بررسی پوست کنی پسته با پوست کن صفحه ای گریز از مرکز

مهدی رکابی[۱]، محسن شمسی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی
دانشگاه شهید باهنر کرمان
rokabi_57@yahoo.com

چکیده

در این مقاله پوست کنی پسته با روش گریز از مرکز بررسی شده است. براین اساس نمونه ای آزمایشی از پوست کن صفحه ای گریز از مرکز با قطر صفحه ۴۰۰ میلی متر ساخته و آزمایش گردید. پوست کن صفحه ای گریز از مرکز از صفحه ای مدور و ساینده تشکیل شده که با چرخش خود و استفاده از نیروی گریز از مرکز پسته ها را که در مرکز آن ریخته می شوند به سمت محیط خود هدایت و به کمک تیغه پوست کنی پوست گیری می کند. پسته های پوست شده در امتداد تیغه پوست کنی از صفحه دوار خارج و پوست های جدا شده از زیر تیغه عبور کرده و در اثر نیروی گریز از مرکز از صفحه دوار جدا می شوند. به منظور تعیین اثر دو عامل سرعت صفحه دوار و موقعیت تیغه پوست کنی که در کارکرد پوست کن موثر می باشند، طرح آزمایشی کرت های دو بار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. نتایج حاصل نشان می دهد گر چه بین دو سرعت ۵۵/۸ و ۷۴/۴ دور در دقیقه که بعنوان حدود بالا و پایین سرعت انتخاب شدند، در پوست گیری اختلاف معنی داری وجود نداشته و هر دو سرعت قادر به پوست گیری پسته می باشند اما سرعت ۷۴/۴ دور در دقیقه بدلیل کیفیت جداسازی پوست های کنده شده و ظرفیت کاری بالاتر ماشین عملکرد بهتری را از خود نشان می دهد. موقعیت تیغه پوست کنی در میزان پوست گیری و شکستگی موثر بوده و هر چه به مرکز صفحه دوار نزدیک تر باشد درصد پوست کنی و شکستگی پسته افزایش می یابد. این ماشین آزمایشی در حالیکه تیغه پوست کنی به مرکز صفحه دوار نزدیک بوده قادر به پوست گیری پسته با میانگین راندمان ۷۴/۵٪ می باشد. کاهش میزان شکستگی، عدم از دست رفتن پسته های ریز و قدرت تفکیک بالای پسته های پوست شده از پوست ها از مزایای این ماشین است.

واژه‌های کلیدی: پسته، پوست گیری، پوست کن صفحه ای، گریز از مرکز

مقدمه

امروزه با توجه به جهانی شدن اقتصاد و رقابت بسیار شدیدی که در عرضه محصولات کشاورزی وجود دارد، ارائه محصولات با کیفیت مطلوب در دستیابی به معیارها و استانداردهای جهانی نقش بسزایی داشته و به افزایش سهم کشورها از بازارهای مصرف دنیا کمک خواهد نمود. در این میان با توجه به جایگاه و سهم پسته در صادرات کشور که مطابق آخرین آمار منتشر شده سازمان خواروبار ملل متحد در سال ۲۰۰۷، بیشترین میزان صادرات به میزان ۱۳۵ هزار تن و به ارزش تقریبی ۵۱۷ میلیون دلار متعلق به ایران بوده است(FAO,2007)، اهتمام به ارائه روش های جدید در فرآوری این محصول و بهینه سازی روش ها و دستگاههای موجود امری است که در دستیابی به معیارهای جهانی موثر بوده و سهم موجود کشور در بازارهای جهانی را حفظ خواهد نمود.

از مراحل اولیه فرآوری پسته پس از برداشت ، جدا ساختن پوست نرم آن است. تحقیق در طراحی و ساخت ماشین های پسته پوست کن از حدود ۵۰ سال پیش در استان کرمان آغاز شده و در حال حاضر پوست کن های پیچی موسوم به" چرخ پسته پوست کنی " تنها ماشین هایی هستند که در سطح تجاری ساخته شده و به فروش میرسند (شمسی، ۱۳۸۰). گر چه از قوانین مکانیکی و خواص فیزیکی و مکانیکی پسته بطور ماهرانه ای در طراحی پوست کنهای پیچی استفاده شده اما هنوز جای بهینه سازی و ارائه روش های نو وجود داشته و به نظر می رسد که روشهای مناسب تری از نظر حفظ کیفیت و کمیت پسته در پوست گیری وجود دارد که استفاده از نیروی گریز از مرکز یکی از این روش هاست. بر این اساس این مقاله به طراحی ، ساخت و آزمایش پوست کنی تحت عنوان "پوست کن صفحه ای گریز از مرکز" پرداخته است.

