مشکلات پیش رو در برداشت مکانیزه زعفران (مطالعه موردی: آذربایجان شرقی)

مهدی صمدی[۱] ، شمس ا... عبدا... پور[۲] ،عزیز بابایی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: E mail: m.samadi_tu@yahoo.com

چکیده

زعفران گیاهی با ارزش از لحاظ غذایی، دارویی و اقتصادی می باشد. هر ساله تولیدکنندگان در این بخش هزینه‌های زیادی را برای برداشت و جداسازی این محصول متحمل می شوند. مکانیزه‌کردن برداشت و جداسازی این محصول همواره با مشکلات و موانع متعددی همراه بوده است. مشکلات خاک زراعی مزرعه، الگوی نامناسب کشت محصول، تعیین سیستم شناسایی محصول قابل برداشت، طراحی مکانیزم برش متناسب با شرایط فیزیولوژیکی زعفران، طرح جداسازی کلاله از جمله عواملی هستند که مکانیزه‌شدن فرآیند برداشت را با مشکل روبرو کرده است. طرح های موجود تاکنون با این مشکلات همراه بوده و در نهایت به یک مدل نهایی عملیاتی در مزرعه تبدیل نگردیده است. برای شناسایی و تعیین نقطه برش استفاده از روش پردازش تصویر که می تواند نسبت به رنگ ، مساحت ابعادی ، تغییر بعد در دم و گلبرگ محصول یا پارامترهای دیگر حساس بوده و تعریف برنامه شود، مناسب می‌باشد. مکانیزم برش باید توسط یک بازو کنترل شود تا بتواند گل را از نقطه تعیین شده، برش دهد. در جداسازی می‌توان از تفاوت در خواص اصطکاکی و آیرودینامیکی اجزای گل زعفران استفاده کرد. در این مطالعه سعی شده که با بررسی موانع پیش رو و ارزیابی مطالعات پیشین به ارائه طرح و راهکارهای پیشنهادی مناسب پرداخته شود.

کلمات کلیدی : برداشت ،زعفران، مکانیزه کردن زعفران، مشکلات برداشت، موانع برداشت

مقدمه

زعفران گیاهی از خانواده زنبق بوده که با نام علمی crocus sativus شناخته شده است. گیاهی چند ساله که از غلاف‌های قهوه ای رنگ به نام پیاز تکثیر می‌یابد و دارای ساقه و شش گلبرگ و سه رشته کلاله قرمز رنگ می‌باشد. زعفران گیاهی نیمه گرمسیری بوده و در مناطقی که دارای آب و هوای نسبتا" گرم و خشک هستند کشت می‌شود. این گیاه به دلیل نیاز آبی کم و دارا بودن مزایای اقتصادی از لحاظ ارزآوری بالا و خواص دارویی و غذایی بسیار زیاد از دیرباز مورد توجه بسیاری از سرمایه گذاران در بخش کشاورزی قرار گرفته است.

قسمت خوراکی این گیاه که کلاله زعفران می‌باشد به دلیل دارا بودن رنگ، بو، عطر و طعم مطلوب مصارف زیادی در صنایع غذایی داشته است. به عنوان چاشنی و رنگ دهنده غذا استفاده می‌شود و موجب کاهش چربی و کلسترول خون می‌گردد. از جمله خواص دارویی آن می‌توان به خواصی از قبیل آرام بخش، اشتهاآور، درمان معده درد و کم خونی، عفونت ادراری، یرقان، کمک به هضم غذا و.. اشاره کرد. همچنین زعفران افزایش دهنده تمرکز حواس است و در پیشگیری از آلزایمر و پارکیسون موثر است. تحقیقات نشان داده است زعفران دارای خواص ضد سرطانی بوده و به عنوان یک داروی ضد تومور و جمع کننده رادیکال‌های آزاد عمل می کند(کتاب رسمی داروسازی اروپا opiigrocata tinctara).

ایران با ظرفیت تولید ٪ ۶/۹۵ ،سطح زیر کشت ۴۱ هزار و ۳۲۵ هکتار و تولید سالیانه ۱۵۰ تا ۱۷۰ تن زعفران، بزرگ‌ترین تولید کننده زعفران از نظر کمیت و کیفیت در سطح جهان است که بخش عمده زعفران تولیدی ایران به کشورهای مختلف جهان صادر می‌شود. آمار زعفران تولیدی کشورهای دیگر بر اساس برآورد تولید جهانی در سال ۲۰۰۹ توسط سازمان توسعه تجارت ایران در جدول یک آمده است (حسینی، ۲۰۰۹).

جدول ۱. برآورد تولید جهانی زعفران

کشور	میزان تولید (تن)	سهم تولید از کل (٪)
اسپانیا	۵	/۳۲
یونان	۲	۱/۲
هند	۵/۱	/۹۵
ایران	۱۵۰	۹۵/۶
سایر کشورها شامل مراکش، افغانستان، سوئیس، چین و ...	۳	۱/۹۳

از لحاظ صادرات زعفران اشاره به آمار نهایی صادرات معادل۲۰ میلیون یورو زعفران ایران به اروپا در نیمه نخست سال ۲۰۱۳ به منظور روشن شدن اهمیت اقتصادی این محصول کافی می‌باشد این در حالی است که رقم یاد شده با کاهش ۱۱ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۲ روبرو بوده است(یورو استات، ۲۰۱۲).

