نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه دانه‌کن انار ارتعاشی- بادی

سید مهدی نصیری[1*]، سحر صمصامی[2] و محمد لغوی[3]

۱ ، ۲ و ۳– به ترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز

ایمیل مکاتبه کننده: nasiri@shirazu.ac.ir

چکیده

ایران علیرغم رتبه اول جهانی در تولید انار، به علت عدم توسعه روش های مکانیزه برای فرآوری در ردیف دوم صادرات قرار دارد. در پژوهش حاضر طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه دانه‌کن انار ارتعاشی مجهز به سامانه هوا انجام پذیرفت. تاثیر عوامل اصلی دامنه و بسامد ارتعاش بر درصد جدایش و آسیب دانه ها مورد آزمون قرار گرفت. جدا کردن دانه در دو حالت ارتعاش- جت هوا و جت هوا به تنهایی در سه نوع برش میوه صورت پذیرفت. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع برش، بسامد و دامنه ارتعاش تأثیر معنی‌داری بر درصد دانه‌های خارج شده و آسیب دیده در سطح احتمال ۱٪ داشتند. بیشترین مقدار جدایش دانه ها در بسامد ۳۰ هرتز و دامنه ارتعاش ٤ میلی متر در برش میوه به صورت مورب به میزان ۸۷ درصد اتفاق افتاد. در این حالت مقدار آسیب وارده به دانه ها در اثر فشار باد ۲۳ درصد اندازه گیری شد. مقایسه دو روش جدا کردن دانه توسط ارتعاش- جت هوا و جت هوا به تنهایی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر درصد جدایش و درصد آسیب ناشی از جدایش را نشان داد. بر اساس نتایج حداکثر مقدار جدایش در روش توام ارتعاش و جت هوا رخ داد.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش، انار، جت هوا، دانه‌کن انار

مقدمه

انار بومی مناطق شرق ایران تا کوه‌های هیمالیا در شمال هند است و یکی از اولین گیاهان اهلی شده است. ایران با تولید سالانه ۸۰۰ هزار تن انار بزرگ‌ترین تولیدکننده این میوه در دنیا و پس از آن کشور هند قرار دارد. در ایران، شهرستان‌های ساوه، نیریز و فردوس به ترتیب بزرگ‌ترین تولیدکنندگان انار هستند. ایران با داشتن ٦۰ هزار هکتار سطح زیر کشت و اختصاص بیش از ٤۰٪ تولید جهانی، مقام اول تولید انار در جهان را به خود اختصاص داده است (بی نام، ۱۳۹۱). با این حال عدم توسعه روش های مکانیزه برای فرآوری آن امکان رقابت را برای صادرات ایجاد ننموده و عمده صادرات به صورت میوه تازه می باشد. بنابر این ضرورت دارد برای فرآوری مکانیزه و در نهایت ایجاد بازار برای تولید بیشتر آن و حفظ جایگاه نخست در صادرات نیز تلاش بیشتر شود.

انار یکی از محصولاتی است که می‌تواند به عنوان یک میوه تازه در حد میوه‌هایی چون مرکبات و سیب مصرف شود. فرآورده‌های تبدیلی انار نیز مصرف خوراکی به عنوان چاشنی دارند. از دانه انار می‌توان آب، رب،

معجون، شربت، مربا، ژله، پکتین، نوشابه، انواع سس و چاشنی ها، ترشیجات، روغن، اسانس، انار دانه، لواشک و سرکه تهیه نمود (بی نام، ۱۳۹۱). بنابراین دانه کردن انار یکی از مهم ترین و نخستین مراحل فراوری آن می باشد.

