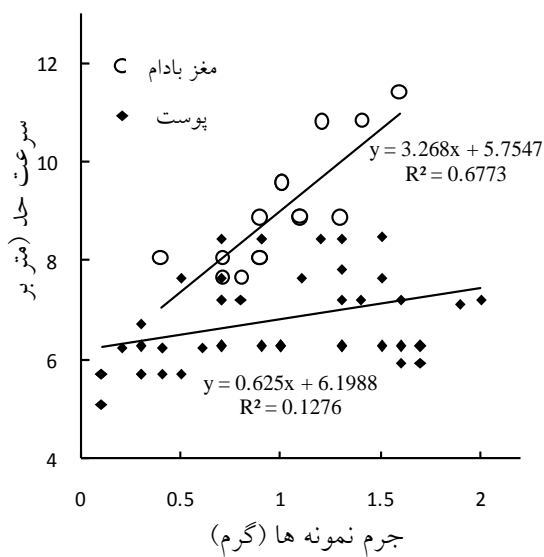


شکل (۳): تاثیر تغییرات طول بر سرعت حد

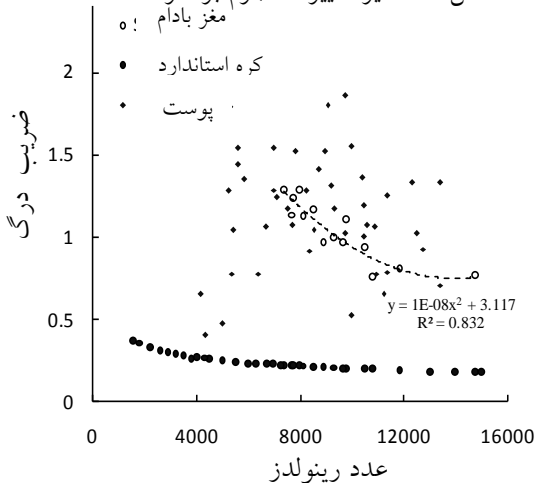
شکل (۶) نشان‌دهنده اثرگذاری جرم بر تغییرات سرعت حد می‌باشد، با توجه به شکل برای مغز بادام می‌توان بیان کرد، با افزایش جرم نمونه‌ها سرعت حد آنها نیز افزایش یافته است به طوری که بیشترین سرعت حد مشاهده شده، به مغز بادامی با بیشترین جرم تعلق دارد. اما تغییرات سرعت حد برای پوست‌ها تبعیت چندانی از تغییرات جرم ندارد.



رابطه تغییرات سرعت حد در اثر تغییر (نسبت جرم به سطح تصویر شده) در شکل (۷) تبیین شده است. نمودار به دست آمده بیانگر این نکته است که برای مغز بادام با افزایش (نسبت جرم به سطح تصویر شده) سرعت حد افزایش خواهد یافت و این افزایش تاثیر پذیری مناسبی از نسبت جرم به سطح تصویر شده دارد. اما برای پوست‌ها تغییرات سرعت حد تبعیت چندانی از (نسبت جرم به سطح تصویر شده) ندارد. این نتیجه را می‌توان نشأت گرفته از اشکال نامنظم پوست‌های خروجی از دستگاه بادام شکن دانست.