نکته حائز اهمیت این است که برداشت به روش سنتی و دستی همواره با مشکلات متعددی همراه بوده است. استفاده از نیروی کار گری در حین برداشت محصول ،انتقال محصول برداشت شده به مکان‌های جدا سازی محصول در حداقل زمان ممکن ،نیروی کارگری بالا برای جدا سازی کلاله و هزینه‌های مرتبط با هر بخش نیاز به مکانیزه کردن برداشت محصول را امری ضروری نمایان می سازد. طی تحقیقات صورت گرفته در خصوص هزینه های برداشت زعفران در منطقه بناب شهرستان مرند از طریق جمع آوری پرسش نامه ها از سرمایه گذاران بخش تولید زعفران برآورد شد که برای برداشت یک هکتار زمین زراعی برای دوره ۲۰روزه برداشت حدود 2400000 تومان در مرحله برداشت و 4800000 تومان در مرحله جداسازی مورد نیاز است که در مجموع هزینه ای بالغ بر 7200000 تومان به مرحله برداشت محصول اختصاص می‌یابد که درصد قابل توجهی از سود حاصل از

محصول را شامل می‌شود. به طوری که در مرحله برداشت، برای برداشت محصول یک هکتار از ۶- ۵ کارگر با دستمزد روزانه ۲۰۰۰۰- ۱۵۰۰۰ تومان و در مرحله جداسازی کلاله از ۱۲- ۱۰ کارگر استفاده می‌شود. همچنین نمی‌توان بحث های مهندسی انسانی (ارگونومیک) که در زمان برداشت برای کارگران برداشت مطرح می‌شود را نادیده گرفت، چراکه سالانه به علت سختی کار برداشت دستی تعداد زیادی از کارگران به بیماری هایی از جمله آرتروز و دردهای زانو و کمر دچار می‌شوند. علاوه بر این تحقیقات نشان داده است که آمار سقط جنین در زنان بارداری که به برداشت زعفران می پردازند بالا بوده به طوری که ۱۰/۵ درصد از خانم‌های باردار که با زعفران تماس داشتند، دچار سقط شدند(کتاب رسمی داروسازی اروپا opiigrocata tinctara). متخصصان اقتصاد کشاورزی علل اصلی افت محصول را مباحث مرتبط با مشکلات برداشت دانسته و اذعان داشته اند بخش عمده افت تولید را عواملی مانند تاخیر در جمع‌آوری محصول از سطح مزارع به دلیل افزایش سطح زیر کشت و کمبود کارگر یا گران بودن دستمزد و تاخیر مضاعف در عملیات جداسازی زعفران از گل،بهداشتی نبودن فرآیند جداسازی و عدم استقبال برخی از کشورها به خاطر این موضوع و همچنین جابجایی‌های مکرر گل زعفران تا مرحله جداسازی باید جستجو کرد. ازطرف دیگر بدون توجه و در نظر گرفتن مشکلات و موانع متعدد در مکانیزه شدن فرآیند برداشت نمی‌توان به طراحی و ساخت ماشین مناسب شرایط ویژه برداشت این محصول قدم برداشت. چنان‌چه در تحقیقات صورت گرفته گذشته مکانیزم موجه و قابل ارائه در زمین زراعی پیدا نشده و همواره تمامی دستگاه‌های پیشنهادی دارای نواقص و خطاهایی بوده‌اند که قابل استفاده در زمین زراعی نبوده و موفق به برداشت محصول بدون افت نشده‌اند. بنابراین بررسی مشکلات مکانیزه شدن و پیشنهاد راهکارهایی برای حل این موانع کمک شایانی را به برداشت ماشینی این محصول خواهد کرد.

مشکلات مطروحه در این زمینه عبارتند از : ۱) شرایط مزرعه ۲) الگوی کشت محصول ۳) ویژگی های فیزیولوژیکی

۱) شرایط مزرعه

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در خصوص خاک زراعی مزارع زعفران در منطقه بناب شهرستان مرند استان آذربایجان شرقی به نظر می‌رسد که باید تمهیداتی به منظور تغییر در روند آماده سازی زمین قبل از برداشت محصول صورت گیرد چرا که

بافت خاک شنی ـ رسی بوده و چسبندگی بالایی دارد. نبود عملیات خاکورزی مناسب و بارندگی‌های متوالی باعث کلوخه‌ای شدن سطح خاک مزرعه شده و عملا حرکت ماشین در مزرعه و برداشت نزدیک سطح زمین را با مشکلات سختی رو برو می‌کند. به طوری‌که کارکرد ماشین در شرایط ذکر شده را تقریبا غیرممکن می‌کند. همچنین اطلاع از شرایط خاک زراعی به خصوص نشست خاک در اثر حرکت ماشین روی آن به دلیل حساس بودن مکانیزم برش می‌تواند طراح را در طراحی هندسه ماشین مقیدتر سازد.

بنابراین با توجه به حساس بودن گیاه زعفران در حین برداشت باید الگویی مناسب برای آماده سازی خاک زراعی با شرایط کاری ماشین پیشنهاد شود تا ماشین طراحی شده بتواند به آسانی به محصول مورد نظر نزدیک شده و عمل برداشت را انجام دهد.

