

مقاله پژوهشی

تأثیر محتوای رطوبت میوه و نوع سنبه بر کیفیت هسته‌گیری در ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته

بهنام قریبه قریبه^۱، علی حسن پور^{۲*} و عادل حسین پور^۳

چکیده

زغال‌اخته یکی از محصولات باغی است که با توجه به ارزش بالای مواد مغذی آن، سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی برای فراوری آن اهمیت بسزایی دارد. وجود هسته در محصول نهایی در بازار، مانع جدی در بازاریابی آن ایجاد می‌کند. هسته‌گیری یکی از فرآیندهایی است که موجب افزایش ارزش افزوده محصول زغال‌اخته می‌گردد. در این پژوهش تأثیر پارامترهای محتوای رطوبتی میوه زغال‌اخته و نوع سنبه بر کیفیت عمل هسته‌گیری ماشین هسته‌گیر میوه زغال‌اخته مورد نیاز باغداران و واحدهای فراوری مورد بررسی قرار گرفت. با مطالعه فرآیندهای مختلف هسته‌گیری و با توجه به خواص فیزیکی-مکانیکی میوه زغال‌اخته، نوع هسته‌گیر پانچی انتخاب شد. با توجه به سیستم انتقال قدرت و مکانیزم ژنوی بکار رفته، ماشین ساخته شده قادر است محصول را تک دانه سازی کرده و سپس عمل هسته‌گیری را به‌طور کامل انجام دهد. تمامی قطعات هسته‌گیر میوه زغال‌اخته طراحی و سپس مدل کامپیوتری آن توسط نرم‌افزار CATIA تهیه گردید و از روی نقشه‌های استخراج شده از نرم‌افزار، بخش مرکزی ماشین هسته‌گیر میوه زغال‌اخته ساخته شد. برای ارزیابی ماشین، تلفات محصول در حین هسته‌گیری، حفظ شکل ظاهری محصول بعد از هسته‌گیری و موفقیت آمیز بودن عمل هسته‌گیری به عنوان معیارهای اصلی در نظر گرفته شدند. کارایی ماشین در سه نوع سنبه ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه‌پر و دو سطح محتوای رطوبتی ۷۰ و ۷۵ درصد در شش تیمار مورد بررسی قرار گرفت. آزمون تحلیل واریانس نشان داد که در تلفات ایجاد شده محصول و شکل نهایی آن، تفاوت معنی‌داری در شش تیمار مورد آزمون وجود داشت. بهترین کارایی در تیمار با محتوای رطوبتی ۷۵٪ و نوع سنبه سه‌پر به دست آمد، به‌طوری‌که تحت این شرایط ۹۳/۳۳٪ محصول بطور موفقیت‌آمیز مورد هسته‌گیری قرار گرفت و کمترین تلفات گوشت محصول نیز در این تیمار مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: زغال‌اخته، هسته‌گیری، سنبه، ماتریس، محتوای رطوبت.

ارجاع: قریبه قریبه ب.، حسن پور ع. و حسین پور ع. ۱۴۰۰. تأثیر محتوای رطوبت میوه و نوع سنبه بر کیفیت هسته‌گیری در ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۱: ۱۷-۲۶.

۱- دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

۲- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

۳- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

* نویسنده مسئول: a.hassanpour@urmia.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۲

مقدمه

کیفیت مفهومی است شامل شاخص‌های حسی (ظاهر، بافت، مزه و عطر)، مکانیکی، سلامتی و ارزش غذایی، و این صفات روی هم رفته به محصول ارزش اقتصادی می‌دهند (Abbott, 1999). مراحل فرآوری زغال‌اخته، شامل دمبک‌گیری و طبقه‌بندی، هسته‌گیری، خشک‌کردن و در نهایت بسته‌بندی است. فرآیند هسته‌گیری یکی از مراحل فرآوری و صنایع تبدیلی میوه‌ها است که به منظور افزایش کیفیت و مصرف راحت آن روی میوه اعمال می‌گردد. زغال‌اخته بدون هسته، بازار پسندی بیشتری داشته و بازاریها و مصرف‌کنندگان جدیدی را پیدا کرده است و همچنین به عنوان ماده اولیه فرآورده‌های دیگر مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین برای اینکه زغال‌اخته مورد نیاز در صنایع تبدیلی با کیفیت بالایی تهیه و مورد استفاده قرار گیرد، علاوه بر بسته‌بندی میوه خشک شده، بهتر است عمل هسته‌گیری نیز انجام شود. عمل هسته‌گیری زغال‌اخته در روش سنتی به صورت دستی و یا توسط یک وسیله قدیمی شبیه به سنگ آسیاب انجام می‌گرفت که این عمل، کاری پرهزینه، طاقت فرسا، غیربهداشتی و سخت و از سرعت خیلی کمی نیز برخوردار بوده است.