ماشین های پوست گیری از میوه ها و سبزیجات

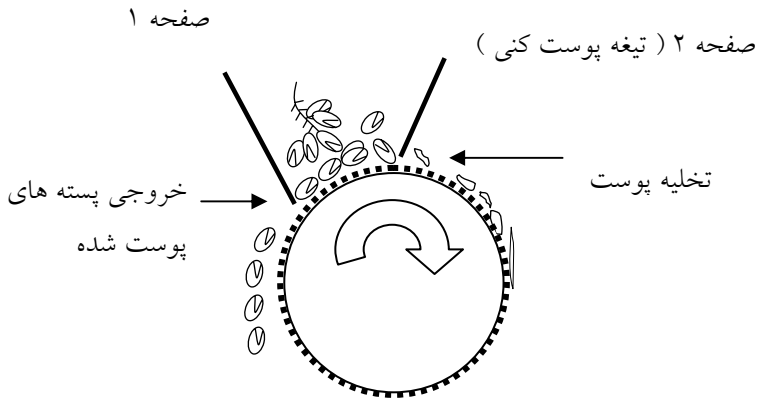
پوست گیری از میوه ها و سبزیجات به روش های مکانیکی، شیمیایی و حرارتی (بخار دادن و سردکردن) انجام می شود(Luh, 1998, Toker, 2003). خسارت کمتر به گوشت محصول، حفظ تازگی، آلودگی زیست محیطی کمتر و امکان استفاده از پوست های جدا شده، از مزایای پوست گیری مکانیکی است. استفاده از ساینده های دستی انعطاف پذیری بیشتری را در پوست گیری سطوح ناصاف داشته و کمترین میزان پوست را روی محصول به جای می گذارد (Somsen, 2004). استفاده از وسایل ساینده در پوست گیری انعطاف پذیری بیشتری در مقایسه با سایر ابزارهای مکانیکی نظیر استفاده از چاقو و تیغه های پوست گیری را داشته بطوریکه پوست کن های ساینده بطور وسیع در فرایند پوست گیری محصولاتی نظیر سیب زمینی، هویج و سیب استفاده می شوند(Radhakrishnaiah, 1993; Singh, 1995).

علاوه بر ابزارهای مکانیکی از نیروی باد نیز در پوست گیری محصولات استفاده شده است. برای پوست گیری از پیاز، ماشینی طراحی و آزمایش شده که در آن پوست سطحی پیاز به کمک ٤ تیغه خاص شکافته شده و سپس از فشار هوای فشرده برای جداسازی پوست از پیاز استفاده می شود. هوای پر فشار در شکاف های ایجاد شده توسط تیغه ها، نفوذ کرده و پوست سطحی را از بدنه پیاز جدا می کند. عملکرد این ماشین ۸۹ ٪ و با ظرفیت کاری ۷۵۰ کیلوگرم بر ساعت می باشد (Srivastava, 1997).

روش ها و ماشین های پوست کنی از پسته

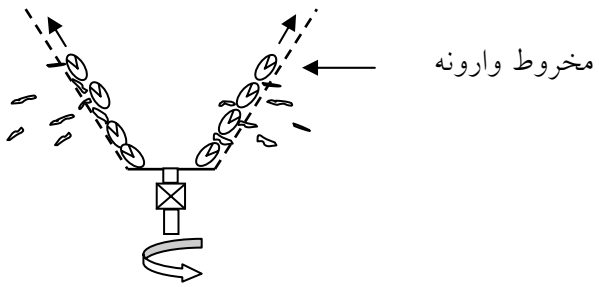
از مراحل اولیه فرآوری پسته پس از برداشت، جدا ساختن پوست نرم آن است. مغز پسته درون یک پوسته استخوانی به ضخامت ۲/۵-۲ میلی متر قرار دارد و پوست نرم آن با ضخامت تقریبی ۳ میلی متر این لایه استخوانی را در بر می گیرد (Kashaninejad,2004). انجام مرحله پوست گیری پس از برداشت نباید بیش از ٢٤ ساعت طول بکشد چرا که رشد قارچ ها، تغییر رنگ پوست سخت پسته و در نتیجه کاهش کیفیت آن و در نهایت صدمه دیدن مغز پسته را به همراه خواهد داشت (Joseph, 1981). پوست کنهای پیچی که در سطح تجاری ساخته و به فروش می رسند در طی ۵۰ سال اخیر ساخته و بهسازی شده اند. شکل شماره ۱ اساس کار پوست کنهای پیچی را که قرار گرفتن پسته در مسیر دوران استوانه ای گردنده است، نشان می دهد. بر روی استوانه این ماشین الگویی مارپیچی از پیچ بسته شده است. استوانه گردنده به کمک دو صفحه که بصورت یک قیف در بالای آن قرار گرفته اند عملیات جداسازی پوست نرم پسته را انجام می دهد. صفحه شماره ۲ در شکل ۱ تیغه پوست کنی و صفحه شماره ۱ که صفحه عقبی قیف تغذیه را تشکیل میدهد، سینی

خروج پسته های پوست شده نامیده می شود. خوشه های پسته درون این قیف ریخته شده و برخورد پیچ های استوانه که به همراه آن در حال گردش هستند باعث اعمال تنش های عمودی و برشی در محل تیغه پوست کنی شده و چوب خوشه ها و پوست نرم پسته ها را جدا کرده و از فاصله استوانه و قیف تغذیه به خروجی پوست هدایت می کند. کاهش اصطکاک پسته های پوست شده با استوانه گردنده و فشار وزن پسته های بالایی و شیب موجود در بالای استوانه سبب حرکت آنها برخلاف جهت گردش استوانه شده و آنها را به سمت فضای بین استوانه گردنده و صفحه شماره ۱ که در واقع دهانه خروجی پسته های پوست شده است، هدایت می کند(شمسی، ۱۳۸۰).



شکل ۱- دیاگرام شماتیک پسته پوست کن پیچی

استفاده از سطح شیب دار مخروطی وارونه و دوار، طرح دیگری در پوست گیری پسته است. اساس کار این پوست کن حرکت و پوست شدن پسته بر روی سطحی شیب دار و در اثر نیروی گریز از مرکز است. این ماشین از یک مخروط ناقص وارونه مطابق شکل۲ تشکیل شده است. این مخروط مشبک و آجدار بوده و اندازه شبکه های آن برای جلوگیری از خروج پسته ها از ابعاد یک پسته سالم کمتر می باشد. پسته ها داخل مخروط ریخته می شوند و در اثر اعمال نیروی گریز از مرکز در مسیر فلش ها (شکل ۲)، به دیواره مخروط ساییده شده و از آن بالا می روند. پوست های جدا شده از شبکه های مخروط خارج و در اثر نیروی گریز از مرکز به بیرون پرتاب می شوند (شمسی، ۱۳۸۰).

