

نشریه فنی ۸

شناخت روش‌های مکانیزه و پیشرفته سورتینگ پیاز زعفران

بهاره جمشیدی، محمدحسین سعیدی‌راد،
سعید ظریف‌نشاط، فرزاد آزادشهرکی



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

شناخت روش‌های مکانیزه و پیشرفته سورتینگ پیاز
زعفران

تهیه و تدوین:

بهاره جمشیدی^۱، محمدحسین سعیدی راد^۲، سعید

ظریف نشاط^۲، فرزاد آزادشهرکی^۱

۱-اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
۲-اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی
خراسان رضوی

سال انتشار:

۱۴۰۰



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: نشریه فنی

عنوان نوشتار: شناخت روش‌های مکانیزه و پیشرفته سورتینگ پیاز زعفران
نگارنده: بهاره جمشیدی، محمدحسین سعیدی‌راد، سعید ظریف‌نشاط، فرزاد آزادشهرکی
ویراستار ادبی: فؤاد تاجیک

صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست

ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: ۱۴۰۰



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۵۹۴۹۸ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۰/۰۲/۱۲

مخاطبان نشریه:

سازندگان و تولیدکنندگان ماشین‌های سورتینگ زعفران، زعفران‌کاران پیشرو،
کارشناسان پهنه

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- سورتینگ پیاز زعفران
- روش‌های مکانیزه سورتینگ پیاز زعفران
- کاربرد فناوری‌های پیشرفته در سورتینگ پیاز زعفران
- مزایا و معایب روش‌های مکانیزه و پیشرفته در سورتینگ پیاز زعفران

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه
۳	۲- سورتینگ پیاز زعفران
۴	۳- ماشین‌های سورتینگ بر پایه وزن
۵	۳-۱ سورت‌ر وزنی (جرمی)
۵	۳-۲ سورت‌ر ابعادی (اندازه‌بند)
۵	۴- روش‌های مکانیزه سورتینگ ابعادی پیاز زعفران
۵	۴-۱ روش‌های سرنندی
۱۳	۴-۲ روش غلتک‌های واگرا
۱۶	۵- کاربرد فناوری‌های پیشرفته در سورتینگ پیاز زعفران
۱۸	۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۱۹	فهرست منابع

مقدمه

زعفران^۱ (*Crocus sativus* L.) گران‌بهاترین محصول کشاورزی و یکی از باارزش‌ترین گیاهان ادویه‌ای و دارویی است. ایران، بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۰ درصد محصول سالانه زعفران دنیا در ایران تولید می‌شود (Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2020).

زعفران یک گیاه علفی بدون ساقه و دارای پیاز^۲ یا بنه است که با آن تکثیر می‌شود. به‌طور معمول، پیازهای جدید در بالا و تعداد کمی هم در اطراف و قاعده پیازهای اصلی یا مادری به وجود می‌آید. پیاز زعفران برخلاف پیاز خوراکی که از یک ساقه محصور در برگ‌های اندوخته‌ای تشکیل شده، یک ساقه زیرزمینی دایره‌ای شکل، سخت، گوشت‌دار و توپیر است که با پوسته‌های فیبری قهوه‌ای‌رنگ پوشیده شده است (ذبیحی، ۱۳۹۶).

عملکرد زعفران تابع اندازه پیاز آن است. به عبارت دیگر، اندازه پیاز زعفران اثر معنی‌داری روی عملکرد گل زعفران و کلاله^۳ (که پس از خشک‌شدن، زعفران تجاری را تشکیل می‌دهد) دارد (Arslan et al., 2012). هرچه پیاز زعفران بزرگ‌تر باشد، عملکرد گل و کلاله زعفران بیشتر می‌شود. بنابراین، یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت و افزایش عملکرد زعفران، انتخاب و کاشت پیازهای درشت است و کاشت پیازهای کوچک سبب کاهش شدید عملکرد می‌شود (جمشیدی، ۱۳۹۹). هم‌چنین، پیازهای انتخاب‌شده برای کاشت بایستی عاری از بیماری و بدون آسیب‌دیدگی باشد (Monika et al., 2018). در بیش‌تر مناطق، هنگام کشت زعفران، پیازها از نظر اندازه و وزن تفکیک نمی‌شود و یا این کار به صورت دستی و غیردقیق انجام می‌شود.

طول دوره گل‌دهی پیاز زعفران بسته به تراکم اولیه کاشت پیازها بین ۵ تا ۱۰ سال متفاوت است. در پایان این دوره به دلیل تکثیر زیاد پیازها، فضای ناکافی