با توجه به شکل و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی زغال‌اخته، استفاده از هسته‌گیرهای پانچی برای این محصول مناسب به نظر می‌رسد. تا به حال، برای هسته‌گیری زغال‌اخته، ماشینی با مکانیزم پانچی طراحی نشده است و اکثر تحقیقات انجام گرفته و هسته‌گیرهای صنعتی ساخته شده برای محصولاتی نظیر خرما و زیتون است. در طرحی، Castro (2004)، در ماشین هسته‌گیر خرما از روش پانچی استفاده کرد که در آن شیارهایی برای شست و شوی پانچ در نظر گرفته بود. همچنین Politino & Morsucci (2008) در ماشین هسته‌گیر خرما از یک پانچ با حرکت نوسانی منحنی استفاده کردند که عملیات هسته‌گیری را در حین حرکت نوار نقاله انجام می‌داد. در طرح ماشین هسته‌گیر پیوسته Larsen (2012) ، برای هسته‌گیری، میوه‌هایی همچون گیلاس، زیتون، خرما و آلو داخل یک گودال ریخته می‌شدند که از زیر آن نوار نقاله رد می‌شد. نوار نقاله شامل حفره‌هایی است که میوه‌ها به صورت تک‌تک داخل هر یک از حفره‌ها قرار می‌گیرند. سپس میوه‌ها به سمت واحد هسته‌گیر حرکت می‌کنند و در آنجا توسط مجموعه‌ای از پانچ‌ها که به

زغال‌اخته با نام علمی *Cornus mas L* و نام انگلیسی Cornelian cherry یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز متعلق به خانواده Cornaceae دارای خواص تغذیه‌ای و دارویی است که به عنوان یک گیاه وحشی در مناطق اروپایی و آسیایی رشد می‌کند و اخیراً در کشور ترکیه هم کاشت می‌شود (Mikaili et al., 2013). همچنین در ایران محل رویش این گیاه در سه استان آذربایجان شرقی، قزوین و گیلان است که در استان آذربایجان شرقی در شهرهای کلبر، هوراند و جلفا، در استان قزوین در شهرهای الموت و کوهین و در استان گیلان در شهر رودبار پراکندگی دارد (Hassanpour, 2017). طبق آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۷ سطح زیر کشت این میوه در کشور ۱۰۵۶ هکتار است و از هر هکتار آن به طور متوسط ۶ هزار و ۵۰۰ کیلوگرم محصول برداشت می‌شود (Anonymous, 2019). با توجه به اینکه زغال‌اخته از دیرباز به عنوان غذا و دارو شناخته شده، ولی هنوز هم کمتر در زمره میوه‌های مهم مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات مختلف ارزش غذایی بالای میوه زغال‌اخته را تایید می‌کنند که نشان دهنده اهمیت پرورش آن در این کشورها است (Bijelic et al., 2011); (Bosnjakovic et al., 2012); (Dokoupil & Reznicek., 2012); (Hassanpour et al., 2011); (Yalcinkaya., 2009); (Ercisli et al., 2015); (Ercisli et al., 2019). استفاده از دوز پایین زغال‌اخته باعث کاهش التهاب اولیه و دوز بالای آن مانع از ترشح سلول‌های التهابی در اندام‌های بدن مانند کبد و دست می‌شود (Kazimierski et al., 2019). به طور معمول میوه‌های زغال‌اخته در مرحله قرمز تیره رنگ که عطر و طعم مطلوبی دارند، برداشت می‌شوند (Gunduz et al., 2013). میوه آن بیضی شکل است و پس از رسیدن کامل به رنگ قرمز روشن تا تیره در می‌آید. همچنین زغال‌اخته دارای میوه‌هایی به رنگ‌های صورتی، زرد و یا حتی سیاه و به شکل زیتونی است (Kermani et al., 2010). به دلیل نبود صنایع تبدیلی مناسب در مناطق مورد کشت، این محصول به صورت خانگی فرآوری شده و عمدتاً به صورت غیر بهداشتی و فله‌ای بسته‌بندی شده و توسط دست‌فروشان دوره‌گرد عرضه و به فروش می‌رسد.

جدول ۱- علائم اختصاری تیمارها

ردیف	تیمار	توضیحات
۱	a ₁ b ₀	تیمار با رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه ساده
۲	a ₁ b ₁	تیمار با رطوبت ۷۵٪ و نوع نوع سنبه ساده تیغه‌دارگرد
۳	a ₁ b ₂	تیمار با رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه سه‌پر
۴	a ₀ b ₀	تیمار با رطوبت ۷۰٪ و نوع سنبه ساده
۵	a ₀ b ₁	تیمار با رطوبت ۷۰٪ و نوع نوع سنبه ساده تیغه‌دارگرد
۶	a ₀ b ₂	تیمار با رطوبت ۷۰٪ و نوع سنبه سه‌پر

تجهیزات آزمایش

برای طراحی بهینه اجزاء ماشین هسته‌گیر میوه زغال‌اخته، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی میوه زغال‌اخته مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. اندازه‌گیری ابعاد میوه زغال‌اخته و هسته آن توسط یک کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) و جرم میوه و هسته آن توسط یک ترازوی الکترونیکی (با دقت ۰/۰۱ گرم) انجام شد. برای تعیین خواص مکانیکی میوه و هسته زغال‌اخته از دستگاه آزمون مواد و از Load cell 50N (شکل ۱) طی آزمون فشاری تک محوری استفاده شد. رطوبت محصول تازه‌چین شده در محدوده ۷۵٪ به دست آمد، ولی از آنجایی‌که پیش بینی می‌شد هسته‌گیری محصول بلافاصله پس از برداشت در مزارع ممکن نباشد، رطوبت محصول تا ۷۰٪ پایین آورده شد و آزمون‌ها در دو سطح رطوبت ۷۵٪ و ۷۰٪ انجام پذیرفت. برای اندازه‌گیری محتوای رطوبتی (۷۵٪ و ۷۰٪) میوه زغال‌اخته از یک ترازوی الکترونیکی (با دقت ۰/۰۱ گرم) و دستگاه آون استفاده گردید. لازم به توضیح است که از یک چاپگر سه بعدی و فیلامنت برای ساخت سه المان از سوراخ‌های ماتریس ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته استفاده شد (شکل ۲). در ساخت سوراخ‌های ماتریس از فیلامنت با جنس پلی‌آمید (PLA) استفاده شد؛ زیرا ضریب اصطکاک پلی‌آمید در مقایسه با ورق آهن گالوانیزه، استیل و چوب پائین‌تر است (جدول ۲). همچنین در فرآیند هسته‌گیری آزمایشی با دستگاه آزمون مواد، به همراه این المان‌ها از سه نوع سنبه (ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه‌پر) استفاده شد (شکل ۳). فرآیند اصلی هسته‌گیری، توسط ماشین مکانیکی که توسط محققان این پژوهش طراحی و ساخته شده بود انجام گرفت (Gharibeh gharibeh, 2021).