۲) الگوی کشت محصول

تحقیقات نشان داده است که کشت زعفران در مناطق مختلف به سه روش کپه‌ای، ردیفی و درهم صورت می‌گیرد. در کشت کپه‌ای پیازها به صورت ۳ یا ۴ عدد در کنار هم کشت شده و الگوی آن به صورت پراکنده در سطح مزرعه‌می‌باشد (شکل ۱. الف). از مزایای این الگو می‌توان به تسهیل فرآیند برداشت دستی اشاره کرد که کارگر با تحرک کم قادر به چیدن تعداد زیادی گل خواهد شد. از معایب این نوع کشت می توان به آفت زدگی بیش‌تر محصول – غالبا" حیوانات زیرخاکی ازجمله موش- اشاره کرد که در این صورت خسارت بیش‌تری به محصول وارد می‌سازد. در کشت درهم نیز بنه‌ها به‌صورت پراکنده در سطح زمین کشت می‌شوند که مزایا و معایب کشت کپه ای را خواهد داشت(شکل ۱. ب). درکشت ردیفی محصول در روی یک ردیف و به فاصله ۲۵ سانتی متر از هم کشت می‌شود (شکل ۱. ج).

شکل ۱. روش‌های کشت زعفران به الف) کپه‌ای ب) درهم ج) ردیفی

۳) ویژگی‌های فیزیولوژیکی محصول

از جمله ویژگی‌های فیزیولوژیکی زعفران که می‌تواند در طراحی ماشین برداشت مورد توجه قرار گیرد، می‌توان به ارتفاع کوتاه ساقه زعفران،عدم رشد گل‌های یک بوته به طور همزمان،بالا بودن حساسیت گل زعفران در برابر آسیب های احتمالی وارده اشاره کرد. بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده ارتفاع گل زعفران از سطح زمین حدود ۱۵–۱۰ سانتی‌متر و علف‌های پیرامون آن دارای ارتفاعی در حدود ۴۰– ۳۰ سانتی‌متر هستند (قاسمی، ۱۳۸۰) که این موضوع نیاز به مکانیزم برشی را لازم می دارد که تیغه برش بتواند نزدیک سطح زمین کار کند که مطالعه بیش‌تری را در طراحی مکانیزم برش می‌طلبد.

طراحی شانه برشی که بتواند خیلی نزدیک به سطح زمین کار کند بسیار مشکل است چرا که از یک طرف در اثر نزدیکی به سطح خاک موجب ساییدگی شانه شده و از طرف دیگر ارتفاع آن قابل تنظیم باشد چرا که ارتفاع تمام گل‌ها از سطح زمین یکسان نیست، ارتفاع خود را با پستی و بلندی های زمین زراعی تطبیق دهد و عمل برش را به بهترین شکل انجام دهد.

فواصل زمانی رشد گل‌های یک بوته زعفران که در فصل برداشت از یک پیاز مشترک رشد می‌کنند متفاوت بوده و به طور متوسط ۲ یا ۳ گل در یک بوته رشد می‌کند. بنابراین ماشین طراحی شده باید قادر به تشخیص و شناسایی محصول قابل برداشت با محصول غیر قابل برداشت بوده و به مکانیزم برش فرمان دهد تا عمل برش فقط برای محصول قابل برداشت عملی گردد. تا کنون در کارهای صورت گرفته به این مورد توجه ویژه‌ای مبذول نشده و ماشین های طراحی شده تمام محصول سطح مزرعه را برداشت کرده که موجبات افت بیش‌تر محصول را در بر داشته است. همچنین بالا بودن حساسیت گل زعفران در برابر آسیب‌های وارده از سوی مکانیزم برش و جدا سازی در موقع برداشت ممکن است آسیب‌های جدی به محصول وارد کرده و موجب کاهش کیفیت و افت محصول گردد.

لذا هدف از این مطالعه ،جمع بندی و ارائه دیدگاه جامع در خصوص موانع و مشکلات پیش رو در برداشت مکانیزه زعفران برای یک طراح می باشد. امید است ورود محققان و اندیشمندان در این موضوع منجر به طراحی و ساخت یک ماشین مکانیزه متناسب با شرایط ویژه‌ی این محصول شود.

مواد و روش‌ها

برداشت کلاله زعفران در دو مرحله برش و جداسازی کامل می‌شود که اختیار مکانیزم‌های مربوطه نیازمند تشخیص پدیده های فیزیکی مرتبط و به تبع آن عملگرهای مقتضی است.

مکانیزم برش

در طراحی و پیاده سازی مکانیزم مناسب برای چیدن گل زعفران در نظر گرفتن نکات زیر ضروری به نظر می‌رسد.

۱–دماغه (هد) بتواند خیلی نزدیک به سطح زمین کار کند.

۲–خطوط تراز زمین توسط دماغه دنبال شود.

۳-مکانیزم برش قابلیت تنظیم داشته باشد چرا که به نظر می‌آید انقطاع یا برش در یک نقطه اختصاصی، بیش‌ترین بازده جداسازی کلاله از سایر اجزاء گل را در بر خواهد داشت.