1- Saffron

2- Corm

3- Stigma

برای رشد رویشی گیاه، و کاهش عناصر غذایی خاک، عملکرد محصول کاهش می‌یابد. در این مرحله، بایستی پیازهای زعفران از زمین خارج و به مزرعه جدید منتقل شود. به طور متوسط، از مزارع ۵ تا ۱۰ ساله می‌توان ۲۰ تا ۳۰ تن در هکتار پیاز زعفران برداشت کرد. پیازهای برداشت‌شده در اطراف بقایای پیازهای مادری به هم متصل هستند که بایستی از یکدیگر جدا و لایه‌های فیبری اضافی آن‌ها برداشته شود. در بیش‌تر مناطق کشت زعفران، جداسازی پیازها از بقایای پیاز مادری و حذف پوسته‌های فیبری اضافی توسط کارگر و به صورت دستی انجام می‌شود که با توجه به تعداد زیاد پیاز تولید شده و هزینه کارگری زیاد، کاری زمان‌بر و پرهزینه است (Saeidirad, 2020). بنابراین، مکانیزه کردن عملیات سورتینگ^۱ (جداسازی بر اساس یک یا چند ویژگی مانند وزن، اندازه، رنگ و غیره) و درجه‌بندی^۲ (جداسازی بر اساس درجه مرغوبیت) پیازهای زعفران اهمیت و ضرورت دارد. برای تفکیک پیازهای زعفران (به‌ویژه بر پایه اندازه)، وجود فناوری‌های مناسب با هدف تهیه پیازهای درشت، سالم و با کیفیت در زمان کم‌تر و با هزینه کم‌تر ضروری است.

در سال‌های اخیر، سورتینگ و درجه‌بندی پیاز زعفران مورد توجه تولیدکنندگان و صنعتگران داخلی و خارجی قرار گرفته است. این نوشتار به بیانی ساده، با هدف معرفی روش‌های مکانیزه و پیشرفته برای سورتینگ پیاز زعفران با تاکید بر مزایا و معایب هر روش برای بهره‌برداران کشاورزی تهیه شده است. امید است محتوای این نشریه بتواند در ترویج و توسعه استفاده از فناوری‌های پیشرفته و مکانیزه مناسب در کشور برای سورتینگ پیاز زعفران موثر باشد. در این صورت، افزایش کمی و کیفی زعفران را به عنوان یکی از منابع مهم درآمد ارزی برای کشور می‌توان انتظار داشت.

1- Sorting
2- Grading

۲- سورتینگ پیاز زعفران

اندازه پیازهای زعفران متفاوت و وزن آن‌ها بین ۲ تا ۴۰ گرم است (Saeidirad, 2020). برای طبقه‌بندی پیازهای زعفران بر اساس اندازه، شاخص دقیقی وجود ندارد ولی پیشنهاد می‌شود به جای قطر، از وزن پیاز (در رطوبت ۱۶ درصد) استفاده شود که دقیق‌تر و عملی‌تر است (Koocheki and Seyyedi, 2020). شکل ۱ طبقه‌بندی پیازهای زعفران را بر اساس وزن نشان می‌دهد. در این طبقه‌بندی، پیازهای زعفران به چهار دسته تقسیم می‌شود:

(الف) پیازهای کوچک (وزن ۴ گرم و کم‌تر)،

(ب) پیازهای متوسط (وزن ۴/۱ تا ۸ گرم)،

(ج) پیازهای نسبتاً بزرگ (وزن ۸/۱ تا ۱۲ گرم)، و

(د) پیازهای بزرگ (وزن بیش از ۱۲ گرم)



شکل ۱- طبقه‌بندی پیازهای زعفران بر پایه وزن
(Koocheki and Seyyedi, 2015)

از پیازهای مادری با اندازه بزرگ‌تر، به دلیل داشتن ذخایر کربوهیدرات بیشتر، گیاهانی با سطح برگ بیشتر تولید می‌شود. این گیاهان قادر به جذب مواد غذایی بیشتر از خاک هستند و در پایان فصل رشد، پیازهای جدید بیشتری نیز تولید می‌کنند. از پیازهای کوچک‌تر، گیاهانی با سرعت رشد کم و سطح برگ کم‌تر تولید می‌شود. هم‌چنین، ثابت شده است که پیازهای جدید تا زمانی که از پیاز

اصلی یا مادری جدا نشده‌اند، از پیاز مادری تغذیه می‌شوند. بنابراین، اندازه پیاز مادری تاثیر به‌سزایی در رشد پیازهای جدید دارد و با افزایش اندازه پیاز مادری، تعداد پیازهای جدید با اندازه متوسط (وزن $4/1$ تا 8 گرم) و نسبتاً بزرگ و بزرگ (وزن بیش از $8/1$ گرم) افزایش می‌یابد. با افزایش اندازه پیاز مادری از وزن 4 تا 12 گرم، سطح برگ، وزن خشک ریشه و تعداد جوانه فعال در زعفران افزایش می‌یابد. هرچه اندازه پیاز مادری بزرگ‌تر باشد، عملکرد گل زعفران نیز بیش‌تر می‌شود (Koocheki and Seyyedi, 2020) ولی پیازهای با وزن کم‌تر از 6 گرم، در سال اول قادر به گل‌دهی نیستند (Saeidirad, 2020). بنابراین، ضرورت دارد:

۱- برای کاشت پیازهای بزرگ و نسبتاً بزرگ (وزن بیش از $8/1$ گرم) و حذف پیازهای نسبتاً کوچک و کوچک (وزن کم‌تر از 6 گرم)، پیازهای زعفران بر پایه وزن آن‌ها سورت شود.