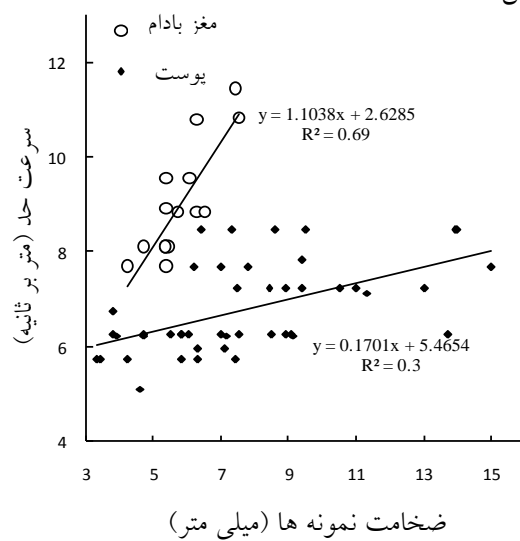


شکل (۶): تاثیر تغییرات جرم بر سرعت حد

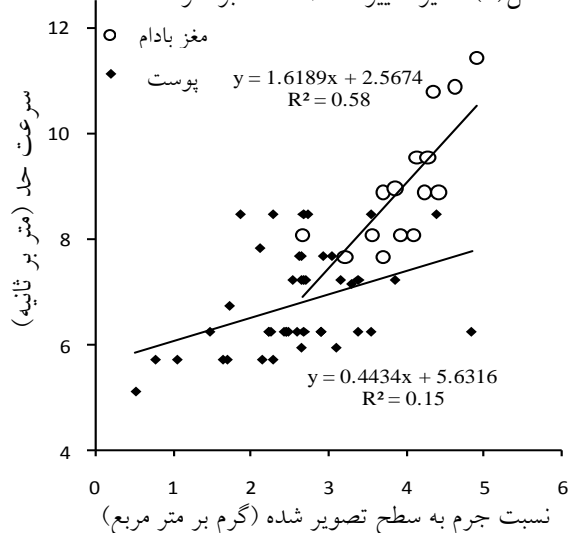


شکل (۸): تغییرات ضریب درگ در برابر عدد رینولدز

برای مغز بادام، پوست و کره استاندارد با قطر (dp)



شکل (۵): تاثیر تغییرات ضخامت بر سرعت حد



شکل (۷): تاثیر نسبت جرم به سطح تصویر بر سرعت حد

۲-۳- عدد رینولدز



اعداد رینولدز محاسبه شده بیانگر این است که شرایط حاکم بر آزمایش، شرایط متلاطم است. نمودار به دست آمده برای مغز بادام نشان می‌دهد با افزایش عدد رینولدز ضریب درگ کاهش میابد. کاهش ضریب درگ مغز بادام‌ها با افزایش عدد رینولدز از ضریب تبیین ۸۳٪ برخوردار است (شکل ۸). اما تغییرات ضریب درگ پوست‌ها (هر سه گروه) نسبت به افزایش عدد رینولدز منظم نیست. تغییرات ضریب درگ برای کره استاندارد نیز در شکل (۸) آورده شده است. این نتایج برای کره استاندارد نشان می‌دهد که با افزایش عدد رینولدز از ۲۰۰۰، ضریب درگ از حدود ۰/۵ شروع به کاهش می‌کند. هر چند ضرایب به دست آمده برای مغز بادام تفاوت بسیاری با کره استاندارد دارد اما از لحاظ نحوه تغییر ضریب درگ، می‌توان رفتار نمودار به دست آمده برای مغز بادام را تا حدودی شبیه به رفتار کره استاندارد دانست.

۳-۳- دامنه تغییرات سرعت حد

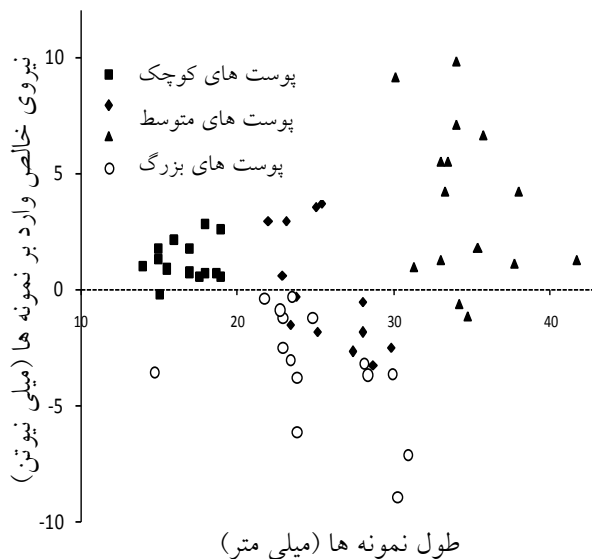
دامنه تغییرات سرعت حد به دست آمده در شکل (۹) آورده شده است. داده‌های شکل نشان می‌دهد سرعت حد پوست‌های گروه (۲) و (۳) با سرعت حد مربوط به مغز بادام هم‌پوشانی دارند. هم‌چنین سرعت حد پوست‌های گروه (۱) نیز به سرعت حد مغزهای بادام نزدیک هستند. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان گفت: جداسازی کامل مغز بادام از تکه‌های پوست با استفاده از جریان هوا ناممکن است. هرچند با توجه به داده‌های شکل (۹) با انتخاب سرعت هوای ۷/۵ (متر بر ثانیه) می‌توان به جداسازی قسمتی از پوست‌ها بدون از دست دادن مغز امیدوار بود. گرچه به دلیل حرکات آزادانه نمونه‌ها، در شرایط واقعی احتمال بطلان پیش‌بینی‌های تئوری وجود دارد.