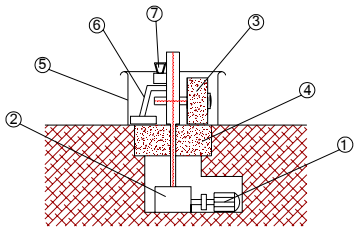


شکل ۲- مکانیزم کار پوست کن گریز از مرکز نوع مخروط وارونه

در کالیفرنیا پوست گیری از پسته به کمک ساینده های بسیار زبر و با استفاده از مقادیر زیادی آب صورت می گیرد. این پوست کن در مدل های مختلف عرضه شده اند. اساس کار این پوست کن ها بر مبنای سایش پسته ها به مجموعه ای از غلتک های ساینده ای است که در چارچوبی استوانه ای و بستری C شکل قرار گرفته و با سرعت ۳۰۰ تا ۸۵۰ دور در دقیقه می چرخند. سری ۲۶۰۰ از ٦ تا ۸ غلتک و سری ۲۸۰۰و ۲۹۰۰ از ١٦ تا ١٨ غلتک ساینده تشکیل شده

اند. سری ۲۶۰۰ علاوه بر پوست کنی امکان شستشوی محصول را نیز دارا بوده و علاوه بـر پسـته امکـان بکـارگیری آن در پوست گیری سبزیجاتی نظیر هویج ، سیب زمینی ، چغندر و ... وجود دارد و به این دلیل به آنها پوست کن سبزیجات مـی گویند(Vanmark corporation , 2004).

در ترکیه که پس از ایران و آمریکا سومین تولید کننده پسته در دنیا می باشد از نوعی پوست کن موسوم به پوسـت کن سنگی استفاده می شود. شکل ۳ شمایی از این ماشین را نشـان مـی دهـد. نیـروی محرکـه ایـن ماشـین از یـک موتـور الکتریکی (۱) تامین می شود که به کمک یک جعبه دنده (۲) با دنده های مخروطی شافتی عمـودی را مـی چرخانـد. این شافت سنگ عمودی استوانه ای شکلی (۳) را بر روی یک سنگ افقی ثابت (٤) به چرخش وامیدارد. طرف مقابل سنگ عمودی همزنی (٦) تعبیه شده است که با چرخش شافت مرکزی کار همزدن پسته ها را انجـام مـی دهـد. فاصـله مناسـب سنگ های عمودی و افقی به کمک رگولاتور (۷) موجود تنظیم می گردد. اساس کار این ماشین بـر مبنـای سـایش بـوده و پوست نرم پسته در اثر سایش با سطح زبر سنگ های عمودی و افقی ماشین از پوست سخت آن جدا می گـردد (Refik , 2007).



شکل ۳- پوست کن سنگی

مواد و روش‌ها

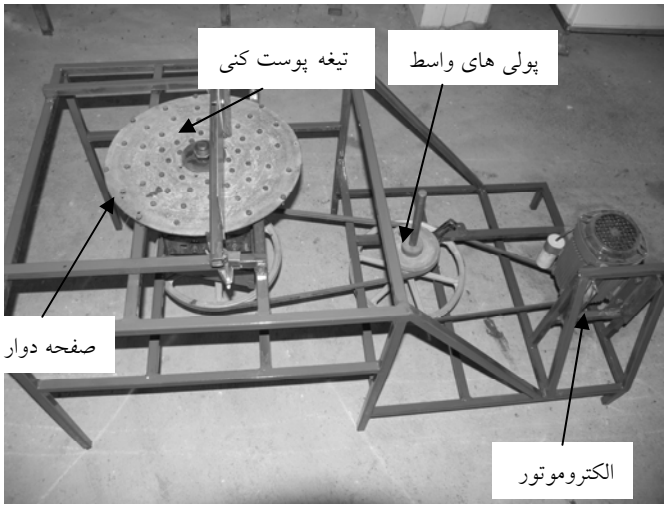
نحوه کار پوست کن صفحه ای گریز از مرکز

پوست کن صفحه ای گریز از مرکز، موضوع این مقاله، از صفحه ای دایره ای شکل تشکیل شده که با چرخش خود و استفاده از نیروی گریز از مرکز، پسته ها را از مرکز به سمت محیط هدایت می کند. سطح این صفحه با الگوهایی خاص سوراخکاری شده و با بستن پیچ روی آن به سطحی زبر و ساینده تبدیل شده است. برای پوست گیری از پسته تسمه ای فولادی با ابعاد تقریبی ٤۰ ×۱۰ سانتیمتر بعنوان تیغه پوست کنی عمود بر صفحه دوار و در قسمت بالای آن قرار می گیرد. پسته ها که در حال چرخش همراه با صفحه دوار به سمت محیط صفحه هستند، با رسیدن به تیغه پوست کنی مسیر حرکتشان در امتداد این تیغه و به سمت محیط صفحه دوار جهت گیری می شود. شکل ٤ نمای کلی از ماشین آزمایشی ساخته شده را نشان می دهد.

پسته ها در فاصله بین پیچ های صفحه دوار و تیغه پوست کنی قرار گرفته و ضمن حرکت به سمت محیط صفحه دوار بواسطه نیروی گریز از مرکز ، پوست نرم آنها در اثر تماس پیچ های صفحه دوار جدا می گردد. در واقع تیغه پوست کنی مانع چرخش پسته ها به همراه صفحه دوار شده و آنها را در معرض نیروهای وارده از سوی پیچ ها قرار می دهد. عبور پیچ های صفحه دوار از زیر تیغه پوست کنی و سبکی پوست های نرم جدا شده از پسته ها باعث حرکت این پوست ها به همراه صفحه دوار شده و آنها را از زیر تیغه پوست کنی عبور می دهد. در ادامه نیروی گریز از مرکز صفحه دوار باعث

پرتاب پوست های جدا شده از صفحه دوار به بیرون می شود. پسته ها که حرکت خود را از مرکز صفحه دوار به سمت محیط آغاز کرده اند در طول این مسیر و در امتداد تیغه پوست کنی بین پیچ ها و تیغه پوست کنی پوست گیری شده و از انتهای تیغه پوست کنی از محیط صفحه دوارخارج می شوند. فاصله تیغه پوست کنی تا صفحه دوار به گونه ای است که مانع عبور پسته ها از زیر تیغه می شود و فقط پوست های نرم جدا شده امکان عبور از این فاصله را دارند.