۲- برای تفکیک پیازهای درشت از ریز در زمان کم‌تر و با هزینه کم‌تر، از ماشین سورتینگ (سورتر^۱) به جای تفکیک دستی پیازهای زعفران استفاده شود.

در سال‌های اخیر، ماشین‌های سورتینگ و درجه‌بندی پیاز زعفران به ویژه بر پایه وزن ساخته شده است.

۳- ماشین‌های سورتینگ بر پایه وزن

به طور کلی برای سورتینگ و درجه‌بندی محصولات کشاورزی بر پایه وزن، دو نوع ماشین شامل سورتر وزنی (جرمی)، و سورتر ابعادی مورد استفاده قرار می‌گیرد (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ قنبریان، ۱۳۹۱):

۳-۱ سورتروزی (جرمی)

در سورتروزی یا جرمی، هر یک از محصولات به صورت جداگانه و مستقیم توزین می‌شود. این نوع ماشین‌ها دقت بسیار خوبی دارد؛ ولی وجود معایبی مانند قیمت تمام‌شده زیاد، هزینه‌های زیاد تعمیر و نگهداری و از همه مهم‌تر، زمان‌بر بودن عملیات جداسازی و پایین بودن سرعت کار، سبب عدم استقبال کاربران از این سورتورها شده است.

۳-۲ سورترابعادی (اندازه‌بند)

در سورتراهای ابعادی، محصول با اندازه‌گیری برخی ابعاد و ویژگی‌های هندسی آن سورت می‌شود. به دلیل وجود رابطه مستقیم بین ابعاد و وزن محصول، به این ماشین‌ها، اندازه‌بند نیز گفته می‌شود. این سورتورها برای سورتینگ بسیاری از میوه‌ها مانند سیب، پرتقال، سیب‌زمینی، نارنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴- روش‌های مکانیزه سورتینگ ابعادی پیاز زعفران

ماشین‌های ساخته‌شده برای سورتینگ پیاز زعفران معمولاً از نوع سورتراهای ابعادی هستند. روش‌های مختلفی برای تفکیک محصول در این سورتورها استفاده می‌شود. مهم‌ترین این روش‌ها عبارت است از: روش‌های سرنندی^۱، و روش غلتک‌های واگرا^۲.

۴-۱ روش‌های سرنندی

در روش‌های سرنندی، همواره از یک عضو الک‌مانند استفاده می‌شود که قطر، اندازه و شکل سوراخ‌های این الک ثابت است و بر اساس نوع محصول انتخاب می‌شود (حیدری‌سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶). تعداد الک‌ها نیز متناسب با تعداد اندازه‌های موردنظر برای سورتینگ و جداسازی محصول انتخاب می‌شود. این نوع سرندها

1- Sieving or Screening

2- Divergent Rollers

بیش‌تر برای سورتینگ محصولات کروی شکل مناسب است و برای سورتینگ پیاز زعفران نیز به کار می‌رود. سه نوع مهم این سرندها عبارت است از: سرند لرزشی^۱، سرند دورانی^۲، و سرند نوار نقاله‌ای^۳ (جمشیدی، ۱۳۹۹).

۴-۱-۱ سرند لرزشی

در این نوع سرند، حرکت‌های رفت و برگشتی و بالا و پایین‌کها با یک نوسان‌دهنده مکانیکی ایجاد می‌شود. این حرکت‌ها سبب جابه‌جایی محصول روی الک می‌شود و محصول کوچک‌تر از سوراخ‌های الک عبور می‌کند. هر الک قادر است محصول را از نظر ابعاد به دو دسته تقسیم کند. بنابراین، اگر تعداد دسته‌های بیش‌تری موردنیاز باشد، بایستی از الک‌های بیش‌تر استفاده شود (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ حیدری‌سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶).

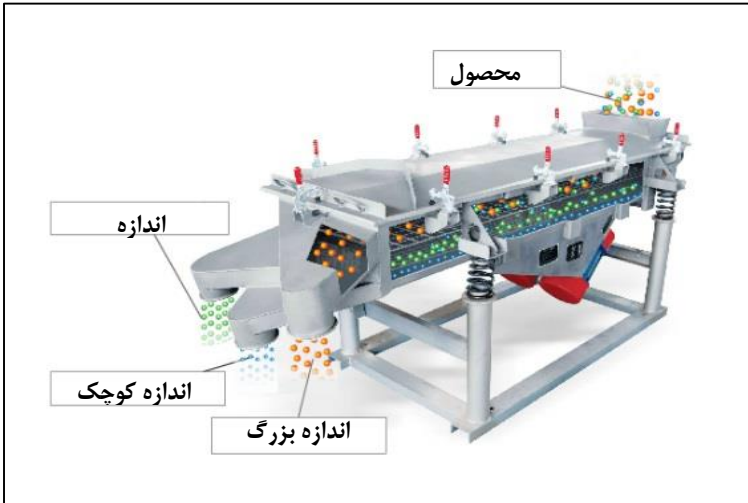
شکل ۲ طرح‌واره یک سرند لرزشی را با دو الک خطی نشان می‌دهد. الک‌ها روی هم قرار گرفته‌اند و به ترتیب از بالا به پایین، ابعاد سوراخ‌ها کوچک‌تر می‌شود. بنابراین، سرند لرزشی قادر است محصول را به سه دسته اندازه‌ای (بزرگ، متوسط و کوچک) تقسیم کند. شکل ۳ نیز نمونه‌هایی از الک‌های مختلف مورد استفاده در سرندهای لرزشی را نشان می‌دهد. در دسترس بودن انواع صفحه‌های الک با اندازه‌های مختلف و به صورت سوراخ‌دار، سیم‌های به‌هم بافته‌شده و غیره، یک مزیت سرندهای لرزشی به حساب می‌آید.