سمت پایین حرکت می‌کنند هسته میوه از گوشت میوه جدا می‌شود. برای اولین بار (Raoufat et al., 2016)، از یک مکانیزم گیره‌ای برای خارج کردن هسته از میوه خرما استفاده کردند. این گیره وارد گوشت خرما می‌شد و با گرفتن کامل هسته، آن را از درون میوه خارج می‌کرد. این طرح با هدف حفظ شکل ظاهری میوه و کاهش توقف ماشین بعلت چسبندگی خرما طراحی و ساخته شد. آسیب‌دیدگی خرما به دلیل ورود گیره تا انتهای هسته، کاهش کارایی واحد هسته‌گیری، افزایش لرزش در سرعت‌های زیاد و عدم اطمینان از بسته شدن گیره به دلیل شکل مکانیزم باز و بسته شدن گیره از مهم‌ترین معایب این مکانیزم بودند.

شرکت‌های زیادی اقدام به ساخت انواع ماشین هسته‌گیر میوه‌هایی نظیر خرما، زیتون و گیلان در طرح‌ها و اندازه‌های متفاوت نموده‌اند، اما در اغلب این ماشین‌ها اطلاعات زیادی درباره چگونگی طراحی آن‌ها در دسترس نیست. بنابراین، با در نظر گرفتن اینکه تا به حال ماشینی برای هسته‌گیری میوه زغال‌اخته طراحی و ساخته نشده است و در راستای اهداف مکانیزه کردن کشاورزی و به منظور تسهیل عملیات صنایع تبدیلی و فرآورده‌های میوه زغال‌اخته (خشک‌کردن، تولید ترشی، مربا، لواشک)، افزایش کیفیت در بسته بندی، بالا بردن کارایی، سرعت هسته‌گیری و ارائه محصول باکیفیت به بازار در کمترین زمان ممکن، هدف این پژوهش، بررسی پارامترهای مؤثر در قسمت مرکزی و هسته‌گیر یک ماشین هسته‌گیر میوه زغال‌اخته و تأثیر برهمکنش پارامترهای مؤثر (رطوبت و نوع سنبه) در عمل هسته‌گیری است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مورد نیاز برای انجام عمل هسته‌گیری میوه زغال‌اخته در گروه مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. بدین منظور، تعداد ۴۰۰ عدد میوه زغال‌اخته از باغچه‌ای در شهرستان کلبر تهیه شد. از میان این تعداد، ۹۰ عدد میوه بطور تصادفی انتخاب گردید. باتوجه به محتوای رطوبتی (۷۰٪ و ۷۵٪ بر پایه تر) میوه‌ها و نوع سنبه، نمونه‌های انتخاب شده در ۶ تیمار دسته‌بندی شدند. طبقه‌بندی تیمارها براساس جدول ۱ انجام گرفت. پس از ۴ ساعت تثبیت نمونه‌ها در دمای محیط آزمایش‌ها روی نمونه‌ها انجام شد.

که در جدول ۲ ذکر شده است، سنبه‌های ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه‌پر طراحی و ساخته شد. لازم به ذکر است که ابعاد فیزیکی هسته میوه‌ها از اندازه‌گیری چندین هسته خارج شده از میوه‌ها به دست آمد.



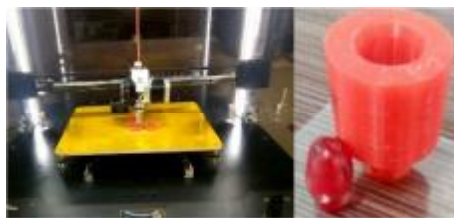
شکل ۳- انواع سنبه‌ها به همراه مقاطع از سر آنها (از راست به چپ: ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه‌پر)

برای تعیین خواص مکانیکی میوه زغال‌اخته و اجرای آزمایشی عمل هسته‌گیری، اجزای شبیه‌سازی شده سوراخ‌های ماتریس توسط دستگاه چاپگر سه‌بعدی و سنبه‌ها بر روی دستگاه آزمون مواد تعبیه شدند. با استفاده از این دستگاه، عمل هسته‌گیری چندین بار تکرار شد و نیروی لازم جهت نفوذ سنبه به داخل میوه برای هسته‌گیری اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است تعیین این نیرو امری لازم برای طراحی و انتخاب سایر قطعات ماشین از قبیل مکانیزم ژنوا، شاتون، میل‌لنگ بود.