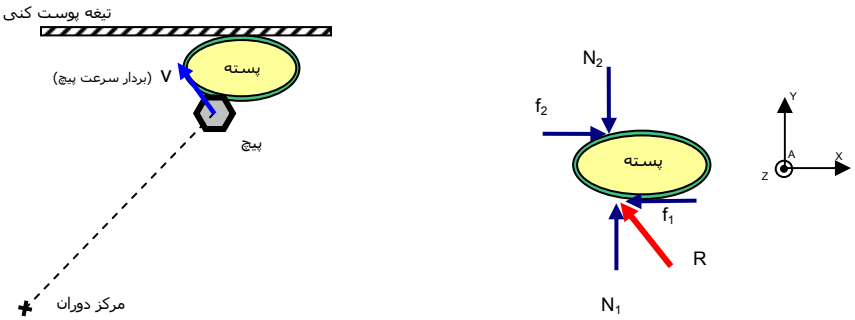
نیروی محرکه ماشین از یک الکتروموتور تک فاز تامین شده و از سیستم تسمه و پولی برای انتقال حرکت استفاده شد. جهت کاهش دور به میزان دلخواه از یک جفت پولی واسطه استفاده گردید. پولی های واسط بگونه ای طراحی گردید که امکان گردش و حرکت خطی داشته و بدین ترتیب با تعویض آنها برای رسیدن به سرعت گردش مورد نظر، کشش تسمه های انتقال قابل تنظیم باشد.



شکل شماره ٤- نمای کلی پوست کن آزمایشی صفحه ای گریز از مرکز

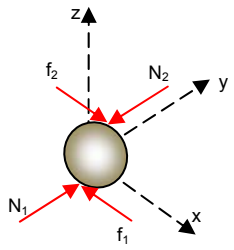
نیروهای وارد بر پسته در پوست کن صفحه ای گریز از مرکز

همانگونه که در نحوه کار پوست کن صفحه ای گریز از مرکز اشاره گردید پسته بین تیغه پوست کنی و پیچ های روی صفحه دوار قرار گرفته و در اثر برخورد پیچ ها و در مقابل تیغه پوست کنی پوست گیری می شود. در واقع هر نیرویی از پیچ که کاملا عمودی نبوده و منجر به شکستن پسته نشود، باعث جدا شدن قسمتی از پوست می گردد. عمده نیروهایی که باعث جدا شدن پوست می شوند به صورت زیر عمل می کنند:



شکل ۵ – نیروهای وارد شده به پوست سبز پسته

علاوه بر این در یک سیستم مختصات سه بعدی نیروها به شکل زیر هستند :



شکل ٦ – نیروهای وارد شده به پسته در یک سیستم مختصات سه بعدی

نیروهای N_1 و N_2 کوپل هایی حول محورهای x و z و نیروهای F_1 و F_2 کوپل های y و z را اعمال می کنند.

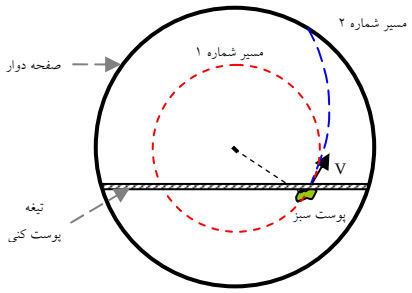
$$M_z = N_1 N_2 dx + F_1 F_2 dy \;,\; M_y = -F_1 F_2 dz \;,\; M_x = N_1 N_2 dz \qquad (1)$$

$$\sum F_x = F_1 - F_2 \geq 0 \,,\, \sum F_y = N_1 - N_2 = 0 \qquad (2)$$

نیروهایی که از سوی پیچ ها به پسته اعمال می شود (R) نیروی عمل بوده و عکس العمل این نیرو در تیغه نیروهایی را به پسته اعمال می کند که ماهیت آنها اصطکاکی است. می توان از نیروهای اصطکاکی بار روی پسته که ناشی از انباشتگی پسته ها روی یکدیگر است، همچنین اصطکاک پسته با صفحه دوار بدلیل کوچکی آنها در مقابل نیروی پیچ صرفنظر کرد. از آنجا که نیروی پیچ نیروی عمل است و اصطکاک تیغه پوست کنی عکس العمل این نیرو می باشد $F_1 > F_2$ است. زیرا F_2 تا جایی که زبری سطح پوست و تیغه اجازه دهد افزایش خواهد یافت.