از جمله مشکلات این سرندها می‌توان به افزایش آسیب مکانیکی به محصول اشاره کرد که تا ۲ درصد برآورد شده است. عیب دیگر این روش، ظرفیت متوسط یا کم آن است. هم‌چنین، احتمال گیرکردن محصول در سوراخ‌های الک زیاد است و به نظارت مداوم انسان برای خروج نمونه‌ها یا قطعات گیرکرده در الک نیاز دارد (Londhe et al., 2013).

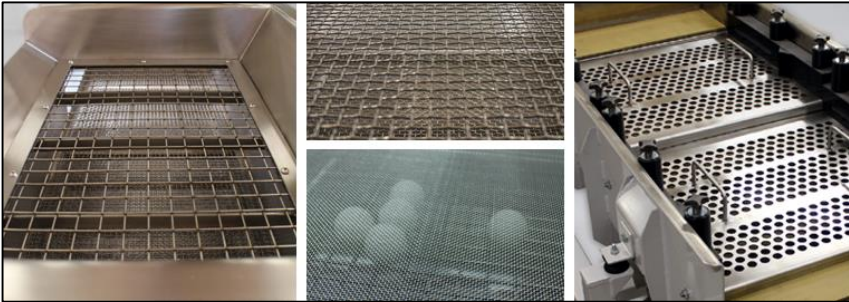
1- Vibrating Screen

2- Rotary Screen

3- Conveyor Screen



شکل ۲- طرح‌واره یک سرنند لرزشی



شکل ۳- نمونه‌هایی از صفحات الک در سرنندهای لرزشی

نوسان‌دهنده مکانیکی در سرنندهای لرزشی توان مصرفی قابل توجه دارد. این نوع سرندها برای سورتینگ محصولات گرد مناسب است ولی برای سورتینگ محصولات کشیده یا با شکل نامنظم، کارایی قابل قبولی ندارد (حیدری‌سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶).

کارآیی این سرندها برای سورتینگ پیاز زعفران، به‌ویژه زمانی که به پیازها خاک چسبیده باشد، مناسب است و می‌تواند به تمیز کردن پیازها کمک کند.

۴-۱-۲ سرند دورانی

سرندهای دورانی از یک محفظه استوانه‌ای توخالی^۱ تشکیل شده است که سطح بیرونی آن دارای سوراخ‌ها یا میله‌های طولی است. به‌طور معمول، استوانه شیبی ملایم به سمت پایین دارد. محصول از بالا وارد می‌شود و هم‌زمان، استوانه حول محور طولی خود دوران می‌کند. بنابراین، در اثر چرخش و شیب استوانه، محصول جابه‌جا می‌شود و فرصت عبور از سوراخ‌ها یا فواصل بین میله‌های طولی استوانه را متناسب با ابعاد خود پیدا می‌کند. در برخی از انواع این سرندها از یک ماریپیچ، درون استوانه استفاده می‌شود تا امکان به جلو راندن محصول ایجاد شود. در این نوع خاص، استوانه می‌تواند به صورت افقی و بدون شیب قرار گیرد (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ حیدری‌سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶).

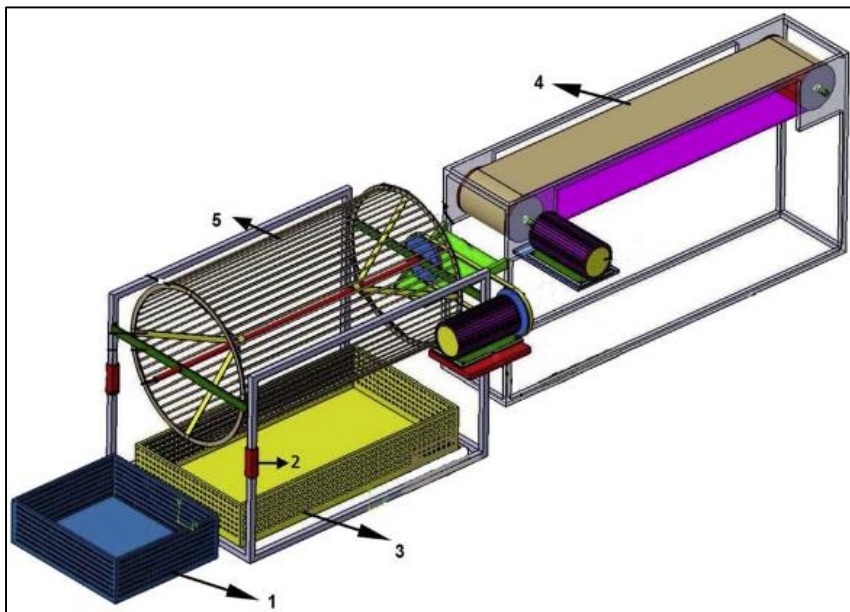
در برخی از سورت‌های مبتنی بر سازوکار سرندهای دورانی، از چند الک (استوانه توخالی) با قطر سوراخ‌های متفاوت یا فواصل مختلف بین میله‌ها، در امتداد طولی یک‌دیگر استفاده می‌شود تا در طول مسیر، ابتدا محصولات کوچک‌تر و سپس محصولات بزرگ‌تر از الک‌ها خارج شود. شکل ۴ نمونه‌هایی از سرند دورانی شامل استوانه‌های توخالی سوراخ‌دار (شکل ۴ الف) و استوانه‌های توخالی میله‌ای (شکل ۴ ب) را نشان می‌دهد که به ترتیب قادر به تفکیک محصول به ۵ و ۴ دسته اندازه‌ای هستند.