۴-مکانیزم برش امکان شناسایی داشته باشد. بدین معنی که رسیدگی فیزیولوژیک گل‌ها در نقاط مختلف مزرعه متفاوت بوده و همزمان نمی‌توان همه آن‌ها را برداشت نمود. لذا باید بعد از شناسایی اقدام به برداشت نمود.

۵-قطع ارتباط گل از پیاز با حداقل مصرف انرژی توام باشد.

۶-چیدن و انتقال گل به مکانیزم‌های بعدی با حداقل تلفات توام باشد.

الف)شناسایی محصول

به منظور شناسایی محصول قابل برداشت، استفاده از پردازش تصویر جای بحث دارد و تعریف تابعی که به واسطه آن عمل تشخیص انجام شود، خود جای بسی تامل است. به طوری که اگر ابعاد و مساحت گل قابل برداشت جهت تشخیص برای تصویر گرفته شده تعریف شود، ماشین می‌تواند محصول را تشخیص داده و به سمت آن حرکت کرده و آماده برش شود. از طرف دیگر معیارهای دیگری از قبیل شدت رنگ، نسبت مساحت به تعداد گلبرگ و ... نیز می‌تواند در این خصوص مطرح گردد که بعد از بررسی‌های تخصصی می‌توان نتیجه‌گیری کرد.

ب)تعیین نقطه برش

اساسی‌ترین مرحله حذف ارتباط گل از زمین تعیین نقطه‌ای است که مکانیزم مورد نظر باید آن را انجام دهد. نقطه ای که با جداسازی ارتباط گل از زمین، جداسازی اولیه اجزاء زعفران صورت گیرد یعنی محلی که کلاله از گلبرگ‌ها و دیگر اجزاء جدا شود. این نقطه از طریق آزمایش قابل دست‌یابی می‌باشد. بدین معنی که نمونه‌هایی تهیه کرده و از طریق سعی و خطا و مشاهدات، نقطه مناسب تعیین گردد. در این پژوهش از این روش استفاده شد.

ج) طراحی دستگاه جداسازی ارتباط گل از زمین

با نگاهی اجمالی به خواص مکانیکی مواد مهندسی می‌توان دریافت که مقاومت برش اغلب مواد از مقاومت یا استحکام کششی آن پایین تر است. هرچه شکل پذیری بیش‌تر باشد این اصل قاطع‌تر می‌باشد. در این راستا تعیین مقاومت کششی و برشی محصول باید در اولویت باشد. بدین منظور برای تعیین نیروی انقطاع و برش تحت تاثیر نیروی تک محوره شبه‌استاتیک از مکانیزمی مشابه شکل ۲ استفاده شد.

شکل ۲. مکانیزم تعیین مقاومت کششی و برشی

برای این منظور آزمایش در ۳ سطح از نقطه‌نظر فاصله از نهنج و ۴ تکرار به صورت کاملاً تصادفی انجام گرفت. برای هر آزمایش ، هر نمونه گیاه کامل زعفران به‌صورت جداگانه در فاصله بین فک‌های ثابت و متحرک مکانیزم قرقره قرار می‌گرفت. گیاه از نقاط مدنظر به‌واسطه لاستیک به طناب (فک متحرک) بسته و پیاز آن به‌وسیله یک مخروط ناقص کوچک به وزنه (فک ثابت) که به زمین پیچ شده ، متصل می‌شد. با حرکت فک متحرک به‌واسطه افزایش وزن آب در طرف دیگر که این افزایش وزن به‌صورت آرام و شبه‌استاتیکی صورت می‌گیرد، کشیده‌می‌شد. بارگذاری تا لحظه‌ای که نیرو به بیشترین مقدار خود می‌رسید و نمونه تحت انقطاع قرار می‌گرفت، ادامه می‌یافت. بعد از انقطاع قطر مقطع انقطاع به‌وسیله کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و متعاقباً مقدار آب موجود در ظرف بوسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین می‌شد تا جرم آن بدست‌آید. با ضرب جرم آب در شتاب گرانش زمین (۹/۸۱) مقدار وزن آب مشخص می‌شود.

با رسم دیاگرام نیروها و اعمال روابط تعادل خواهیم داشت:

(معادله ۱)

$$+\uparrow Y \text{ امتداد}: \sum F = 0 \implies T - F_y$$

$$T - mg = 0 \implies T = mg$$

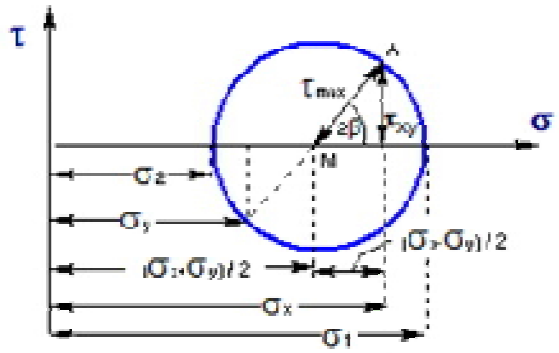
بنابراین با داشتن نیروی وارده و سطح مقطع نمونه‌ها ، از رابطه تنش می‌توان تنش تک محوره را محاسبه نمود:

$$\sigma = \frac{T}{A}$$

(

(معادله۲

با تعیین تنش تک محوره قائم می‌توان از روابط تبدیل تنش، به تنش برشی و نهایتاً نیروی برشی برای ساقه زعفران رسید. برای این منظور تنش قائم را به عنوان تنش اصلی σ_1 در نظر گرفته و دایره موهر متناسب با شرایط $\begin{cases} \sigma_1 \\ \sigma_2 = 0 \end{cases}$ را ترسیم می‌کنیم. از روی دایره موهر ترسیمی ،تنش برشی ماکزیمم که برابر با $\frac{\sigma_1}{2}$ می‌باشد، تعیین می‌گردد. دایره موهر مربوط به هر سطح آزمایش ترسیم گردید و تنش برشی متناسب با آن گزارش شد.