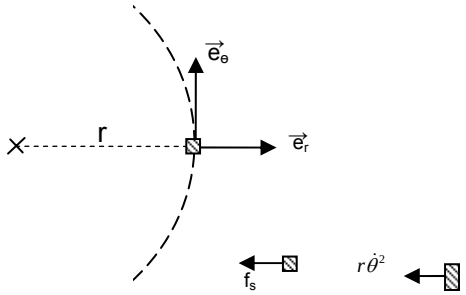
نیروهای وارد بر پوست سبز پسته در پوست کن صفحه ای گریز از مرکز

نیروی N_1 که مولفه عمودی نیروی پیچ (R) است بخشی از پوست را که در اثر نیروی R جدا شده از زیر تیغه عبور داده و با خود حمل می کند. قسمت دیگری از پوست که از پسته جدا می شود به همراه صفحه دوار حرکت کرده و با توجه به ابعاد خود قابلیت عبور از زیر تیغه را پیدا می کند. پوست جدا شده در ادامه تحت اثر گریز از مرکز از صفحه دوار خارج می شود. نکته ای که در خصوص خروج پوست از صفحه دوار قابل ذکر است اینست که خروج پوست زمانی به درستی رخ خواهد داد که پوست در مسیری مطابق مسیر شماره ۲ در شکل شماره ۷ حرکت نماید. ترسیمه آزاد نیرویی و دینامیکی برای مسیر حرکت شماره ۱ که دایره ای به مرکز صفحه دوار است و مسیر شماره ۲ که مسیر مطلوب بوده و منجر به خروج پوست می باشد بصورت زیر می باشد.



شکل ۷ – نیروهای وارد شده بر پوست سبز پسته

دیاگرام آزاد و معادلات حرکت مسیر شماره ۱ :

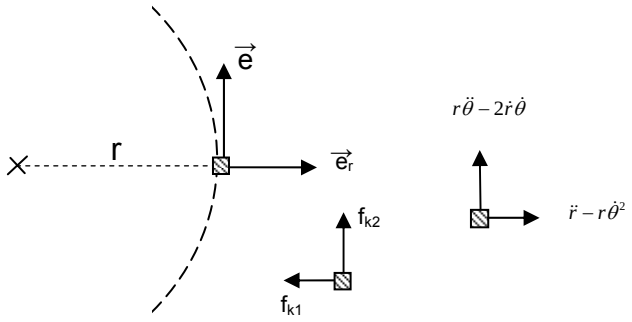


شکل ۸ – دیاگرام آزاد پوست سبز پسته در مسیر شماره ۱

در حالت حرکت در مسیر شماره۱ همانگونه که در شکل ۸ نشان داده شده است با تحلیل در دستگاه قطبی در می یابیم که تنها نیروی اصطکاک سکون بر پوست موثر بوده و معادله:

$$Fs = mr\dot{\theta}^2 \qquad (۳)$$

برقرار می باشد.



شکل ۹– دیاگرم آزاد پوست سبز پسته در مسیر شماره ۲

اگر این نیرو برای تامین شتاب $r\dot{\theta}^2$کافی نباشد یعنی :

$$f_{s\max} = \mu N = \mu mg \prec mr\omega^2 \qquad (٤)$$

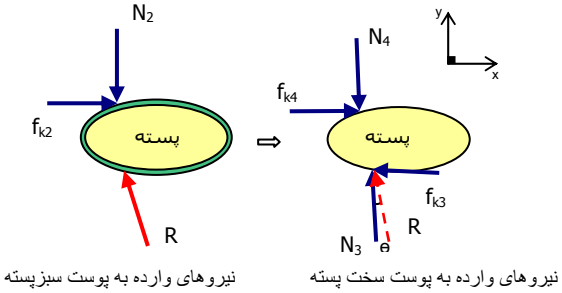
باشد ، مسیر حرکت پوست دیگر دایره ای به مرکز صفحه نخواهد بود و پوست روی مسیر شماره ۲ به حرکت خود ادامه خواهد داد (شکل شماره ۹). با این رخداد بعلت وجود حرکت نسبی بین پوست و صفحه اصطکاک از نوع جنبشی بوده و دارای ۲ مولفه است زیرا هم در جهت r و هم در جهت θشتاب وجود خواهد داشت.

$$F_{k1} = -m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\ ,\ F_{k2} = 2m\dot{r}\dot{\theta}\ , \mu_k N = F_k = \sqrt{{F_{k1}}^2 + {F_{k2}}^2} \qquad (۵)$$

از ر ابطه F_{k1}داریم : $\ddot{r} = (r\dot{\theta}^2 - {F_{k1}}^2)/m$ که نشان میدهد هر چه دور بالاتر و اصطکاک کمتر باشد ، پوست سریعتر خارج می شود. از طرفی $F_{k2} = 2m\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta}$ بنابراین همینکه نیروی اصطکاک شرط روبرو را داشته باشد یعنی $\mu_s g \le r\dot{\theta}^2 \Rightarrow \ddot{r} \ge 0 \Rightarrow \dot{r} \ge 0$ و $\dot{r} \ge 0$ یعنی پوست به سمت محیط صفحه دایره ای حرکت و از صفحه خارج خواهد شد. بنابراین خارج شدن مناسب پوست از صفحه از پارامترهایی است که بر تعیین سرعت زاویه ای صفحه یعنی $\dot{\theta}$تاثیر می گذارد. از آنجا که μ_sو g تقریبا ثابت اند باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا رابطه اخیر برقرار باشد.

نیروهای وارد شده به پسته پوست شده

نقطه اثر نیرویی که از سوی پیچ به پسته اعمال می شود متفاوت بوده و برخورد در هر نقطه شرایط خاص خود را ایجاد می نماید. نیروهایی که به پوست پسته اعمال می شوند مولفه مماسی نیز دارند زیرا پوست پسته دارای اصطکاک است اما پوست سخت پسته دارای رطوبت لزجی است که اصطکاک سطح آنرا کم می کند و باعث می شود نیروهای اعمال شده به آن مولفه های عمودی بسیار بزرگتری را نسبت به مولفه های مماسی ایجاد نمایند. شکل ۱۰ دیاگرام نیروهای وارد شده به پوست نرم و پوست سخت پسته را نشان می دهد.