شکل ۴- نمونه‌ای از سرند دورانی
(الف): استوانه‌های توخالی سوراخ‌دار؛ و (ب): استوانه‌های توخالی میله‌ای

در سرندهای دورانی نیز محصول در معرض برخوردها و سقوطهای متعدد قرار دارد و به همین دلیل، آسیب وارده به محصول همانند سرندهای لرزشی قابل توجه است. ظرفیت این نوع از سرندها متناسب با وزن و ابعاد ماشین، متوسط و یا کم است ولی احتمال گیرکردن محصول در آن نسبت به سرند لرزشی کمتر است. کاربرد این نوع سرندها برای محصولات گرد و مقاوم مناسب است (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ حیدری‌سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶).

بیش‌تر ماشین‌های طراحی و ساخته‌شده برای سورتینگ پیاز زعفران، از سازوکار سرند دورانی استفاده می‌کنند (Saaidirad, 2020). شکل ۵ طرح‌واره یک سورت‌ر پیاز زعفران از نوع استوانه دوار میله‌ای را نشان می‌دهد که در آن، پیازهای کوچک‌تر از میان میله‌های استوانه دوار عبور می‌کند ولی پیازهای بزرگ‌تر با حرکت در طول استوانه که دارای شیب طولی کم است، از انتهای آن خارج می‌شود.



شکل ۵- طرح‌واره یک سورت‌ر پیاز زعفران با سازوکار سرند دورانی

(۱): سبد جمع‌آوری پیازهای درشت، (۲): تنظیم‌کننده شیب، (۳): سبد جمع‌آوری پیازهای ریز، (۴): تسمه نقاله، (۵): میله‌های اندازه‌بندی (قنبریان، ۱۳۹۱)

در نوع دیگری از سورت‌رهای پیاز زعفران مبتنی بر سازوکار سرند دورانی، چند استوانه توخالی (متناسب با دسته‌بندی موردنیاز و عمود بر مسیر حرکت) با سوراخ‌های دارای ابعاد متفاوت روی سطح بیرونی آن‌ها، به طور متوالی و در

شناخت روش‌های مکانیزه و پیشرفته سورتینگ پیاز زعفران

عرض یک‌دیگر قرار می‌گیرند. ترتیب قرارگیری استوانه‌ها بر اساس ابعاد سوراخ‌های آن‌ها، از کوچک به بزرگ است. بنابراین، محصول روی استوانه‌ها حرکت و متناسب با ابعاد خود فرصت سقوط به داخل یکی از آن‌ها را پیدا می‌کند. در داخل هر استوانه، سطح شیب‌دار یا نقاله‌ای برای انتقال محصول سقوط کرده در استوانه به مخزن خاص آن دسته اندازه‌ای وجود دارد. شکل ۶، نمونه‌ای از یک چنین سورتی را نشان می‌دهد که قادر است محصول را به ۵ دسته اندازه‌ای تفکیک کند. این ماشین ساده، جمع و جور، سبک و از نظر ظاهری زیبا است. مصرف انرژی، هزینه تعمیر و نگهداری، و سر و صدای این نوع سورت کم است و آسیب کمتری به محصول وارد می‌کند.



شکل ۶- نمونه‌ای از سورت پیاز زعفران با سازو کار سرندهای دورانی متوالی

۴-۱-۳ سرند نوار نقاله‌ای

در سرند نوار نقاله‌ای، از یک نقاله به عنوان سرند استفاده می‌شود. بنابراین، عمل سرند در حین حرکت خطی نقاله همیشه ادامه می‌یابد. قسمت سرنده می‌تواند به صورت یک توری فلزی با قطر و شکل سوراخ‌های مشخص و متناسب با نیاز باشد. همچنین، به جای توری از میله‌های ثابت یا غلتک‌های متحرک و عمود بر جهت حرکت خطی نقاله به عنوان قسمت سرنده می‌توان استفاده کرد (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ حیدری‌سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶).