اولین دستگاه دانه‌کن انار به کمک جت‌های هوا در سال ۱۹۸۵ توسط سریج (۱۹۸۵) ارائه شد (Sarig, 1985). انجام آزمایش‌ها نشان داد که الگوی حرکت نازل بر سطح میوه از جمله عوامل تاثیر گذار بر روی جدایش دانه‌های انار توسط فشار هوا است. اشمیلوویچ (۲۰۰۸) ماشین دانه‌کنی برای انار طراحی کردند که از واحدهای تاج‌زن و بازکننده تشکیل شده بود. در این ماشین نازل‌ها با حرکت پاندولی تمام سطح انار را پوشش می‌دادند. گزارش شد که با فشار هوای ۷۰۰ کیلوپاسکال ۹۵٪ از دانه‌های انار با میزان آسیب ۵٪ از پوست میوه جدا شدند (Schmilovitch, 2008). خزائی و همکاران (۲۰۰۸) توسط یک نازل متصل به بازوی روباتیک اثر سه الگوی حرکتی مارپیچی شکل، حرکت رفت و برگشتی ساده و نازل بدون حرکت بر درصد خروج دانه‌های انار را مطالعه کردند. طبق نتایج گزارش شده استفاده از مسیر مارپیچی شکل برای نازل‌ها باعث خروج درصد بالایی از دانه‌ها شد. آن‌ها اعلام کردند با فشار هوای ۵۰۰ کیلو پاسکال، قطر نازل ۳/۵ میلی‌متر و ٤ بار عبور نازل (در مسیری مارپیچی شکل) می‌توان ۸۱٪ از دانه‌های انار را جدا نمود. میریان (۱۳۸۸) اقدام به طراحی، ساخت و بهینه سازی یک دستگاه دانه‌کن انار با استفاده از جت آب نمود. میزان درصد دانه‌های خارج‌شده برای نازل ۳/۵ میلی‌متری برابر ٦۱/۵٪ گزارش شد.

در زمینه تاثیر ارتعاش بر جدا کردن محصول از بوته یا درخت پژوهش‌های بسیاری در خارج و داخل کشور صورت گرفته است. استنفورد و دنیر (۱۹۷۲) اعلام کردند در حالت کلی، بسامد بالا و دامنه ارتعاش پایین تنها در صورتی که در حد بسامد طبیعی شاخه باشند قادر به جداسازی میوه با کمترین آسیب و بیشترین درصد جدایش هستند در غیر اینصورت برای جداشدن کامل میوه باید در شاخه تداخل امواج پیش آید که با رسیدن بسامد نوسان به بسامد طبیعی شاخه این امر پیش می‌آید (Stafford and Diener, 1972).

محسنی در سال ۱۳۸۰ به منظور یافتن مناسب‌ترین دامنه و بسامد ارتعاش شاخه جهت برداشت مکانیکی میوه لیموترش دریافتند که اثر بسامد نوسان بر میزان جداسازی میوه معنی‌داربود ولی اثر دامنه نوسان و اثرات بر هم کنش بسامد و دامنه نوسان معنی‌دار نبود. با افزایش بسامد نوسان درصد میوه‌های جداشده به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتیجه یکسانی در خصوص بسامد بر جدا شدن دانه و خوشه پسته حاصل شد. همچنین مشخص شد افزایش دامنه آسیب ناشی از جدایش کاهش می‌یابد (رحیمی، ۱۳۸۱). خیریه و همکاران (۱۳۸۷) بیان داشتند اثر بسامد و دامنه ارتعاش هر دو بر درصد جدایش سیب از درخت معنی دار است. ۱/٦ درصد جدایش میوه به ازای واحد دامنه ارتعاش در مقابل ۰/۹ درصد به ازای واحد بسامد ارتعاش در این پژوهش بدست آمد. لغوی و همکاران (۲۰۱۰) روند افزایش درصد جدایش را با افزایش در بسامد و دامنه ارتعاش مشاهده نمودند. این تحقیقات نشان داد شرایط و نوع محصول بر اثر گذاری دامنه و بسامد بر درصد جدایش موثر بوده است.