با توجه به آزمایشات مقدماتی و اطلاعات به دست آمده از دستگاه آزمون مواد، ماشینی در ابعاد آزمایشگاهی طراحی و ساخت شد که شامل قسمت‌های اصلی: شاسی، سیستم تغذیه‌کننده، سیستم هسته‌گیر، شامل سنبه و ماتریس، سیستم انتقال قدرت؛ شامل الکتروموتور و میل‌لنگ و شاتون و مکانیزم ژنوا، مخازن میوه کامل، میوه هسته‌گیری شده و هسته و سیستم حفاظ‌های ایمنی (صفحات پوشاننده) بود. جزئیات ماشین ساخته شده در شکل ۴- الف نشان داده شده است. همچنین در صورت کارکرد موفق ماشین آزمایشگاهی ساخته شده، ساخت نمونه صنعتی، طبق شکل ۴- ب در دستورکار قرار خواهد گرفت.



شکل ۱- دستگاه آزمون مواد



شکل ۲- نمونه ای از سوراخ ماتریس ساخته شده توسط چاپگر سه بعدی

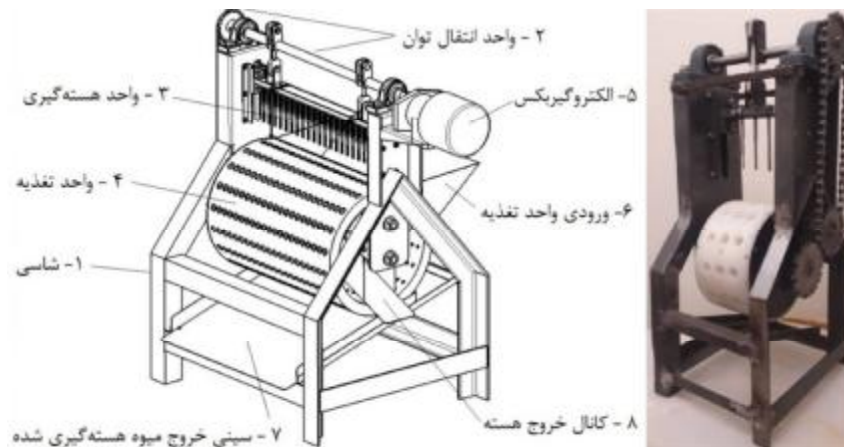
انجام آزمایشات این پژوهش در بخش مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. از آنجایی که درصد محتوای رطوبتی یکی از فاکتورهای تعیین کننده در عمل هسته‌گیری است، بنابراین با استفاده از دستگاه آون، نمونه‌های انتخاب شده زغال‌اخته، در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و با اندازه‌گیری مداوم وزن نمونه‌ها، میزان رطوبت اولیه آنها مشخص و در دو دسته محتوای رطوبتی ۷۰٪ و ۷۵٪ تقسیم‌بندی شدند. بر اساس آزمایشات مقدماتی مشخص گردید که نگهداری یک الی دو روزه نمونه‌ها در هوای آزاد در فصل برداشت، رطوبت آنها را به حدود ۷۰٪ می‌رساند. بعد از تعیین درصد محتوای رطوبتی میوه زغال‌اخته، برای به دست آوردن اطلاعات لازم جهت طراحی و ساخت ماشین هسته‌گیر، اجزای سوراخ‌های ماتریس ماشین مورد نظر از روی ابعاد فیزیکی میوه و هسته زغال‌اخته (طول، پهنا، ضخامت، قطر متوسط هندسی و کرویت) که در جدول ۲ آمده است، با استفاده از نرم‌افزار CATIA، مدل‌سازی و توسط چاپگر سه بعدی قالب‌ریزی و ساخته شدند. در مرحله بعد، با توجه به ابعاد فیزیکی هسته میوه‌ها

دارای سنبه و ماتریس بود، به نحوی که وقتی سنبه بالا می‌رفت عمل تغذیه و انتقال به زیر این سنبه انجام می‌شد. در حین نفوذ سنبه به داخل میوه زغال‌اخته، تغذیه متوقف می‌شد تا از شکستن سنبه و انباشته شدن میوه در پشت سنبه جلوگیری شود. سوراخ‌های ماتریس نیز به عنوان تکیه‌گاهی برای میوه در حین انجام هسته‌گیری محسوب می‌شدند (شکل ۴).

ایده و دوره کاری ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته به نحوی است که در ابتدا نمونه انتخاب شده میوه زغال‌اخته توسط کاربر ماشین در مخزن اولیه میوه که به صورت U شکل ساخته شده بود، قرار می‌گرفت. ضلع مایل درونی این مخزن، قطعی از ماتریس استوانه‌ای سوراخ‌دار واحد هسته‌گیری است که توسط این ماتریس، میوه به زیر سنبه واحد هسته‌گیری هدایت می‌شد. واحد هسته‌گیری