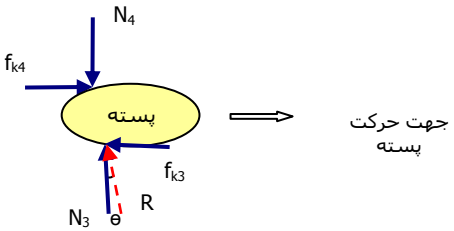


شکل ۱۰ – نیروهای وارد شده به پوست سبز و سخت پسته

نیروی N_3 بزرگترین نیرو در دیاگرام نیروهای وارد شده به پوست سخت است که در اثر نیروی پیچ ایجاد میشود. برایند نیروهای اعمال شده به پسته پوست شده یا همان پوست سخت پسته در جهت x بصورت ذیل است:

$$\sum F_{k3} = -N_3 \sin\theta + F_{k3} \cos\theta - F_{k4} \qquad (٦)$$

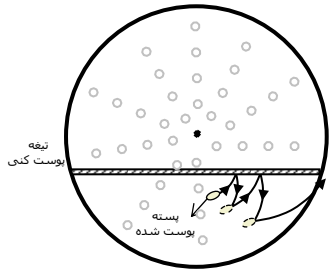
به علت کوچک بودن نیروهای اصطکاک در مقابل نیروهای عمودی N ، پسته پوست شده در اثر نیروی پیچ تمایل به حرکت در جهت محور x ها را پیدا می کند. هر چه نیروی اعمال شده به سمت یک انتهای پسته هدایت شود ، پسته تمایل به حرکت در جهت مقابل آنرا پیدا می کند. بنابراین اگر نیرو به انتهای سمت چپ پسته اعمال شود مطابق شکل ۱۱ جهت حرکت پسته به سمت راست خواهد بود و به خروج پسته پوست شده از صفحه دوار کمک خواهد کرد.



شکل ۱۱ – جهت حرکت پسته

پسته ای که به انتهای سمت راست آن نیرو اعمال شود در جهت خلاف محور x حرکت خواهد کرد که با ضربه های بعدی پیچ ها نهایتا در جهت محور x ، یعنی خروج از صفحه دوار جهت گیری خواهد نمود چرا که امکان عبور از زیر تیغه پوست کنی را نداشته و راهی جز خروج از انتهای صفحه دوار را نخواهد داشت.

امکان دیگری که می تواند رخ دهد برخورد پسته به تیغه و برگشت آن است که در اینصورت پروسه شکل زیر را تحت اثر گریز از مرکز طی خواهد نمود. یعنی پسته پس از یک یا چند برخورد با تیغه در مسیر نشان داده شده در شکل ۱۲ حرکت کرده و تحت اثر گریز از مرکز به انتهای صفحه هدایت می شود. نکته قابل ذکر اینست که هر چه پسته های پوست شده سریعتر از صفحه دوار خارج شوند ظرفیت پوست کنی دستگاه افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۲ – مسیر ممکن در حرکت پسته پوست شده

طرح آزمایشی بررسی عملکرد پوست کن صفحه ای گریز از مرکز

انجام آزمایشات به منظور تعیین کارکرد پوست کن بر اساس طرح آماری کرت های دو بار خرد شده و در قالب بلوک های کامل تصادفی بعنوان طرح پایه و در سه تکرار اجرا گردید. متغیرهای مستقل این آزمایش بدین شرح اند: **فاکتور اصلی**: فاکتور اصلی سرعت گردش صفحه دوار است که با حرف A نشان داده شد. این فاکتور شامل سرعت گردش ۵۵/۸ دور در دقیقه و ۷۷/٤ دور در دقیقه بود که با توجه به سیستم انتقال تسمه و پولی ماشین ، با ترکیبی از پولی های ٦۰ ، ۸۰ و ۳۰۰ میلی متری حاصل گردیدند. **فاکتور فرعی I** : اولین فاکتور فرعی موقعیت تیغه پوست کنی روی صفحه دوار است که با حرف B نشان داده شد. تیغه پوست کنی میتواند با فاصله d از مرکز صفحه دوار استقرار یابد و یا تقریبا درمرکزصفحه دوار قرار داده شود. **فاکتور فرعی II** : دومین فاکتور فرعی نوع پسته است که با حرف C نشان داده شد. در این فاکتور فرعی از ارقام مشهور تجاری شامل : اوحدی، اکبری، احمد آقایی و کله قوچی در آزمایش ماشین بهره گرفته شد.

از آنجا که سرعت عامل موثر در بررسی کار ماشین بود و با توجه به سیستم انتقال طراحی شده برای ماشین ، با انتخاب پولی های با قطر ٦۰ و ۳۰۰ میلی متر اولین سرعت مورد نظر به میزان ۵۵/۸ دور بر دقیقه حاصل گشت. در ادامه موقعیت تیغه پوست کنی که بر روی صفحه گردنده بطور کشویی قابل جابجایی و با بست های مخصوص قابل استقرار است، در قسمت جلوی صفحه گردنده تثبیت گردید. با روشن نمودن ماشین ارقام مختلف پسته مورد آزمایش در ماشین ریخته و آزمایش برای هر رقم سه بار تکرار گردید. در هر تکرار تعداد پسته های پوست شده، پوست نشده و شکسته محاسبه و ثبت گردیدند. برای تعیین عملکرد ماشین در حالتی که تیغه در مرکز صفحه دوار است این تیغه به مرکز منتقل و آزمایشات به همان ترتیب وضعیت تیغه در جلوی صفحه دوار تکرار شدند. حصول سرعت دیگر انجام آزمایشات با استفاده از پولی های ٦۰ ، ۸۰ و ۳۰۰ میلی متری به میزان ۷٤/٤ دور بر دقیقه حاصل گشت. در حالیکه تیغه پوست کنی در آزمایشات قبلی به مرکز صفحه گردنده منتقل شده بود در همین وضعیت و با سرعت جدید آزمایشات بر روی ارقام مختلف پسته و در سه تکرار پیش بینی شده انجام و در ادامه با انتقال تیغه به قسمت جلوی صفحه دوار درصد پسته های پوست شده ، پوست نشده و شکسته در این موقعیت تیغه و با سرعت جدید اجرا و نتایج ثبت و وارد نرم افزار Excell گردید. در تجزیه واریانس داده ها و مقایسه میانگین ها از نرم افزارهای SAS ver. 9.1 استفاده شد. با توجه به ترتیب ورود داده ها در نرم افزار، حرف A به سرعت صفحه گردنده ،B به موقعیت تیغه پوست کنی ، C به نوع پسته و R به تکرار آزمایش ، اختصاص داده شد. در جدول تجزیه واریانس متغیرها با این حروف مشخص شده اند.