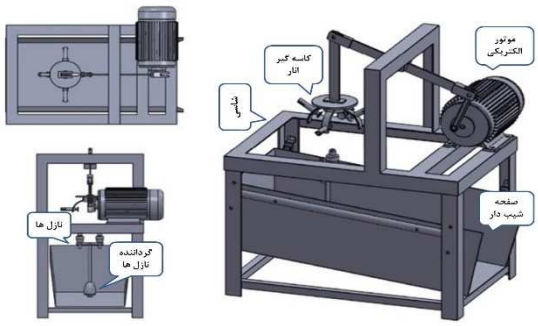
در پژوهش حاضر اثر توامان ارتعاش و جت هوا برای افزایش میزان جدا شدن دانه انار مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از میوه انار رقم رباب نیریز استفاده شد. انارهای سالم و بدون آسیب‌دیدگی فیزیکی از باغ میوه واقع در شهرستان نیریز خریداری و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در سردخانه بخش صنایع غذایی دانشگاه شیراز نگهداری شد. رطوبت پوسته، پیه و دانه‌ها به طور جداگانه به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از آون معمولی محاسبه گردید. بدین صورت که محتوای رطوبت به ترتیب ۳۱/۷٪ ، ٤۲/۸٪ و ٦۱/۵٪ و نهایتاً میانگین وزنی رطوبت کل میوه انار برابر ٤۵/۳٪ (مبنای تر) بدست آمد. قطر نمونه‌های انتخاب شده با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱± میلی‌متر اندازه‌گیری شد که این مقدار برابر با ۵±۹۰ میلی‌متر بود.

ساخت دستگاه جدا کننده دانه

شاسی دستگاه دارای طول شاسی ٦۰ سانتی‌متر و ارتفاع و عرض آن برابر با ٤۰ سانتی‌متر بود. عواملی چون زاویه سطح شیب‌دار، ارتفاع کاسه‌گیر و فاصله نازل‌ها از انار در تعیین ارتفاع شاسی دخالت داشتند. عرض شاسی به گونه‌ای انتخاب شد که عواملی چون فضای کافی برای چرخش نازل‌های هوا و گیره نیمه کروی (کاسه ای) و مکانیزم ارتعاشی وجود داشته باشد (شکل ۱).

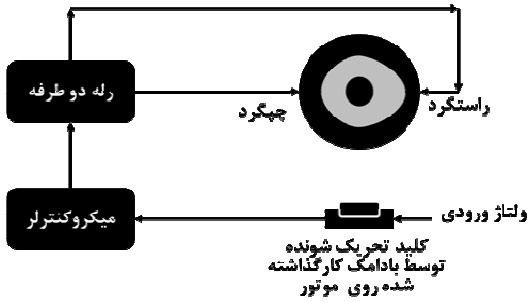


شکل ۱- طرح واره دستگاه ساخته شده

توان لازم برای تولید ارتعاش مورد نیاز کاسه‌گیر انار توسط یک موتور الکتریکی سه فاز ۳۸۰ ولت با توان یک اسب بخار ساخت شرکت njm چین تامین شد. برای جلوگیری از تأثیر لرزش دستگاه به هنگام ارتعاش، چهار عدد ضربه‌گیر در زیر موتور نصب شده و سپس به همراه موتور به شاسی پیچ شدند. برای تغییر بسامد ارتعاش از اینورتر بسامد برق تک فاز به سه فاز (مدل N50-022 SF، ساخت شرکت Hundai ژاپن) با توان یک اسب بخار استفاده شد. برای تولید هوای فشرده مورد نیاز از کمپرسور پیستونی دو مرحله‌ای استفاده شد. جریان هوای فشرده خروجی از رگولاتور به دو شلنگ انعطاف پذیر به دو نازل با قطر خروجی ۳/۵ میلی‌متر منتقل شد.انجام پیش آزمون ها فاصله فاصله نازل‌ها از گیره کاسه ای یک سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

با توجه به میانگین قطر انارهای رقم رباب و انجام پیش آزمون ها، فاصله دو نازل از یکدیگر برای پوشش تمام سطح انار ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. چرخش یکنواخت نازل‌ها با کمک یک موتور الکتریکی ۱۲ ولت DC صورت پذیرفت. برای تغذیه این موتور از یک منبع تغذیه ساخت شرکت njm چین استفاده شد. برای جلوگیری از بهم پیچیدن شلنگ های دو نازل و همچنین پوشش کامل سطح انار، چرخش ۱۸۰ درجه‌ای نازل‌ها با طراحی یک مدار الکترونیکی حاصل شد (شکل ۲). با این مدار نازل ها از موقعیت اولیه خود ۱۸۰ درجه به سمت راست و سپس ۱۸۰ درجه به سمت چپ گردش داشتند.