جدول ۲- خواص فیزیکی و اصطکاکی نمونه میوه و هسته زغال‌اخته

مشخصه فیزیکی	میوه زغال‌اخته	انحراف معیار میوه	هسته زغال‌اخته	انحراف معیار هسته
طول (میلی‌متر)	۱۷/۹۴	۱/۹۰	۱۲/۴۶	۱/۴۰
پهنا (میلی‌متر)	۱۳/۳۵	۱/۵۴	۵/۷۷	۰/۴۰
ضخامت (میلی‌متر)	۱۲/۸۸	۱/۴۰	۵/۲۲	۰/۴۳
قطر متوسط هندسی (میلی‌متر)	۱۴/۵۴	۱/۴۰	۷/۲۰	۰/۴۹
کرویت (درصد)	۸۱	۵/۹۰	۵۸	۴/۶
ضریب اصطکاک استاتیکی روی سطح:				
ورق آهن گالوانیزه	۰/۳۸	-	-	-
ورق استیل	۰/۳۵	-	-	-
پلی‌آمید	۰/۳۳	-	-	-
چوب	۰/۴۱	-	-	-



شکل ۴- الف: نمای واقعی ماشین هسته‌گیر زغال‌اخته، ب: نمای ایزومتریک

$$PI = \frac{N_p}{N} \times 100 \quad (۱)$$

که PI درصد هسته‌گیری؛ N_p تعداد هسته‌گیری موفق و N تعداد کل هسته‌گیری است. همچنین میزان تلفات (گوشت از دست رفته)، تغییر طول و تغییر قطر میوه زغال‌اخته به ترتیب از معادلات (۲)، (۳) و (۴) به دست آمدند:

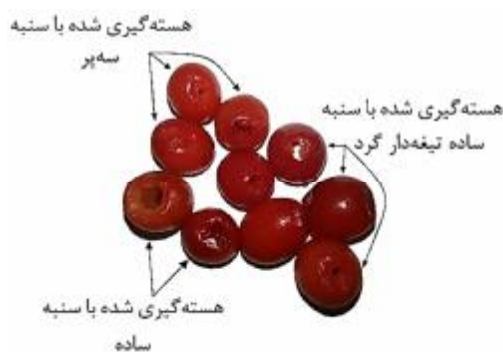
$$W_L = W_1 - (W_2 + W_C) \quad (۲)$$

برای ارزیابی ماشین ساخته شده، عمل هسته‌گیری در ۱۵ تکرار و برای هر تیمار (جدول ۱) انجام شد. همچنین تلفات ناشی از عمل هسته‌گیری، تغییرات ابعاد میوه زغال‌اخته بعد از هسته‌گیری و درصد هسته‌گیری موفق مدنظر قرار گرفت.

با استفاده از اطلاعات کسب شده از فرآیند هسته‌گیری نمونه‌های انتخاب شده و ثبت آنها در نرم‌افزار Excel، از معادله (۱) برای محاسبه بازده هسته‌گیری استفاده شد:

بررسی تلفات (گوشت از دست رفته) و تغییرات ابعاد میوه زغال‌اخته

آمار توصیفی میزان تلفات داده‌ها که متأثر از محتوای رطوبت میوه زغال‌اخته و نوع سنبه هسته‌گیری است در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین تلفات در استفاده از سنبه ساده تیغه‌دارگرد و سه‌پر به طور قابل توجهی کمتر از میزان تلفات در استفاده از سنبه ساده است. در شکل ۶ چند نمونه زغال‌اخته هسته‌گیری شده با سه نوع سنبه یاد شده به همراه میزان تلفات قابل مشاهده، نشان داده شده است، که در هسته‌گیری با سنبه سه‌پر تلفات ناچیز و در هسته‌گیری با سنبه ساده تلفات چشم‌گیر بود.



شکل ۶- نمونه‌های زغال‌اخته هسته‌گیری شده

نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت، میزان تلفات میوه زغال‌اخته هنگام هسته‌گیری به‌طور چشمگیر کاهش یافت. این کاهش در میزان تلفات را می‌توان به اثر رطوبت بر اثر تغییر خواص رئولوژیکی میوه زغال‌اخته از جمله تغییر میزان سفتی، بافت و خاصیت ارتجاعی زغال‌اخته نسبت داد. به عبارت دیگر رطوبت بالای محصول (۷۵٪) باعث سفتی بافت میوه زغال‌اخته و افزایش خاصیت ارتجاعی و حفظ ظاهر فیزیکی و کیفیت بهتر میوه در هنگام هسته‌گیری می‌شود. در حالی که در تحقیقات دیگر (Raoufat *et al.*, 2016)، که هسته‌گیری میوه خرما انجام گرفته بود، رابطه خطی بین میزان تلفات و درصد رطوبت وجود نداشت.

نتایج تأثیر درصد محتوای رطوبت، نوع سنبه و برهم کنش این دو عامل، در هسته‌گیری میوه زغال‌اخته در جدول ۴ و شکل ۷ آمده است.

که W_L وزن گوشت از دست رفته (گرم)؛ W_1 وزن قبل از هسته‌گیری (گرم)؛ W_2 وزن بعد از هسته‌گیری (گرم) و W_C وزن هسته (گرم) است.

$$(۳) \quad h_1 - h_2 = \text{تغییر طول}$$

که h_1 طول پیش از هسته‌گیری (میلی‌متر) و h_2 طول پس از هسته‌گیری (میلی‌متر) است.

$$(۴) \quad d_1 - d_2 = \text{تغییر قطر}$$

که d_1 قطر پیش از هسته‌گیری (میلی‌متر) و d_2 قطر پس از هسته‌گیری (میلی‌متر) است.