شکل ۷ نمونه‌ای از یک سرند نوار نقاله‌ای (نقاله غلتکی) را نشان می‌دهد که قادر به تفکیک محصول به ۴ دسته اندازه‌ای است. در این نوع سرند، فاصله غلتک‌ها در ابتدای مسیر کم و در انتها، زیاد می‌شود. به این ترتیب، محصول در حین حرکت روی نقاله و متناسب با ابعاد خود، از فاصله بین غلتک‌ها عبور می‌کند و به نقاله‌هایی که محصول دسته‌بندی شده را به مخزن جداگانه هدایت می‌کند، منتقل می‌شود.



شکل ۷- نمونه‌ای از سرند نقاله غلتکی

در برخی از انواع سرند نقاله‌ای، به جای استفاده از یک نوار نقاله پیوسته با فاصله متغیر بین میله‌ها، از چند نوار نقاله جداگانه و متناسب با تعداد دسته موردنیاز استفاده می‌شود. در هر کدام از این نوار نقاله‌ها، فاصله بین میله‌ها ثابت است. با توجه به این‌که هر نوار نقاله قادر به جدا کردن محصول به دو اندازه متفاوت است، برای تقسیم محصول به دسته‌های بیش‌تر، به تعداد بیش‌تری از آن‌ها نیاز است.

ظرفیت این نوع سرندها نسبت به سرندهای لرزشی و دورانی بسیار بیش‌تر است و نسبت به آن‌ها، آسیب کم‌تری به محصول وارد می‌کند و امکان تنظیم سرند برای دسته‌بندی محصول به ۳ تا ۵ دسته وجود دارد (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ حیدری سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶). مشکل عمده این نوع سرندها (به ویژه سرند با نوار نقاله‌های جداگانه)، نیاز به فضای زیاد است.

کاربرد این نوع سرندها برای سورتینگ محصولات گرد و کشیده با توجه به قطر آن‌ها مناسب است. توصیه می‌شود این سرندها برای محصولات شسته‌شده به کار رود.

در برخی ماشین‌هایی که تاکنون برای سورتینگ پیاز زعفران طراحی و ساخته شده و به مرحله تجاری‌سازی رسیده است، از سازوکار سرند نوار نقاله‌ای استفاده می‌شود. به‌طور معمول، این نوع سورتورها در ابعاد بزرگ و ثابت در خط کامل سورتینگ استفاده می‌شود. خط کامل سورتینگ مجهز به قسمت تمیزکن محصول، قبل از ورود به قسمت سورت است و برای تهیه و فروش پیازهای سورت‌شده بهره‌برداری می‌شود.

۴-۲ روش غلتک‌های واگرا

در روش غلتک‌های واگرا، محصول بین دو غلتک طولی با شیب ملایم به سمت جلو که فاصله بین آن‌ها به تدریج تا انتهای مسیر زیاد می‌شود، قرار می‌گیرد. غلتک‌ها برخلاف جهت هم به سمت پایین می‌چرخد. بنابراین، محصولی که از بالا وارد می‌شود در اثر چرخش و شیب غلتک‌ها روی خط فرضی میان دو غلتک

شروع به غلتش و پیش‌روی می‌کند و متناسب با ابعاد خود از فاصله بین غلتک‌ها می‌گذرد. به این ترتیب، ابتدا محصولات کوچک‌تر و سپس محصولات بزرگ‌تر از فاصله بین غلتک‌ها پایین می‌افتند (جمشیدی، ۱۳۹۹). در شکل ۸ نمونه‌ای از یک سورتر مبتنی بر سازوکار غلتک‌های واگرا دیده می‌شود.



شکل ۸- نمونه‌ای از سورتر مبتنی بر غلتک‌های واگرا

شناخت روش‌های مکانیزه و پیشرفته سورتینگ پیاز زعفران

در روش غلتک‌های واگرا، بیشینه ظرفیت در حدود یک تن در ساعت به ازای هر دو غلتک قابل دستیابی است (Londhe et al., 2013). این فناوری نسبت به روش‌های سرنندی آسیب کم‌تری به محصول وارد می‌کند و ظرفیت زیاد دارد (حیدری سلطان‌آبادی، ۱۳۹۶). هم‌چنین، امکان دسته‌بندی در این سورترها نسبت به سورت‌های سرنندی به راحتی قابل افزایش است. با این حال، از لحاظ فناوری به مراتب پیچیده‌تر از روش‌های دیگر است. کاربرد سورت‌ها با غلتک‌های واگرا، پیش‌تر مناسب سورتینگ محصولات کروی شکل است.

اکنون از فناوری غلتک‌های واگرا برای طراحی و ساخت سورت‌ر پیاز زعفران نیز استفاده می‌شود. شکل ۹ یکی از این سورت‌رها را که تجاری‌سازی نیز شده است، نشان می‌دهد. این سورت‌ر قادر به تفکیک پیازهای زعفران به ۶ دسته اندازه‌ای، بدون آسیب به محصول، با دقت عالی و بدون تلفات کمی است.