۳-۴- نیروی خالص وارد بر نمونه‌ها

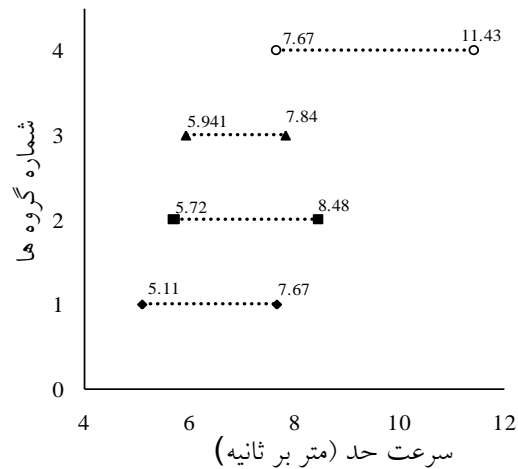
با توجه به داده‌های به دست آمده در شکل شماره (۹)، از لحاظ تئوری، سرعت هوای مناسب جداسازی ۷/۵ (متر بر ثانیه) انتخاب می‌گردد. با توجه به ضرایب درگ به دست آمده برای هر نمونه، نیروی درگ اعمالی بر آنها تحت سرعت هوای ۷/۵ (متر بر ثانیه) محاسبه شده است. با محاسبه نیروی وزن برای هر کدام از نمونه‌ها نیروی خالص اعمالی بر هر کدام مشخص می‌گردد (شکل ۱۰). این نیروی خالص برآیند نیروی وزن و نیروی درگ است. بر اساس پیش‌بینی تئوری، در یک جداساز پنوماتیک عمودی (جداسازی که در آن جریان هوا از پایین به بالا جریان داشته باشد)، نمونه‌هایی که در آنها برآیند نیرو منفی است، حرکت رو به پایین خواهند داشت و نمونه‌هایی که نیروی اعمالی آنها مثبت باشد، به سمت بالا حرکت خواهند کرد [۳] و این اساس جداسازی دو گروه از هم خواهد بود. با توجه به این که هدف از انتخاب سرعت ۷/۵ (متر بر ثانیه)، جلوگیری از اتلاف مغز بادام‌هاست، باید نیروی اعمالی بر تمام نمونه‌های مغز بادام، منفی باشد. با توجه به شکل (۱۰) مشخص است که نیروهای وارد بر مغز بادام‌ها در بازه منفی نمودار قرار دارد. که این نتیجه، انتخاب سرعت ۷/۵ (متر بر ثانیه) را تایید می‌کند. شکل (۱۰) نشان دهنده نیروی خالص وارد بر پوست‌ها نیز می‌باشد. این شکل بیانگر این است که نیروی وارد بر ۹۳٪ پوست‌های کوچک در این سرعت مثبت خواهد بود. با توجه به نتیجه حاصله، از لحاظ تئوری پیش‌بینی می‌شود که در صورت استفاده از جداساز پنوماتیک تنها ۷٪ نمونه‌های این گروه، از مغزها جدا نشوند، که این میزان یک رقم قابل قبول برای جداسازی



خواهد بود. برای گروه (۲) قضیه متفاوت از این است. به طوری که نمودار نشان می‌دهد نیروی وارد بر ۴۳٪ نمونه‌های این گروه مثبت است. این یعنی، پیش‌بینی می‌شود در صورت استفاده از جداساز پنوماتیک ۵۷٪ پوست‌های این گروه از مغزها جدا نشوند و درحقیقت بیش از نیمی از پوست‌های این گروه بدون جداشدن از مغزها، در مخلوط رها گردند. در مورد ۸۶٪ نمونه‌های گروه (۳)، نیروی خالص مثبت خواهد بود و به زبان دیگر پیش‌بینی می‌شود در صورت استفاده از جداساز پنوماتیک تنها ۱۴٪ نمونه‌های این گروه از مغزها جداسازی نشوند. حصول رقم جداسازی ۸۶٪ نمونه‌های این گروه، یک رقم ایده‌آل برای جداسازی است. با توجه به این نتایج پیش‌بینی می‌گردد در صورت استفاده از جداساز پنوماتیک، برای جداسازی گروه پوست‌های کوچک و بزرگ مشکلی وجود نداشته باشد، اما جداسازی پوست‌های متوسط با مشکل مواجه خواهد بود. در حالت کلی و با توجه به نمودار به دست آمده پیش‌بینی می‌شود جداساز پنوماتیک عمودی در سرعت ۷/۵ (متر بر ثانیه) قابلیت جداسازی ۷۵/۵٪ پوست‌ها را از مغزها داشته باشد. هر چند این نتیجه گیری بر اساس آزمایشات محدود و اصول تئوری انجام گرفته است.