از برنامه SPSS 26.0.0.1 به منظور انجام تحلیل واریانس، با آزمون F برای تحقیق وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای شش‌گانه رطوبت - سنبه در میزان تلفات و از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

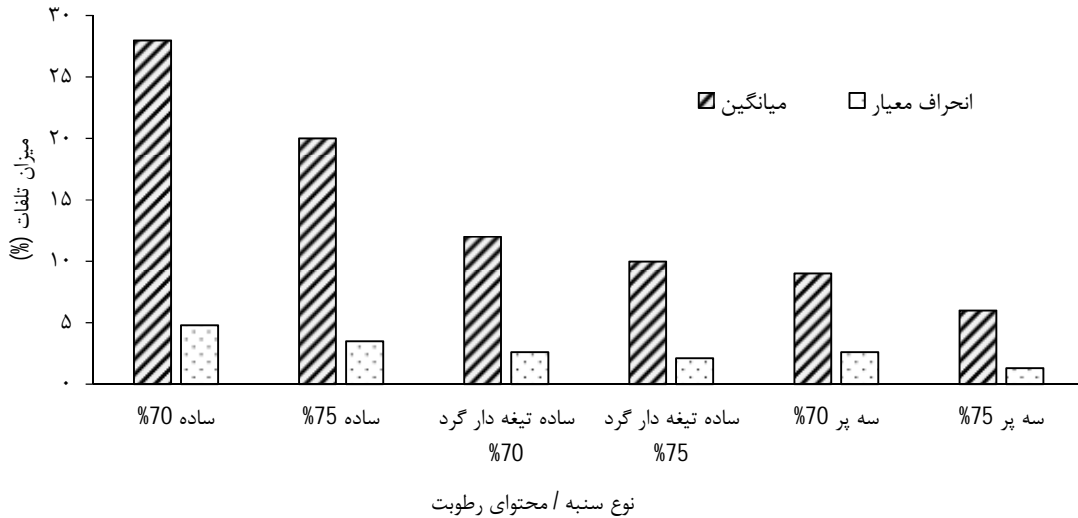
نتایج و بحث

بازده هسته‌گیری

آمار توصیفی هسته‌گیری موفق میوه زغال‌اخته که در شش تیمار با در نظر گرفتن درصد محتوای رطوبت (۷۵٪ = a_1 و $a_0 = 70\%$) و نوع سنبه (ساده = b_0 ، ساده تیغه‌دارگرد = b_1 ، سنبه سه‌پر = b_2) انجام گرفت در جدول ۳ آمده است. میانگین کلی هسته‌گیری موفق توسط ماشین ساخته شده در شش تیمار یاد شده برابر با ۷۵/۵ درصد بود. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تیمار سوم، جایی که درصد محتوای رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه سه‌پر است، مطلوب‌ترین حالت ممکن برای هسته‌گیری میوه زغال‌اخته است.

جدول ۳- آمار توصیفی هسته‌گیری موفق میوه زغال‌اخته

تیمار	میانگین (%)	تعداد میوه
تیمار اول (a_1b_0)	۶۱/۰۰	۱۵
تیمار دوم (a_1b_1)	۹۰/۰۰	۱۵
تیمار سوم (a_1b_2)	۹۳/۳۳	۱۵
تیمار چهارم (a_0b_0)	۵۲/۰۰	۱۵
تیمار پنجم (a_0b_1)	۷۶/۶۷	۱۵
تیمار ششم (a_0b_2)	۸۰/۰۰	۱۵



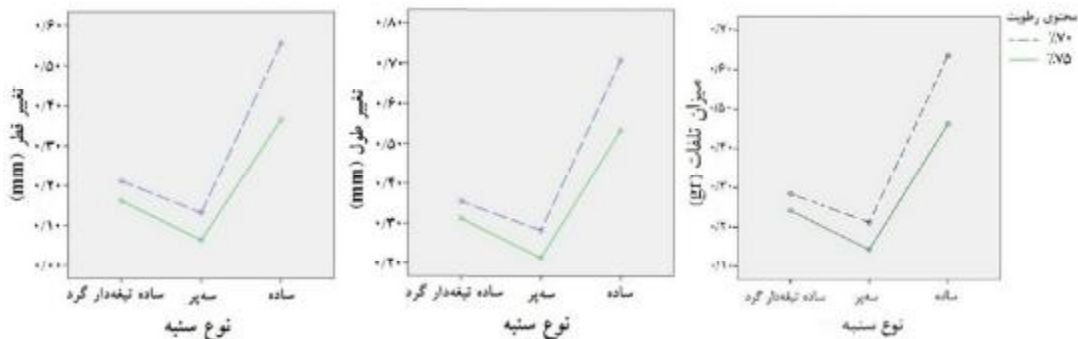
شکل ۵- آمار توصیفی میزان تلفات (گوشت از دست رفته)

جدول ۴- تحلیل واریانس صفات اندازه‌گیری شده

صفات	گوشت از دست رفته		تغییر طول		تغییر قطر	
	درجه آزادی	F	درجه آزادی	F	درجه آزادی	F
رطوبت	۱	۴۲/۰۵۶	۱	۴۲/۴۷۲	۱	۳۷/۲۸۵
نوع سنبله	۲	۲۳۶/۶۷۰	۲	۲۳۷/۰۵۵	۲	۱۶۹/۱۵۴
رطوبت × نوع سنبله	۲	۷/۳۴۱	۲	۷/۵۵۴	۲	۶/۱۸۵۵

جدول ۵- مقایسه میانگین تلفات و تغییر طول و تغییر قطر میوه زغال‌اخته در انواع سنبله (آزمون دانکن)