شکل ۹- سورت‌ر پیاز زعفران مبتنی بر غلتک‌های واگرا

بر اساس نتایج پژوهشی که با نظرسنجی از کارشناسان متخصص برای شناسایی و معرفی فناوری‌های مناسب سورتینگ پیاز زعفران در کشور اجرا شد، "درصد تلفات کمّی" و "کیفیت پیازهای سورت‌شده" (نداشتن خاک و ناخالصی) اثرگذارترین معیارها بود. نتایج پژوهش نشان داد که از بین سورت‌های طراحی و ساخته‌شده در کشور که به مرحله تجاری‌سازی رسیده یا تجاری شده بودند، سورت‌های مبتنی بر فناوری غلتک‌های واگرا مناسب‌ترین است (جمشیدی، ۱۳۹۹؛ جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۹). با این حال، با بهینه‌سازی سایر سورت‌ها برای سورتینگ پیاز زعفران می‌توان با کارائی مناسب از آن‌ها استفاده کرد.

۵- کاربرد فناوری‌های پیشرفته در سورتینگ پیاز زعفران

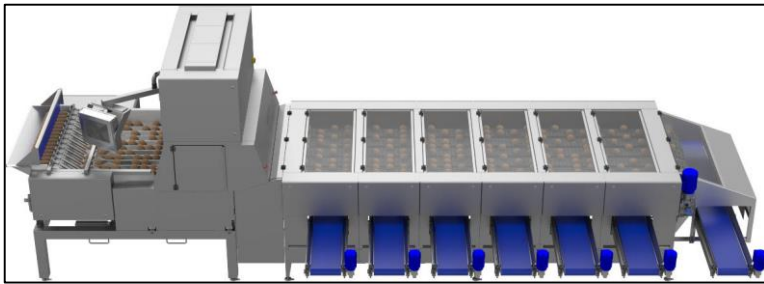
در سال‌های اخیر، استفاده از فناوری بینایی ماشین^۱ و روش‌های پردازش تصویر^۲ برای سورتینگ محصولات کشاورزی بر پایه اندازه آن‌ها، بسیار مورد توجه صنعتگران قرار گرفته است. در سورت‌های مبتنی بر این فناوری‌ها، از محصول در جین حرکت (به صورت برخط^۳) و یا با توقف کوتاه در مسیر حرکت (به صورت درخط^۴) تصویربرداری می‌شود. تشخیص ابعاد و برخی ویژگی‌های ظاهری دیگر با آنالیز تصویرهای محصول انجام و بر اساس آن تصمیم‌گیری می‌شود. جداسازی محصول بر پایه تصمیم‌نهایی و بیش‌تر به صورت مکانیکی خواهد بود. به این ترتیب، سورت‌های محصولات کشاورزی بر پایه این فناوری‌ها، از حالت فقط مکانیکی خارج شده و در واقع نوعی سامانه مکاترونیک^۵ (مبتنی بر ترکیب دانش مکانیک، کامپیوتر و الکترونیک) است.

-
- 1- Machine Vision
 - 2- Image Processing
 - 3- On-line
 - 4- In-line
 - 5- Mechatronic Systems

تشخیص ابعاد در این فناوری‌ها، غیرمخرب^۱ و غیرتماسی^۲ است. بنابراین، نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده در سورت‌های محصولات کشاورزی، آسیب بسیار کم‌تری به محصول وارد می‌کند. به دلیل سرعت تشخیص در این روش‌ها، ظرفیت کاری بیش‌تری را نسبت به روش‌های قبلی می‌توان انتظار داشت. هم‌چنین، به دلیل اندازه‌گیری ابعاد محصول بر پایه الگوریتم‌های پردازش تصویر، دقت جداسازی محصول در دسته‌های مختلف بیش‌تر و امکان افزایش تعداد دسته‌بندی نیز به راحتی امکان‌پذیر است. از مزایای دیگر این روش‌ها این است که هم‌زمان می‌توانند برای تشخیص سایر ویژگی‌های ظاهری مانند رنگ و شکل نیز استفاده شوند. در انواع پیشرفته‌تر این سورت‌ها، از روش‌های هوش مصنوعی^۳ برای آنالیز تصاویر و تشخیص ویژگی موردنظر استفاده می‌شود. هم‌چنین، این روش‌ها در صورتی که با فناوری‌های دیگری مانند طیف‌سنجی^۴ تلفیق شود (تصویربرداری طیفی^۵)، امکان سورتینگ محصول را بر پایه ویژگی‌ها و ترکیبات شیمیایی درونی آن نیز فراهم می‌کنند. با این حال، هزینه این سورت‌ها بسیار بیش‌تر از سورت‌های مکانیکی خواهد بود (جمشیدی، ۱۳۹۹).

شکل ۱۰ نمونه‌ای از یک سورت‌ر پیشرفته مبتنی بر فناوری بینایی ماشین را نشان می‌دهد که شامل قسمت تغذیه، تصویربرداری و تشخیص، و هدایت‌کننده‌ها به سمت خروجی‌های هر دسته از محصول است. در این ماشین، برای دسته‌بندی محصول، ابعاد، شکل و ویژگی‌های کیفی سطح محصول هم‌زمان مورد بازرسی قرار می‌گیرد.