شکل ۳. دایره موهر

لذا انتخاب مکانیزمی که عمل برش را انجام دهد بر انقطاع زعفران، ترجیح داده می‌شود. چراکه بازده انرژی بالایی را دربرخواهد داشت. از طرفی محدودیت‌های طرح شده در بند ویژگی‌های فیزیولوژیک محصول، به کارگیری مکانیزم متناسب با انقطاع را غیرممکن می‌سازد. هم چنین طراحی و ساخت و تعبیه مکانیزم برش در حداقل فضای فیزیکی امکان پذیر می‌باشد. از طرفی دیگر قابلیت تشخیص و تنظیم نیز جزء موارد طراحی است.

جداسازی

برای جداسازی اجزای گل زعفران ابتدا باید مبانی فیزیکی مرتبط بیان شوند. خواص متفاوتی از اجزاء می‌تواند به‌عنوان معیار بدین منظور در نظر گرفته شود. از جمله خواص فیزیکی، نوری، مغناطیسی و ... . مطابق بررسی‌های بعمل آمده اصطکاک و خواص آیرودینامیک اجزاء مناسب‌ترین معیارها از این منظر می‌باشند.

بدین منظور برای بهره مندی از این خواص در این مطالعه به ترتیبی که در پی می‌آید عمل شد.

۱-تعیین ضریب اصطکاک اجزای گل زعفران

ضریب اصطکاک اجزای زعفران بر روی ۳ سطح نئوپان ، ورق گالوانیزه و پلی‌کربنات تعیین شد(شکل۴) . این آزمایشات در رطوبت برداشت و ۵ تکرار به صورت کاملاً تصادفی اندازه‌گیری شدند. استوانه بر روی سطح شیبدار قرار داده‌شد و درون آن از نمونه‌ها پر شد، سپس استوانه را به آرامی کمی بلند کرده، به‌طوریکه با سطح شیبدار تماس نداشته‌باشد. شیب سطح شیبدار تدریجاً افزایش داده می‌شد تا حدی که استوانه شروع به سرخوردن می‌کرد.در این لحظه ، زاویه سطح شیبدار،φ، اندازه‌گیری می‌شد. برای هر تکرار نمونه‌های داخل استوانه خالی شده و استوانه مجدداً از نمونه پر می‌شد. در این حالت ضریب اصطکاک استاتیکی ،μ، که برابر با تانژانت زاویه سطح شیبدار است طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردید:

$$\mu = tan\varphi \qquad (۳$$

(معادله

شکل ۴. سطح شیبدار

۲-تعیین سرعت حدّ اجزای گل زعفران

برای مشخص نمودن سرعت حدّ اجزای گل زعفران از تونل باد قائم استفاده شد (شکل ۵).

شکل ۵. تونل باد قائم

در این روش، نمونه‌ها در مقطع آزمایش تونل و در مرکز توری قرار داده می‌شدند. با افزایش سرعت دورانی دمنده، توسط تغییر-دهنده فرکانس[1] و دیافراگم دمنده که از ۱۸۰–۰ درجه مدرج شده‌است، سرعت جریان هوا به آرامی افزایش داده‌می‌شد تا ارتباط نمونه‌ها با سطح توری قطع شده و به حالت تعلیق برسند. سرعت هوا در لحظه تعلیق به عنوان سرعت حد نمونه ثبت می‌شد. اندازه‌گیری سرعت حد در مقطع آزمایش به‌وسیله سرعت‌سنج سیم‌داغ[2] با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه در ۵ نقطه مقطع انجام شد و میانگین سرعت این ۵ نقطه به عنوان سرعت حد یک تکرار درنظرگرفته‌شد. سرعت حد اجزای گیاه زعفران در رطوبت برداشت و ۵ تکرار به صورت کاملاً تصادفی مطابق فوق اندازه‌گیری شد.

در نهایت برای جداسازی از ۲ دستگاه جداسازی نقاله نوسانی و تونل باد استفاده شد. نقاله نوسانی از یک نوسانگر SINOCERA Piezotronics Inc مدل JZK-2 (شکل ۶) و صفحه به طول ۳۲سانتی متر و عرض ۲۲ سانتی متر تشکیل شده است که قادر است در شیب‌ها، فرکانس‌ها و دامنه‌های مختلف کار کند. بدلیل عدم وجود اطلاعات کافی در زمینه فرکانس ، شیب و دامنه مناسب جداسازی از یک نمونه شاهد ۳ گرمی برای تعیین فرکانس، شیب و دامنه آزمایشات استفاده شد. نمونه بر روی صفحه شیبدار نقاله نوسانی قرار داده‌شد و با دامنه، فرکانس و شیب‌های مختلف، مورد آزمایش قرار گرفت.