شکل (۱۰): نیروی خالص اعمالی بر نمونه‌ها در سرعت هوای ۷/۵ (متر بر ثانیه)



شکل (۹): دامنه تغییر سرعت حد برای گروه‌بندی انجام شده

نتیجه گیری

نتایج پژوهش نشان می‌دهد، دامنه تغییرات سرعت حد اجزای مخلوط خروجی از بادام‌شکن دارای هم‌پوشانی است. با توجه به داده‌های به دست آمده جداسازی کامل پوست‌ها از مغز بادام به روش پنوماتیک، غیر ممکن است. با تحلیل سرعت حد نمونه‌ها، مشخص شد با افزایش طول، سرعت حد مغز بادام افزایش می‌یابد. اما سرعت حد پوست‌ها عدم تابعیت آن را از طول و عرض نشان داد. در بررسی تاثیر ضخامت مشخص شد اثر گذاری ضخامت بر سرعت حد بیش از دو بعد دیگر است. به نحوی که با افزایش ضخامت، سرعت حد



پوست‌ها و مغز بادام افزایش می‌یابد. تاثیرات جرم و (نسبت جرم به سطح تصویر شده) بر سرعت حد بادام تبیین شد. نتایج بیانگر رابطه مستقیم سرعت حد مغز بادام، با افزایش جرم و (نسبت جرم به سطح تصویر شده) نمونه‌هاست. با بررسی تغییرات ضریب درگ در برابر عدد رینولدز مشخص شد، افزایش عدد رینولدز باعث کاهش ضریب درگ مغز بادام‌ها خواهد شد. هم‌چنین افزایش طول پوست‌ها، باعث ازدیاد نیروی اعمالی بر آنها می‌شود. بررسی نیروی اعمالی بر نمونه‌ها مشخص کرد، با استفاده از جریان هوای سرعت $7/5$ (متر بر ثانیه)، می‌توان نزدیک به 70% پوست‌ها را از مغز بادام جدا کرد.

منابع:

- ۱- ابراهیمی ر. اعرابی م ج. ۱۳۹۰. مطالعه‌ای بر جداسازی مغز بادام از پوست چوبی آن با دو روش جریان هوای افقی و عمودی. دومین همایش ملی بادام با محوریت صادرات. ۱۷ و ۱۸ مهرماه ۱۳۹۰. شهرکرد. صفحات ۸۹ تا ۹۳.
- ۲- رضوی م.ع. اکبری ر. ۱۳۸۵. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. کتاب انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 3- Adewumi B. Ademosun O. Ogunlowo A. 2006. Preliminary Investigation on the Distribution and Spread Pattern of Cowpea in a Cross Flow Grain Separator. Agricultural Engineering International the Cigr Ejournal. Manuscript, 8.
- 4- Aydin.C. 2003. Physical properties of almond nut and kernel". Journal of foodengineering. 60:315-320.
- 5- Gorial B.Y. O'Callaghan J.R. 1993 Separation of grain from straw in a vertical air stream. Journal Agricultural Engineering Research, 48:111-122.
- 6- Koyuncu .M.A, Ekinci.K, Savran.E. 2003. Cracking characteristics of walnut. Biosystems Engineering. 87:305-311.
- 7- Mohsenin N. 1996. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York, Gordon & Breach Science Publ.
- 8- Smith R.D, Stroshine R.L 1985. Aerodynamic Separation of Cobs from Corn Harvest Residues. American society of Agricultural Engineers. 28(3):893-902.
- 9- Thompson J.F. Rumsey T.R. Connell J.H. 1996. Almond production manual. University of California. Division of Agriculture and Natural Resource.
- 10- Uhlbirkett J. 1961 pneumatic separation of materials encountered in small grain and soybean harvesting. a thesis for degree master of science the ohio state university.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Aerodynamic properties of almond (Mami cultivar) cracked shell mixtures for its separation

Abstract

The most important process after almond cracking is the separating almond kernels from its cracked shells. The separation possibility of almond cracked shell from kernel predicted by using its aerodynamic and physical properties. Therefore terminal velocities and drag coefficient of almond kernels and cracked shell particles were measured experimentally by means of the air velocities required to suspend the particles in an air stream. The cracked shell particles was examined grouping by the particles lengths. Study results showed by increasing length, width, thickness and mass ,terminal velocity increased for both almond kernels and cracked shells particles. Effect of thickness on terminal velocity highest than length and width.

By increasing Reynolds number of the kernel, drag coefficient decreased.

By data obtained from this research, predicting: complete pneumatic separation of mixture pieces is impossible.

Because terminal velocities of some almond shell particles overlapped with those of the kernels. Of course with choice suitable air velocity (for example 7.5 m.s^{-1}) approximately 70% shell particles separate from initial mixture.

Key words: Almond, Aerodynamic property, Terminal velocity