برای نگه داشتن انار نیمه‌شده (در دو راستای عمود بر هم تحت عنوان افقی یا قطری و عمودی، و همچنین مورب) در حین انجام عملیات دانه کردن یک عدد گیره کاسه‌ای طراحی شد به نحوی که قادر بود انار نیمه شده را به گونه‌ای نگهداری نماید تا همزمان با ارتعاش، سمت باز شده انار در مسیر جریان خروجی نازل‌ها قرار گیرد. این گیره قادر بود در طی مدت زمان نگهداری میوه نیمه شده دو نیرو بر میوه وارد کند که یکی نیروی نگه دارنده میوه و دیگری نیروی فشاری که باعث باز شدن تدریجی پوسته شد تا هوای خروجی از نازل‌ها به دانه‌های زیرین نیز فشار وارد نموده و آنها را از پوسته خارج سازد. بدین منظور ٤ عدد فنر کششی و ٤ عدد فنر فشاری در گیره میوه تعبیه گردید به نحوی که فنرهای کششی وظیفه نگهداری میوه و فنرهای فشاری وظیفه فشردن لایه های درونی انار نیمه شده به سمت نازل‌های هوا و در دسترس قراردادن دانه ها را بر عهده داشتند (شکل ۳).



شکل ۲- نقشه مدار الکتریکی طراحی شده برای چرخش نازل‌ها

شکل ۳- گیره کاسه ای

دانه‌های انار پس از خروج توسط یک صفحه شیبدار که در طول شاسی و زیر واحد دانه کن قرار گرفته بود جمع آوری شدند. از میله‌های حائل برای تغییر زاویه شیب در دو سمت صفحه شیب‌دار استفاده شد.

عملکرد دستگاه

انار نیمه‌شده توسط گیره کاسه ای نگه داشته شد. برای ایجاد دامنه‌های مختلف ارتعاش از مکانیزم شافت خارج از مرکز استفاده شد، بدین صورت که یک صفحه دایره‌ای با قطر ۵ سانتی متر و ضخامت ۳ میلی متر ساخته شد و از مرکز آن شافتی با قطر ۱۰ میلی‌متر و بلندای ٤ سانتی متر تراش داده شد. با تراش شیاری با انحراف ۲ میلی متر از مرکز شافت،

میزان لنگی ۲ میلی متر بصورت اولیه ایجاد گردید و برای داشتن دامنه های بعدی توسط شیارهای دو طرف شافت تامین شد. بنابراین دو سطح مختلف دامنه ارتعاش ۲ و ٤ میلی‌متری ایجاد شد. بسامد ارتعاش نیز به کمک اینورتر در سه سطح بسامد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ هرتز تنظیم شد.

گیره کاسه ای حاوی میوه نصف شده به وسیله موتور و با تغییر دور آن توسط اینورتر تحت ارتعاش قرار گرفت و همزمان به کمک جت هوای از طرف نازل‌های متحرک به صورت راستگرد و چپگرد با فشار ثابت باد ۵۰۰ کیلوپاسکال به دانه‌ها اعمال شد. ارتعاش به نمونه ها قبل از اعمال جت هوا به مدت ۳۰ ثانیه اعمال گردید و سپس سیستم جت هوا فعال شد و پس از آن هر دو سامانه همزمان فعال بودند. آزمایش ها بدون اعمال ارتعاش و تنها با جت هوا نیز انجام شد تا امکان مقایسه هر دو سامانه فراهم گردد. دانه‌های جدا شده توسط سطح شیب‌دار زیر گیره جمع‌آوری شدند. این دانه‌ها به صورت دستی شمارش شدند. همچنین دانه های باقی مانده در پوسته نیز به کمک دست جدا و شمارش شدند. درصد جدایش (بازده جدایش) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد جدایش} = \frac{\text{تعداد دانه‌های جدا شده توسط سامانه} \times 100}{\text{تعداد دانه‌های کل}} \qquad ۱$$