نوع سنبله	تعداد	گوشت از دست رفته (گرم)			تغییر طول (میلی‌متر)			تغییر قطر (میلی‌متر)		
		زیرمجموعه			زیرمجموعه			زیرمجموعه		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
سه پر	۳۰	۰/۱۷۷۳	۰/۲۴۷۳	۰/۰۹۷۷						
ساده تیغه‌دار گرد	۳۰	۰/۲۶۳۳	۰/۳۳۳۳	۰/۱۸۶۷						
ساده	۳۰	۰/۵۴۹۷	۰/۶۲۰۷	۰/۴۶۱۰						
معنی‌دار		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰



شکل ۷- اثر متقابل عامل‌های رطوبت و نوع سنبله بر میزان تلفات، تغییر طول و تغییر قطر میوه زغال‌اخته

سنبه ساده تیغه‌دار گرد و ساده بود. همچنین در استفاده از سنبه ساده تغییر طول و تغییر قطر میوه نسبت به سنبه ساده تیغه‌دار گرد بیشتر بوده است (جدول ۵). یافته‌های این تحقیق مانند تحقیق Raoufat *et al.* (2016) نشان داد که یکی از عوامل تعیین کننده در تغییر طول میوه، محتوای رطوبتی است. از طرفی، طبق نتایج این پژوهش، محتوای رطوبتی عامل تأثیرگذاری در تغییر قطر میوه زغال‌اخته است ولی در یافته‌های Raoufat *et al.* (2016) این عامل تأثیر معنی‌داری در تغییر قطر میوه خرما نداشت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش بخش مرکزی و هسته‌گیر یک ماشین هسته‌گیر از نوع سنبه-ماتریس مورد طراحی و ساخت قرار گرفت. این ماشین فرآیند هسته‌گیری را به روش پانچی انجام می‌دهد، بطوری‌که میوه در داخل ماتریس به‌حالت قائم ایستاده و سنبه نیز بعنوان عملگر میله‌ای برای بیرون راندن هسته از درون میوه عمل می‌کند. به منظور یافتن شرایط بهینه هسته‌گیری دو عامل اساسی در فرآیند گرفت. بدین‌منظور از سه نوع سنبه ساده، ساده تیغه‌دارگرد و سه پر و دو سطح از درصد محتوی رطوبتی (۷۰٪ و ۷۵٪) مورد آزمایش قرار گرفتند. با در نظر گرفتن انواع سنبه و درصد محتوی رطوبتی، فرآیند هسته‌گیری در شش تیمار (چهار تیمار اصلی و دو تیمار شاهد) انجام و مشاهدات به‌صورت آماری ثبت و ضبط گردید. میانگین درصد هسته‌گیری در تیمارهای گفته شده ۷۵/۵٪ بود. آزمون تحلیل واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری میان شش تیمار مورد ارزیابی وجود دارد. از این رو با توجه به نمونه‌های آماری، مطلوب‌ترین هسته‌گیری با میزان تلفات پایین در تیمار سوم که رطوبت ۷۵٪ و سنبه از نوع سه‌پر بود به میانگین ۹۳/۳۳ درصد انجام شد. تیمار دوم با درصد رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه ساده تیغه‌دارگرد بعنوان دومین تیمار مطلوب هسته‌گیری ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از سنبه سه‌پر و میوه با درصد رطوبتی بالا، مطلوب‌ترین شرایط هسته‌گیری میوه زغال‌اخته محسوب می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده و اهمیت فرآوری بهینه میوه زغال‌اخته بعد از برداشت (بسته‌بندی و خشک

باتوجه به جدول تحلیل واریانس، تفاوت معنی‌داری بین میزان تلفات در رطوبت‌ها و سنبه‌های مختلف وجود دارد. تفاوت قابل مشاهده با توجه به درصد رطوبت را می‌توان ناشی از بافت سفت و خاصیت ارتجاعی زغال‌اخته دانست. همچنین در استفاده از انواع سنبه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. آمار به دست آمده از آزمون دانکن نشان داد که میزان تلفات میوه زغال‌اخته در عمل هسته‌گیری با استفاده از سنبه سه‌پر بهتر از سنبه ساده تیغه‌دارگرد و ساده بود. بعلاوه عملکرد سنبه ساده تیغه‌دارگرد از سنبه ساده بهتر بود. این تفاوت معنی‌دار در استفاده از نوع سنبه به‌خاطر نفوذ و برش میوه توسط سنبه است، طوری که عمل نفوذ و برش با استفاده از سنبه سه‌پر نسبت به سنبه‌های دیگر به‌صورت مطلوب انجام می‌گیرد. در سنبه نوع ساده تیغه‌دارگرد، در زمان شروع نفوذ سنبه به داخل میوه، میوه به‌صورت دایره‌ای برش می‌خورد و سنبه این قسمت برش خورده را به همراه هسته زغال‌اخته تا انتهای طولی زغال‌اخته با خود هل داده و این قسمت از میوه تلف می‌شد. هر قدر سطح برش بیشتر می‌شد نیروی لازم برای خارج کردن هسته نیز بیشتر می‌شد و به تبع آن مصرف انرژی و عملکرد ماشین تحت تأثیر قرار می‌گرفت. در سنبه نوع ساده، علی‌رغم سادگی ظاهری، فشار کاری در این نوع سنبه هم بالا بود و قسمت اعظم میوه کوفته می‌شد و علاوه بر پایین آوردن کیفیت میوه هسته‌گیری شده باز هم نیرو جهت نفوذ بیشتر و به تبع آن توان مصرفی برای عمل هسته‌گیری افزایش می‌یافت.