شکل ۶ . دستگاه نوسانی

1. Inverter
2. Hot Wire

نتایج و بحث

شناسایی محصول

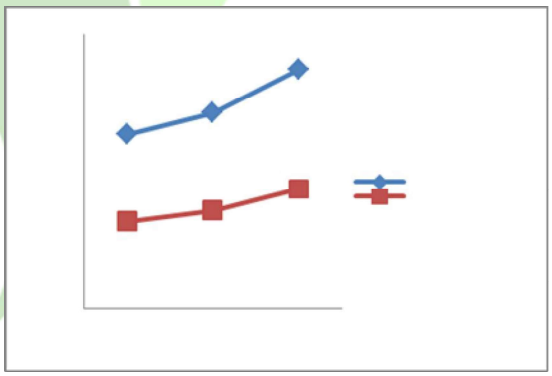
برای شناسایی محصول از پردازش تصویر استفاده شود و تابعی بر اساس رنگ، تفاوت در ابعاد اجزاء زعفران و .... محصول قابل برداشت با محصول غیرقابل برداشت تعریف شود. نتیجه بدست آمده (Luis Gracia et al.,2009) این روش را تصدیق می کند.

تعیین نقطه برش

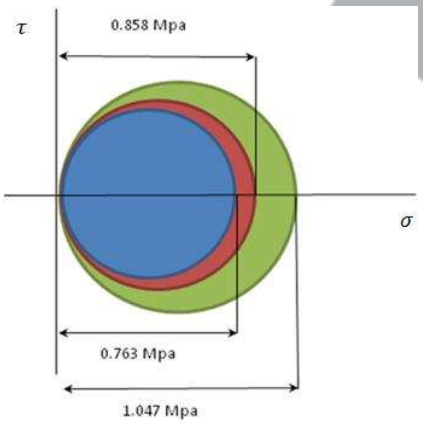
با برش دستی گیاه بوسیله قیچی از نقاط مختلف ، نقطه مناسب برای این منظور نقطه‌ای بین ۶-۴ میلی‌متری نقطه نهنج تعیین شد که این نتیجه مطابق با نتیجه (عمادی و همکاران، ۱۳۸۷) می‌باشد. خروجی حاصل از برش یک گیاه در این محدوده ، تفکیک گیاه به گلبرگ ، پرچم و کلاله بود که با برش چند گیاه در یک بار قیچی کردن ، خروجی شامل موارد ذکر شده و برگ گیاه می‌باشد.

انقطاع یا برش

نتایج حاصل برای تنش کششی و برشی با افزایش فاصله از نهنج در شکل (۷) و (۸) آورده شده است.



شکل ۷. تغییرات تنش در ساقه زعفران به عنوان تابعی از طول



شکل ۸ . دوایر موهر سطوح مورد نظر

با فاصله گرفتن از نهنج به علت افزایش پوشش ساقه و قطر آن ، مقدار تنش قائم به صورت تابعی از طول ساقه تغییر می‌کند، به طوریکه افزایش فاصله باعث افزایش تنش قائم و متعاقبا افزایش تنش برشی، و کاهش آن ، کاهش تنش قائم و برشی را به‌دنبال دارد.

تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی اجزاء

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی اجزای زعفران در شکل (۹) نشان داده شده است.

شکل ۹ . نمودار تغییرات ضریب اصطکاک اصطکاکی اجزای زعفران در سطوح مختلف

جهت‌گیری کلاله‌ها و پرچم به خاطر میله‌ای بودن آن‌ها ، رطوبت بالا در مقابل طول و وزن کم آن‌ها ، باعث افزایش ضریب اصطکاک استاتیکی نسبت به گلبرگ و برگ که طول بیش‌تر و سطح تماس کم‌تری دارند.

با مقایسه سطوح نسبت به هم معلوم می‌شود که سطوح گالوانیزه و نئوپان نسبت به پلی‌کربنات در امر جداسازی اجزا جواب بهینه-ای می‌دهند و این به‌خاطر خاصیت ضعیف الکتروستاتیکی پلی‌کربنات است که کلاله و پرچم راکه دارای وزن کمی می‌باشند در مقادیر ضریب اصطکاک نزدیک به‌هم نشان می‌دهد.

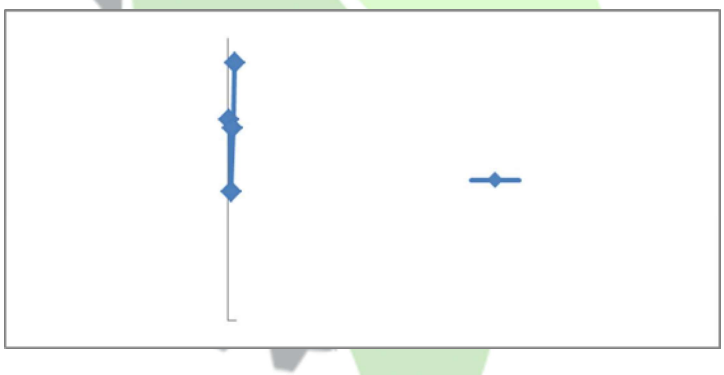
تعیین سرعت حد

مقادیر میانگین و نتایج حاصل از اندازه‌گیری سرعت حد اجزای زعفران در جدول (۲) و شکل(۱۰) ارائه شده‌است. با مقایسه میانگین سرعت حد اجزا در رطوبت برداشت، مشاهده می‌کنیم کلاله دارای بیش‌ترین مقدار سرعت حد ۳/۶۶ m/s و گلبرگ کم‌ترین سرعت حد ۱/۸۴ m/s را دارد.