آن تعداد از دانه‌های جدا شده‌ای که در اثر اعمال فشار هوا دچار له شدگی بودند شمارش و تحت عنوان دانه های آسیب دیده محاسبه گردیدند. درصد آسیب ناشی از جدایش از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد آسیب ناشی از جدایش} = \frac{\text{تعداد دانه‌های آسیب دیده} \times 100}{\text{تعداد کل دانه‌های جدا شده}} \qquad ۲$$

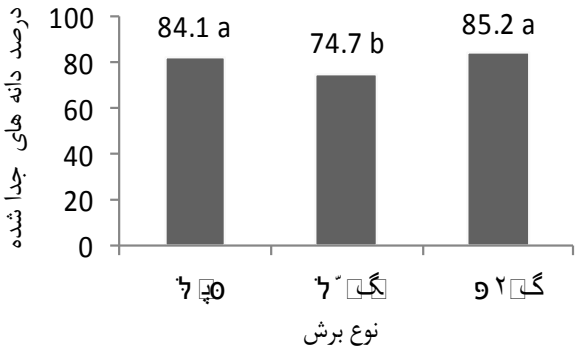
درصد دانه‌های آسیب دیده (نیمه شده) حاصل از برش میوه انار پس از انجام عمل برش به صورت دستی جدا و شمرده شدند و با رابطه ۲ محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 21 در آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن صورت پذیرفت. این پژوهش شامل ۱۸ تیمار در چهار تکرار بود. زمان انجام آزمایش‌ها به صورت ثابت ۹۰ ثانیه برای تاثیرهمزمان جت و ارتعاش بود که ٦۰ ثانیه نخست آن در آزمایش برای بررسی تاثیر ارتعاش در نظر گرفته شد. آزمون جت هوا به تنهایی نیز در مدت ۹۰ ثانیه صورت پذیرفت. افزون بر آن، نتایج بررسی و مقایسه درصد جدایش در دو روش دانه کردن انار به وسیله جت به همراه ارتعاش و جت هوا به تنهایی با آزمون t انجام گردید.

نتایج و بحث

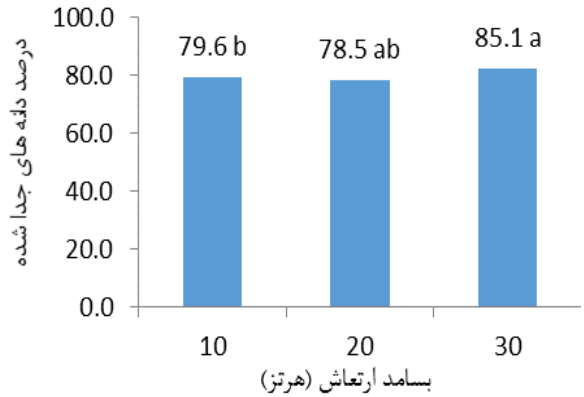
دانه‌های جدا شده

آنالیز واریانس اثر عامل اصلی نوع برش و بسامد بر درصد جدایش را در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشان داد. در مقایسه میانگین ها بیشترین درصد جدایش برای برش مورب و بسامد ۳۰ هرتز با اختلاف معنی دار از سایر تیمارها مشاهده شد (شکل‌های ٤ و ۵). مقدار جدایش در دامنه چهار میلی متر حدود ۸۰/۵ درصد و در دامنه ارتعاش دو میلی متر حدود ۷۹/۵ درصد بدست آمد. با این حال تجزیه واریانس اثر معنی داری را نشان نداد.

در برش مورب و افقی سطح برش عمود بر لایه های جداکننده دسته های دانه ها (پیه) است و در نتیجه دانه ها با ارتعاش از محل استقرار خود جدا و از پوسته خارج شدند. این در حالی است که در جهت برش افقی لایه های محافظ از جدا شدن و خروج دانه ها جلوگیری نمودند. با افزایش بسامد اثر آزاد شدن دانه ها در پیه افزایش یافته و در نهایت تاثیر هوا بر جدا سازی نیز افزایش یافته است. نتایج برخی از پژوهش ها نشان داد افزایش بسامد در سطح ثابت دامنه تاثیر بیشتری نسبت به افزایش دامنه نوسان در سطح ثابت بسامد بر درصد ریزش میوه داشته است (گلپیرا،۱۳۷۷؛ رحیمی،۱۳۸۱). در حالی که خیریه و همکاران (۱۳۸۷) نتیجه متفاوتی را گزارش نمودند. تاثیر فرکانس طبیعی مواد بیولوژیک مختلف این تفاوت را می تواند توجیه نماید (Stafford and Diener, 1972).