نتایج و بحث

ساخت نمونه آزمایشی پوست کن صفحه ای گریز از مرکز و آزمایش آن نشان داد که امکان پوست گیری پسته در این ماشین وجود دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس پسته های پوست شده نشان میدهد که بین سرعتهای ۵۵/۸ و ۷٤/٤ دور در دقیقه اختلاف معنی داری از نظر درصد پسته های پوست شده وجود ندارد. اما سرعت ۷٤/٤ دور در دقیقه بدلیل کیفیت بهتر جداسازی پوست های کنده شده از پسته های پوست شده و ظرفیت کاری بالاتر ماشین عملکرد بهتری را از خود نشان داد. موقعیت تیغه پوست کنی با احتمال خطای ۵٪ معنی دار شده است. در واقع هر چه تیغه به مرکز صفحه نزدیکتر باشد شدت پوست کنی و در نتیجه درصد آن افزایش می یابد. نوع پسته در پوست گیری معنی دار شده است بطوری که میانگین پوست گیری در پسته های اوحدی و احمدآقایی بیشتر از پسته های اکبری و کله قوچی بوده است. دلیل این امر رسیدگی بیشتر پسته های اوحدی و احمدآقایی و درصد بالاتر پسته های کال در رقم های اکبری و کله قوچی بوده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس پسته های شکسته شده در ماشین نشان میدهد که بین دو سرعت ۵۵/۸ و ۷٤/٤ دور در دقیقه در میزان شکستگی اختلاف معنی داری وجود ندارد. موقعیت تیغه در شکستگی پسته با احتمال خطای ۱٪ معنی دار شده است و نشان میدهد هر چه تیغه پوست کنی به سمت مرکز صفحه دوار نزدیک تر شود شکستگی پسته ها بیشتر می شود. دلیل این امر اینست که هر چه تیغه به مرکز نزدیکتر شود زاویه ردیف پیچ های روی صفحه دوار با تیغه پوست کنی کمتر شده و موجب شکستگی بیشتر می شود. نتایج تجزیه واریانس پسته های پوست شده در جدول ۱ و نتایج تجزیه واریانس پسته های شکسته شده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱ : نتایج تجزیه واریانس درصدپسته های پوست شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	S.S	M.S	F-Value
تکرار R	۲	۱/۵۰۰۰	۰/۷۵۰۰	۲/۲۵ n.s
سرعت A	۱	۱/۰۲۰۸	۱/۰۲۰۸	۳/۰٦ n.s
خطا E(a)	۲	۰/٦٦٦٦	۰/۳۳۳۳	۰/٤۱ n.s
موقعیت تیغه B	۱	۳/۵۲۰۸	۳/۵۲۰۸	۱٦/۹۰ *
AB	۱	۳/۵۲۰۸	۳/۵۲۰۸	۱٦/۹۰ *
خطا E(b)	٤	۰/۸۳۳۳	۰/۲۰۸۳	۰/۲۵ n.s
نوع پسته C	۳	۳٤/۷۲۹۱	۱۱/۵۷٦۳	۱٤/۱۳ **
AC	۳	۳۰/۳۹۵۸	۱۰/۱۳۱۹	۱۲/۳٦ **
BC	۳	۱۱/۲۲۹۱	۳/۷٤۳۰	٤/۵۷ *
ABC	۳	۱۰/۲۲۹۱	۳/٤۰۹۷	٤/۱٦ *
خطا	۲٤	۱۹/٦٦٦٦	۰/۸۱۹٤	
کل	٤۷	۱۱۷/۳۱۲	۲/٤۹٦	

جدول ۲ : نتایج تجزیه واریانس درصدپسته های شکسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	S.S	M.S	F-Value
تکرار R	۲	۱/۱٦٦٦	۰/۵۸۳۳	۱/۷۵ n.s
سرعت A	۱	۱/۳۳۳۳	۱/۳۳۳۳	٤/۰۰ n.s
خطا E(a)	۲	۰/٦٦٦٦	۰/۳۳۳۳	۱/۸۵ n.s
موقعیت تیغه B	۱	۵/۳۳۳۳	۵/۳۳۳۳	۱۸/۲۹ **
AB	۱	۰/۷۵۰۰	۰/۷۵۰۰	۲/۵۷ n.s
خطا E(b)	٤	۱/۱٦٦٦	۰/۲۹۱٦	۱/٦۲ n.s
نوع پسته C	۳	٤/۹۱٦٦	۱/٦۳۸۸	۹/۰۸ **
AC	۳	۱/۰۰۰۰	۰/۳۳۳۳	۱/۸۵ n.s
BC	۳	۳/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۵/۵٤ **
ABC	۳	۰/۲۵۰۰	۰/۰۸۳۳	۰/٤٦ n.s
خطا	۲٤	٤/۳۳۳۳	۰/۱۸۰۵	
کل	٤۷	۲۳/۹۱٦٦	۰/۵۰۸۸	

n.s معنی دار نیست. ★ با احتمال ۵٪ خطا معنی دار است. ★★ با احتمال ۱٪ خطا معنی دار است.