جدول ۲. نتایج سرعت حد اجزای زعفران

نوع جزء	کلاله	پرچم	برگ	گلبرگ
میانگین (m/s)	۳/۶۶	۲/۷۴	۲/۸۶	۱/۸۴

نتایج حاصل نشان می‌دهد که سرعت حد کلاله با دیگر اجزا در محدوده ۲-۱ متر برثانیه اختلاف دارند و این بیانگر امکان جدا-کردن کلاله از دیگر اجزای زعفران به‌وسیله خاصیت آیرودینامیکی آن‌ها است.



شکل ۱۰. نمودار سرعت حد اجزای زعفران در رطوبت برداشت

نتایج (عمادی و همکاران، ۲۰۰۹) ، (واله گوژدی و همکاران، ۱۳۸۷) در زمینه سرعت حد و ضریب اصطکاک اجزای زعفران ، نتایج فوق را تصدیق می‌کند.

نتایج جداساز نقاله نوسانی

میانگین جداسازی نقاله نوسانی و زمان بهینه برای دست‌یابی به درصد کلاله بیشتر در سطوح مختلف فرکانس، شیب و دامنه در جدول (۳) نشان داده‌شده‌است.

جدول ۳. مقادیر میانگین جداسازی کلاله، ناخالصی و زمان بهینه

شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آزمایش	فرکانس ۳۰ دامنه ۵ شیب ۱۰	فرکانس ۳۰ دامنه ۷ شیب ۱۰	فرکانس ۳۵ دامنه ۵ شیب ۱۰	فرکانس ۳۵ دامنه ۷ شیب ۱۰	فرکانس ۳۵ دامنه ۵ شیب ۱۵	فرکانس ۳۰ دامنه ۷ شیب ۱۵	فرکانس ۳۵ دامنه ۵ شیب ۱۵	فرکانس ۳۵ دامنه ۷ شیب ۱۵
میانگین کلاله	٪۸۴/۴۷	٪۸۱/۵۷	٪۸۸/۱۰	٪۹۷/۱۷	٪۹۶	٪۹۷/۶۳	٪۹۹/۰۳	٪۹۵/۸۳
میانگین ناخالصی	٪۴۵/۵۰	٪۴۹/۶۰	٪۲۶/۳۰	٪۴۸/۷۰	٪۵۲/۶۰	٪۷۱/۳۰	٪۷۵/۶۰	٪۴۷/۸۰
زمان (s)	۲۲	۱۴	۱۶	۱۴	۱۴	۱۲	۱۲	۶

طبق مشاهدات و نتایج حاصل از میانگین جداسازی کلاله و ناخالصی بهترین حالت برای حصول جداسازی با کیفیت بیش‌تر مربوط به فرکانس ۳۵ هرتز و شیب ۱۰ با دامنه‌های ۵ و ۷ میکرون می‌باشد که بیش‌ترین جداسازی کلاله را داشته و در عین حال کم-ترین ناخالصی را دارند. در این دو حالت بهینه، ناخالصی خروجی شامل کم‌ترین گلبرگ و برگ در خروجی می‌باشد. دلیل عمده کاهش کلاله در خروجی نقاله طبق مشاهدات به خاطر احاطه شدن زعفران‌ها توسط گلبرگ‌ها و یا گلبرگ روی زعفران‌ها را پوشانده و از ارتعاش آن‌ها جلوگیری می‌کند.

نتایج تونل باد

مقادیر میانگین جداسازی کلاله بوسیله تونل باد درجدول (۴) ارائه شده‌است. مقادیر سرعت هوا در محدوده ۳/۵ m/s– ۱/۹ متغیر بود.

جدول ۴. مقادیر میانگین جداسازی کلاله وناخالصی بوسیله تونل باد

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
میانگین کلاله	٪۸۵/۱۳	٪۸۵/۰۷	٪۹۱/۰۳	٪۸۹/۸۳	٪۸۳/۷۳	٪۷۱/۱۷	٪۶۸/۸۰	٪۷۸/۵۷
میانگین ناخالصی	٪۴۳/۱۲	٪۳۹/۵۰	٪۶۸/۳۱	٪۴۸/۲۰	٪۴۵/۱۴	٪۲۴/۷۳	٪۲۸/۴۰	٪۵۱/۹۱

دلیل میانگین ناخالصی بیش‌تر به خاطر نوع اجزای موجود در ورودی می‌باشد. گلبرگ در حین افزایش سرعت هوا در محدوده سرعت حد ۱/۹ m/s گلبرگ از نمونه‌ها جدا می‌شود ولی پرچم و برگ به دلیل نزدیکی سرعت حدشان به سرعت حد کلاله که در حدود ۳/۶ m/s می‌باشد در خروجی زعفران دیده می‌شوند.