شکل ٤- تاثیر نوع برش بر درصد دانه های جدا شده



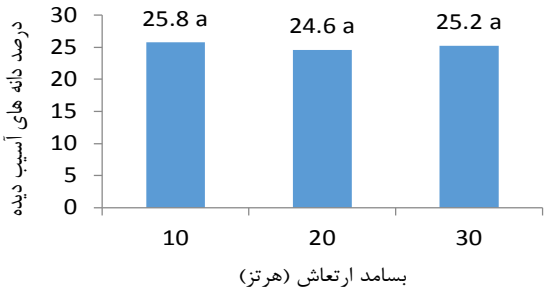
شکل ٥- تاثیر بسامد ارتعاش بر درصد دانه های جدا شده

هیچکدام از اثرات متقابل معنی دار نبود و نشان داد که اثرات افزایشی هرکدام از عوامل اصلی هم راستا افزایش دانه های جدا شده را به دنبال داشته اند. بر این اساس بیشترین درصد جدایش دانه ها در دامنه ٤ میلی متر، بسامد ۳۰ هرتز و برش مورب با مقدار ۸۷ درصد بدست آمد.

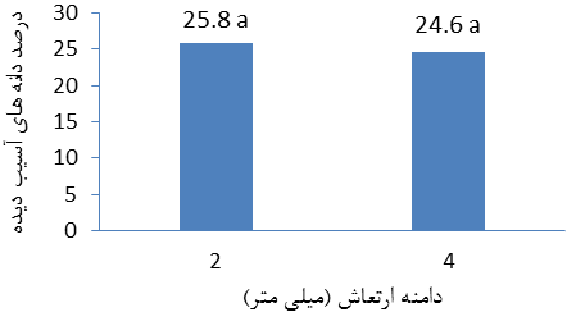
دانه‌های آسیب دیده

هیچکدام از عوامل اصلی دامنه و بسامد ارتعاش اثر معنی داری بر درصد دانه های آسیب دیده نداشت اما نوع برش موثر بوده است (شکل های ٦، ۷ و ۸). با افزایش مدت زمان جدا سازی درصد آسیب اندکی افزایش یافت. این افزایش متاثر از اثر هوای فشرده بر دانه ها بوده است. بر همین اساس کمترین میزان آسیب در دامنه و بسامد ارتعاش بالاتر مشاهده شد (مقادیر دانه ها آسیب دیده مربوط به دانه های جدا شده است و دانه های جدا نشده را شامل نمی شود).
نتایج شکل ۸ حاکی از آن است که سرعت جدا شدن دانه ها در برش افقی بیشتر بوده است. از آنجا که این برش عمود بر راستای پیه های انار است که دانه ها را احاطه نموده است، بنابراین مناسب ترین شرایط را برای آزاد کردن دانه ها ایجاد نموده است. این موضوع در برش مورب کمتر رخ داده است و بنابر این درصد آسیب در برش مورب افزایش یافته است. در برش عمودی که کمترین درصد جدایش مشاهده شد علیرغم افرایش مدت زمان جدا شدن دانه ها، به

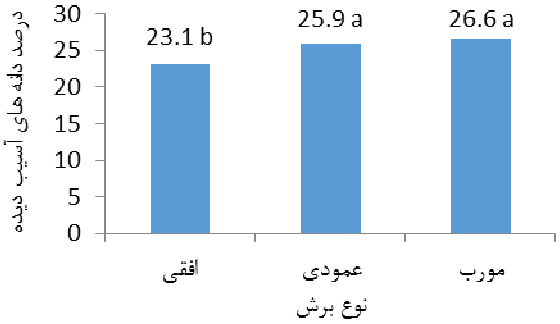
علت وجود پیه اثر فشار باد نازل ها بر روی دانه ها کاهش یافته و بر این اساس اندکی از درصد آسیب دانه ها نسبت به برش مورب کاهش یافته است، گرچه این تفاوت معنی دار نبوده است.