سرعت زاویه ای بالای استوانه پوست کن در "چرخ های پسته پوست کن" و زاویه تیغه پوست گیری باعث شده میزان نیروهای اعمال شده به پسته در این پوست کنها افزایش یافته و شدت نیروها بخصوص در زمانی که ماشین به خوبی و متناسب با نوع پسته تنظیم نشده باشد منجر شکسته شدن و ترک برداشتن پوست سخت پسته می شود. این شرایط ضمن مساعد ساختن زمینه جذب آلودگی ها از کیفیت و بازارپسندی آن نیز می کاهد. نتایج بررسی عملکرد پوست کن های

پیچی نشان میدهد که در بهترین حالت تنظیم این پوست کنها ۷۳/۸ ٪ از پسته ها را پوست کرده، ۲۵/۵ ٪ را پوست نشده باقی گذاشته و۰/۷٪ از پسته ها را مغز می کنند(Shamsi,2004). پوست کن صفحه ای گریز از مرکز در حالیکه تیغه پوست کنی به مرکز صفحه دوار نزدیک بوده قادر به پوست گیری پسته با میانگین راندمان ۷٤/۵٪ می باشد. با استفاده از نیروی گریز از مرکز در پوست کنی ضمن کاهش نیروهای پوست گیری، میزان شکستگی کاهش یافته و به حفظ کیفیت و کمیت پسته منجر خواهد شد. علاوه بر کاهش میزان شکستگی، از دست رفتن نرفتن پسته های ریز و قدرت تفکیک بالای پسته های پوست شده از پوست های کنده شده از دیگر مزایای پوست کن صفحه ای گریز از مرکز است.

منابع :

۱. شمسی م. ، ۱۳۸۰ ، پوست گیری از پسته به روش گریز از مرکز (روش مخروط وارونه) ، گزارش نهایی طرح دو در هزار وزارت صنایع ، تهران.

۲. محمدی ن. ، ۱۳۷۷ ، گزارش پیشرفت طرح تحقیقات اصلاح و طراحی فرایند فرآوری و بسته بندی پسته ، سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی ، وزارت کشاورزی.

۳. یزدی صمدی ب . ، رضایی ع. ، ولی زاده م. ، ۱۳۸۱ ، طرح های آماری در پژوهش های کشاورزی ، انتشارات دانشگاه تهران ، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

4. Food and Agriculture Organization (F.A.O). 2007, In:<http://www.fao.org/statistics.htm>.

5. Jiseph V., Benjamin V., Method of hulling pistachio nuts, United States Patent, Patent Number: 4353931,Filed; Jul. 19, 1981.

6. Kashaninejad M., Mortazavi A., Safekordi A., 2004, Some physical properties of pistachio nut and its kernel, Journal of Food Engineering, 72.30-38.

7. Luh, B. S.,& Woodroof J.G., 1988, Commercial vegetable processing (2nd ed.). New York, USA:AVI Book.

8. Pan Z., Li X., Bingol G., 2009, Development of infrared radiation heating method for sustainable tomato peeling, Applied Engineering in Agriculture, 25(6):935-941.

9. Radhakrishnaiah Setty, G., Vijayalakshmi, M.R., & Usha devi, A.,1993, Method for peeling fruits and vegetables: A critical evaluation . Journal of Food Science and Technology, 30(3), 155-162.

10. Refik p., Bekir e., Izzet A. 2007. Some working parameters and energy use in a pistachio nut processing plant, Jurnal of Aplied Sciences 7 (1): 151-154, ISSN 1812-5654.

11. Shamsi, M., Rekabi, M., 2004, Performance evaluation of a bolt type pistachio hulling machine, AgEng Conference Engineering the Future,12-16 September, 2004, Leuven, Belgium.

12. Singh, K. K., & Shukla, B. D. (1995). Abrasive peeling of potatoes. Journal of Food Engineering, 26,431-442.

13. Somsen, D., Capelle, A., & Tramper, J., 2004, Manufacturing of par-fried French-fries. Part 2: Modeling yield efficiency of peeling. Journal of Food Engineering, 61, 199-207.

14. Srivastava A., VanEe G., ledebuhr R., 1997, Design and development of an onion-peeling machine, Applied Engineering in Agriculture. Vol. 13(2):167-173.

15. Toker, I., & Bayindirli, A. , 2003, Enzymatic peeling of apricots, nectarines and peaches. Lebensmittel-WissenSchaft und-Technologie, 36,215-221.

16. Vanmark Corporation, peeler, Scrubber and washer, 2004, Equipment For The Food Industry, http://www.vanmarkcorp.com.

Hulling pistachio by a centrifugal disk huller machine

Abstract

An experimental “centrifugal disk huller” was made and tested in this paper. This machine consists of a rotary abrasive disk and a blade. Pistachios are fed in to the disk center and hulled. Pistachios leaving the disk along the blade are hulled and peeled skins pass through the existing clearance between blade and the disk. The centrifugal force throws the hulled nuts out of the disk which are collected in a container. The effect of the disk speed and blade position on the performance of the machine, studied by a statistical "split split plot design" test in 3 replications at 2 levels of disk speed and 2 position of the blade. The results show that there is no significant difference between 2 selected disk speeds (55.8 and 74.4 rpm) in nuts hulling percentage. The 74.4 rpm speed had better performance in separating peels from the nuts and higher hulling capacity per hour. The position of the blade has influenced in hulling and breaking of pistachios. When the blade is near to the center of the disk, both nuts hulling and breaking percentage increase. The machine reaches 74.5% hulling performance when the blade is near to the center of the disk.

Reducing the breaking percentage, unshelled ting pistachios and high separating power are other advantages of this machine.

Keywords: Pistachio, hulling, disk huller, centrifugal.