نتیجه گیری

بهره گیری از آیرودینامیک به منظور جداسازی در صورتی میسر خواهد بود که اجزاء گل زعفران منفک شده باشند که با توجه به محدودیت‌های موجود و مورفولوژی گل زعفران بایستی بعد از برش یا انقطاع ساقه نیز این مهم ناشدنی است و بایستی با بهره گیری از پدیده‌های فیزیکی در نیل به هدف رهنمون شد.

چنان‌چه قرار باشد از یک تونل باد قائم برای جداسازی اجزای گل زعفران بهره گرفته شود به نظر می رسد وجود یک مکانیزم انتقال مواد از مرحله برش تا مرحله تونل باد ضروری می باشد که می توان در این مکانیزم پیوستگی اولیه کلاله با دیگر اجزاء را از بین برد تا در مرحله هوا دهی، جداسازی به طور کامل انجام گیرد که مشکل جدا نشدن اجزاء در برخی گل ها درتونل باد نیز برطرف شود. با توجه به آزمون‌های انجام یافته، اختلاف معنی داری بین ضریب اصطکاک اجزای گل زعفران موجود است که در صورت جریان یافتن تمام اجزاء روی یک سطح شیب دار، شتاب متفاوتی خواهند داشت. چراکه با توجه به قانون دوم نیوتن نیروی برآیند و نیز جرم متحرک و به تبع آن شتاب در کدام از اجزاء نیز متفاوت خواهد بود. لذا بهره گیری از یک نقاله شیب دار می توان به جدایش اولیه اجزاء کمک نمود. برای از بین بردن پیوستگی اولیه اجزاء گل می توان این نقاله را با دامنه و فرکانس مشخص به ارتعاش درآورد تا به لایه ای شدن مواد کمک نمود. با این تمهیدات در مرحله نهایی می توان به واسطه جریان هوا و تفاوت در سرعت حد اجزاء، اقدام به جداسازی نمود. ناگفته نماند همه این موارد به شرطی قابل قبول و اجراء خواهند بود که به کارگیری تجهیزات و مکانیزم یاد شده آسیب‌های جدی بر محصول وارد نکند چراکه حفظ کیفیت از مهم ترین عوامل خصوصا در صادرات این محصول خواهد بود. البته چنان که هدف فرآوری کلاله باشد، حساسیت موارد یاد شده کم‌تر خواهد شد. ین مکانیزم می تواند

سطح شیبداری که با زاویه اصطکاک کلاله زعفران تنظیم شده است و در محدوده دامنه و فرکانس ارتعاشی نتیجه گرفته شـده از

داده های آزمایشگاهی مرتعش می شود، باشد که هم عمل انتقال مواد را انجام دهد و هم جداسازی اولیه اجزاء را انجام دهد.

فهرست منابع

۱- فارما کوپه اروپا (کتاب رسمی داروسازی اروپا به نام opiigrocata tinctara)، ۱۳۹۰
۲- حسینی، رییس شورای ملی زعفران ایران، ۲۰۰۹
۳- مرکز آمار یورو استات، ۲۰۱۲
۴- کوچکی، ع. تبریزی، ل. جهانی کندری،م. محمدآبادی، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر تراکم بالای بنه و سه روش کاشت بر برخی ویژگی های زراعی زعفران و رفتار بنه ها، مجله علوم باغبانی ایران، جلد ۴۲، شماره ۴، ص ۳۹۱-۳۷۹
۵- امیر قاسمی، ت.۱۳۸۰. زعفران طلای سرخ ایران. انتشارات آیندگان
۶- واله قوژدی، ه؛ حسن بیگی، ح؛ سعیدی راد، م؛ کیانمهر، م .۱۳۸۷. تعیین ضریب اصطکاک و سرعت حد گل زعفران و اجزای آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس ابوریحان دانشگاه تهران.

7- Emadi, B. 2009. Separating Saffron Flower Parts Using Vertical Air Column. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 49.
8- Gracia, L., C. Perez-Vidal and C. Gracia-López (2009). "Automated cutting system to obtain the stigmas of the saffron flower." Biosystems_Engineering 104(1): 8-17.
9- Ano names; 2009 ; saffron in Europe ; whit book.

Problems facing the mechanized harvesting of saffron

Abstract

The saffron is valuable plant in the food, pharmaceuticalcal and economic. Each year, producers in this part , many costs incurred for the harvesting and separation of the product are sufferer. Mechanized harvesting and sepration of the product has always been associated with numerous obstacles . Problems in farm soil , planting pattern Inappropriate product, identification system determines the product concept , design cutting mechanism according to the physiological conditions of saffron, stigma separation plan including factors that are difficult to mechanize the harvesting process . The designs have been associated with this problem and eventually a final model has not become operational in the field . To identify and determine the cut-off point that can be used for image processing according to color , size dimensions , change the product on the tail and petals or other sensitive parameters are defined in the program . Cutting mechanism should be controlled by a lever in order to set up the point - cut . The difference in frictional properties and aerodynamic separation can be used parts of flowers . In this study, we examined the barriers faced in previous studies to evaluate the project and proposed strategies for addressing .

Key words : saffron, harvesting, problems of saffron, mechanized, sepration