شکل ٦- تاثیر بسامد ارتعاش بر درصد دانه های آسیب دیده



شکل ۷- تاثیر دامنه ارتعاش بر درصد دانه های آسیب دیده



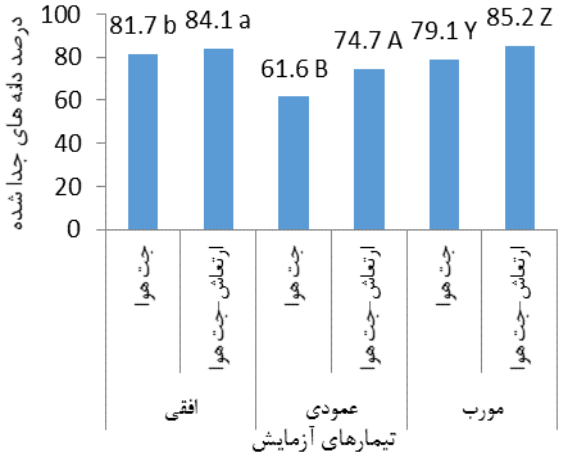
شکل ۸- تاثیر نوع برش بر درصد دانه های آسیب دیده

با این حال میریان گزارش کرد که دستگاه جدا کننده دانه با فشار ۷۰۰ کیلوپاسکال و سه نازل با ۱۰۰ درصد جدایش تنها به ۱/۲ درصد دانه ها آسیب وارد نموده است (میریان، ۱۳۸۸).

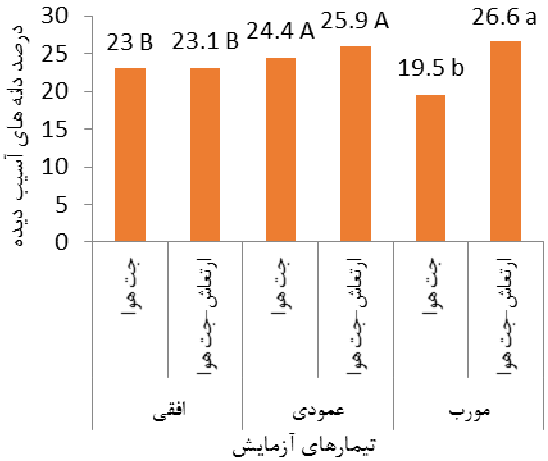
مقایسه عملکرد دستگاه بدون ارتعاش و توام با ارتعاش

روند جدایش دانه مشابه قبل در سامانه جت هوا به تنهایی نیز مشاهده شد. کمترین مقدار جدایش معنی دار در برش عمودی مشاهده شد. نتایج بررسی و مقایسه درصد جدایش در دو روش دانه کردن انار به وسیله جت به همراه ارتعاش و جت هوا به تنهایی در شکل ۹ با آزمون t آمده است. دو روش ذکر شده در هر نوع برش در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. با توجه به اینکه در برش افقی سطح برش عمود بر پیه ها می باشد تاثیر جت هوا به تنهایی در برش افقی کمی بیشتر از برش مورب است.

جت هوا در مجموع با میانگین کل ۲۲/۳ درصد آسیب در مقابل ۲۵/۲ درصد آسیب در حالت ترکیب عمده ترین منبع آسیب به دانه ها بوده است و ارتعاش اثر جزیی در حدود ۳ درصد بر آسیب داشته است (شکل ۱۰).