-
- 1- Non-destructive
 - 2- Non-contact
 - 3- Artificial Intelligence
 - 4- Spectroscopy
 - 5- Spectral Imaging



شکل ۱۰- نمونه‌ای از یک سورت‌ر پیشرفته مبتنی بر بینایی ماشین

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

سورتینگ پیاز زعفران (به ویژه از نظر اندازه) با هدف انتخاب و کاشت پیازهای درشت و افزایش عملکرد زعفران بسیار با اهمیت است. مکانیزه کردن این عملیات، نقش موثری در کاهش زمان و هزینه سورتینگ، حفظ کیفیت و افزایش دقت در جداسازی پیازها دارد. بنابراین، معرفی روش‌های مکانیزه و پیشرفته برای سورتینگ پیاز زعفران گام مهمی در فرهنگ‌سازی توسعه و کاربرد این فناوری‌ها و آگاه‌سازی بهره‌برداران از مزایای آن است. آشنایی مخاطبان با مزایا و معایب هر یک از این روش‌ها نیز به انتخاب مناسب‌ترین روش با نیازهای بهره‌برداران کمک می‌کند.

با توجه به اهمیت اندازه پیاز زعفران در کیفیت و عملکرد زعفران تولیدی، پیشنهاد می‌شود ماشین‌های موجود در کشور برای سورتینگ پیاز زعفران از نظر فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد. در گام بعدی، زیرساخت‌ها و حمایت‌های لازم از سوی دولت برای تجاری‌سازی و توسعه فناوری‌های مناسب سورتینگ پیاز زعفران باید فراهم شود. هم‌چنین، ضرورت دارد که توسعه فناوری‌های پیشرفته برای سورتینگ محصولات مختلف از جمله پیاز زعفران در کشور مورد توجه جدی قرار گیرد.

در راستای توسعه آموزش و ترویج کاربرد مناسب‌ترین فناوری‌های سورتینگ پیاز زعفران، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های فنی لازم
- برگزاری دوره‌های آموزشی برای بهره‌برداران به منظور آشنایی با نحوه کار و تعمیر و نگهداری مناسب‌ترین سورت‌های پیاز زعفران موجود در کشور
- برگزاری دوره‌های آموزشی برای بهره‌برداران به منظور شناخت فناوری‌های پیشرفته قابل کاربرد در توسعه سورت‌های پیاز زعفران

فهرست منابع

- جمشیدی، ب. ۱۳۹۹. شناسایی و معرفی فناوری‌های مناسب و پیشرفته سورتینگ و درجه‌بندی زعفران بر پایه کیفیت، ایمنی و سلامت. گزارش پژوهشی نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت: ۵۸۸۵۱. ۷۶ ص.
- جمشیدی، ب.، سعیدی‌راد، م.ح.، ظریف‌نشاط، س. و آزادشهرکی، ف. ۱۳۹۹. شناسایی و معرفی فناوری‌های مناسب سورتینگ پیاز زعفران مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی. پژوهش‌های زعفران. دوره ۸، شماره ۲.
- حیدری سلطان‌آبادی، م. ۱۳۹۶. تعیین تکنولوژی مناسب برای درجه‌بندی پیاز. گزارش پژوهشی نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۵۲۴۰۷. ۳۷ ص.
- ذبیحی، ح. ر. ۱۳۹۶. مدیریت تغذیه گیاه در زعفران. نشریه فنی شماره ۵۵۵. چاپ اول. موسسه تحقیقات خاک و آب، شماره ثبت ۵۲۹۴۵. ۱۷ ص.
- قنبریان، د. ۱۳۹۱. طراحی، ساخت و بهینه‌سازی دستگاه اندازه‌بند پیاز زعفران از نوع استوانه دوار. مهندسی زراعی. جلد ۳۵. شماره ۲. صفحات ۹۶-۸۳.

- Arslan, N., Rahimi, A., Ipek, A. and Ipek, G. 2012. Effects of saffron (*Crocus Sativus* L.) corm placement position and corm size on stigma and corm yields. *Pure Appl. Bio.* 1(3), 59-62.
- Koocheki, A. and Khajeh-Hosseini, B. 2020. Saffron: Science, Technology and Health. 1st Edition. Woodhead Publishing, 580pp.
- Koocheki, A. and Seyyedi, S.M. 2015. Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. *Ind. Crop. Prod.* 71, 128-137.
- Koocheki, A. and Seyyedi, S.M. 2020. Saffron “seed”, the corm. In: Koocheki, A. and Khajeh-Hosseini, B. (Eds.), Saffron: Science, Technology and Health. 1st Edition. Woodhead Publishing, pp. 93-118.
- Londhe, D., Nalawade, S., Pawar, G., Atkari, V. and Wandkar, S. 2013. A review of different methods of grading for fruits and vegetables. *Agric. Eng. Int.* 15(3), 217-229.
- Monika, M., Sadaf, I., Zahida, R., Tahir, S., Kanth, R.H., Saad, A.A., and Aashq, H. 2018. Production technology of saffron for enhancing productivity. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 7(1), 1033-1039.
- Saeidirad, M.H. 2020. Mechanization of saffron production. In: Koocheki, A. and Khajeh-Hosseini, B. (Eds.), Saffron: Science, Technology and Health. 1st Edition. Woodhead Publishing, pp. 187-204.