شکل ۹- درصد جدایش دانه ها در دو روش جت هوا و ارتعاش-جت هوا



شکل ۱۰- درصد آسیب ناشی از جدایش دانه های انار در دو روش جت هوا و ارتعاش-جت هوا

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد در هر دو سامانه جت هوا و ارتعاش-جت هوا نحوه برش میوه بر مقدار درصد جدایش و تلفات دانه ناشی از جدایش اثر معنی داری داشته است. همچنین این مقادیر در هر دو سامانه اختلاف معنی داری را با یکدیگر نشان دادند. بیشترین درصد جدایش در برش مورب و بسامد۳۰ هرتز و دامنه فرکانس ٤ میلی متر به میزان ۸۷ درصد محاسبه شد. این تحقیق نشان داد سامانه ترکیبی ۷/۱٪ درصد در جدایش دانه افزایش ایجاد نموده و در مقابل مقدار ۲/۹٪ تلفات دانه ایجاد کرده است. با توجه به روند بدست آمده در سامانه ترکیبی پیش بینی می شود با تغییر در مکانیزم گیره میوه شرایط برای افزایش مقدار جدا شدن همزمان با کاهش تلفات دانه در آزمون های با فرکانس و دامنه ارتعاش دیگر فراهم گردد.

منابع و مآخذ

۱- بی نام. ۱۳۹۱. سایت انار ایران http://www.anar-Iran.ir/fa/Interduce/Details.aspx .(مراجعه شده در تاریخ مرداد ۱۳۹۱).

۲- رحیمی، ح.۱۳۸۱. بررسی تاثیر سطوح مختلف دامنه و فرکانس ارتعاش بر جداسازی دانه یا خوشه پسته. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۳- میریان، م. ر. ۱۳۸۸. طراحی و ساخت واحد جدایش ماشین دانه‌کن انار: مدل‌سازی و شبیه‌سازی آن به کمک دینامیک سیالات محاسباتی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

٤- مجتبی خیریه، م.، مهارلویی، م. م.، کامگار، س. ۱۳۸۷. طراحی، ساخت و ارزیابی یک شاخه تکان تراکتوری مجهز به بازوهای شناور به منظور برداشت سیب درختی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد.

۵- گلپیرا، ه. ۱۳۷۷. طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین درخت تکان به منظور بررسی تاثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی میوه. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

6- Khazaei, J., Ekrami-Rad, N., Safa, M. & Nosrati, S. Z. 2008. Effect of air-jet impingement parameters on the extraction of pomegranate arils. Journal of Biosystems Engineering. Vol. 100, 214-226.

7- Stafford, J. R. & Diener, R. G. 1972. Design criteria for minimizing pre detachment fruit damage during mechanical shaking. Transactions of the ASAE. Vol. 16, 840-843.

8- Loghavi, M. & Mohseni, SH. 2006. The effects of shaking frequency and amplitude on detachment of lime fruit. Iran Agricultural Research. Vol. 24 and 25, 27-38.

9- Loghavi, M., Khorsandi, F. & Souri, S. 2011. The effects of shaking frequency and amplitude on vibratory harvesting of almond (Prunus dulcis l. cv. 7Shahrood). Annual International Meeting, Kentucky, USA.

10- Loghavi, M., Khorsandi, F. & Kamkar, S. 2010. The effects of shaking frequency and amplitude on detachment of Estahban dried fig (Ficous carica cv. Sabz). XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. Quebec. Canada.

11- Sarig, Y. 1985. Apparatus for separating Pomegranate seeds. United State Patent Office Patent., No. 4530278.

12- Schmilovitch, Z. 2008. Apparatus and method for extracting pomegranate seeds from pomegranates. United State Patent Office., Patent No. 7968136 B2.

Design, development and evaluation of a vibratory-pneumatic pomegranate arils extractor

Abstract

In spite, Iran ranked as a frontier in pomegranate fruit production, due to traditional processing operations for this products ranked as the second pomegranate exporter. In this study, design, fabrication and evaluation of vibratory aril extractor augmented with air system was conducted. The effect of frequency and amplitude of vibration on percentage of arils removal and also damaged arils were tested. Aril extraction was performed by combined vibration and air jet pressure, and air jet pressure alone at three different fruit cutting types. ANOVA revealed that cutting type, frequency and amplitude significantly influenced on percentage of aril extraction at 1% level of significance. The highest amount of extraction was obtained at 30 Hz frequency and 4 mm amplitude for diagonal cutting by 87%. At this condition 23 percent of arils were deteriorated by air jet pressure. A significant difference for percentage of extracted and deteriorated arils was observed between vibratory-air and air systems. Maximum percentage of extraction was achieved by combined system.

Keywords: Air jet, Aril extractor, Pomegranate, Vibration