با توجه به نتایج، استفاده از تیمار سوم (رطوبت ۷۵٪ و نوع سنبه سه‌پر) برای هسته‌گیری میوه زغال‌اخته مطلوب ترین تیمار ارزیابی شد. به‌عبارت دیگر با توجه به آزمون تحلیل واریانس تفاوت معنی‌داری میان شش تیمار مورد بررسی وجود داشت که برهم کنش تیمار (a₁b₂) مطلوب‌ترین نتیجه هسته‌گیری میوه زغال‌اخته را به دست می‌داد. اثر متقابل عامل‌های رطوبت و نوع سنبه بر میزان تلفات عمل هسته‌گیری میوه زغال‌اخته در شکل ۷ نشان داده شده است.

در جدول ۴، تحلیل واریانس تغییر طول زغال‌اخته نشان داد که عامل‌های رطوبت، نوع سنبه و برهم‌کنش این دو عامل بر روی تغییر طول و تغییر قطر میوه تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج آزمون دانکن نشان داد که تغییر طول و قطر میوه در استفاده از سنبه سه‌پر کمتر از دو

- (*Cornus mas L.*). *Not Bot Horti Agrobot*, (39)1: 255-259.
- Gharibeh G., B. (2021). *Evaluation, design and Fabrication of a Pitting Machine for Cornelian cherry Fruit*. PhD thesis. Biosystem engineering group. Agriculture faculty. Urmia university, 137 p. (In Persian)
- Gunduz, K., Saracoglu, O., Özgen, M., & Serce, S. (2013). Antioxidant, physical and chemical characteristics of cornelian cherry fruits (*Cornus mas L.*) at different stages of ripeness. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 12(4): 59-66.
- Hassanpour, H. (2017). Cornelian Cherry Germplasm Resource and Physicochemical Characterization of Its Fruit in Iran. *Journal of horticulture science* 30(4): 624-633. (In Persian).
- Hassanpour, H., Hamiddoghli, Y., & Samizadeh, H. (2012). Some fruit characteristics of Iranian cornelian cherries (*Cornus mas L.*). *Not Bot Horti Agrobot*, 40(1): 247-252.
- Kazimierski, M., Regula, J., & Molska, M. (2019). Cornelian cherry (*Cornus mas L.*) – characteristics, nutritional and pro-health properties. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*, (18)1: 5-12.
- Kermani, A. M., Gazor, H. R., & Sadeghi, A. (2010). Determination of Some Physical Properties of Cornelian Cherries (*Cornus mas L.*). *Journal of Agricultural Engineering Research*, (11)2: 85-94. (In Farsi)
- Larsen, L. J. (2012). *Continuous fruit pitting by singularization of fruit pieces*. (U.S. Patent No. US 8196508 B2). U.S. Patent and Trademark Office.
- Mikaili, P., Koohirostamkolaei, M., Babaeimarzangou, S. S., Aghajanshakeri, S., Moloudizargari, M., & Shamsi Gamchi, N. (2013). Therapeutic uses and pharmacological effects of *Cornus mas*- A review. *Journal of pharmaceutical and biomedical sciences*, 35: 1732-1738.
- Politino, M., & Morsucci, J. (2008). Pitting machine comprising a punching head which performs a curvilinear oscillatory movement in synchronization with the translation movement of fruits to be pitted. (U.S. Patent No. US 7320280 B2). U.S. Patent and Trademark Office.
- Raoufat, M. H., Nassiri, S. M., & Sadri, S. H. (2016). Design, fabrication and evaluation of a pitting mechanism for date fruit. *The 10th National Congress on Biosystems Engineering. (Agriculture Machinery)*. (In Persian)
- Regula, J., Kazimierski, M., & Molska, M. (2019). Cornelian cherry (*Cornus mas L.*) کردن)، تولید انبوه ماشین هسته‌گیری زغال‌اخته با در نظر گرفتن پارامترهای طراحی و نمونه آزمایشگاهی این پژوهش امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. افزون بر این با توجه به تأثیر مستقیم درصد محتوای رطوبت در بازدهی بیشتر هسته‌گیری میوه زغال‌اخته، توصیه می‌شود که محققان در پژوهش‌های آتی علاوه بر درصدهای محتوای رطوبتی ۷۰٪ و ۷۵٪، سایر درصدهای رطوبتی را نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار دهند. لازم به ذکر است که باتوجه به عدم واریته بندی زغال‌اخته در ایران و مطالعات میدانی انجام شده، واریته‌های مختلف زغال‌اخته در سطح کشور تقریباً خواص فیزیکی مشابه و نزدیک به هم دارند؛ لذا استفاده از این ماشین در هسته‌گیری واریته‌های مختلف میوه زغال‌اخته به احتمال زیاد نتایج مشابهی را خواهد داد. با این وجود برای حصول نتایج قطعی و جامع‌تر، توصیه می‌شود که محققان در آزمایشات آتی از واریته‌های مختلف میوه زغال‌اخته نیز استفاده کنند.

منابع

- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technolog*, 15(3): 207-225.
- Anonymous, Ministry of Agriculture-Jahad. (2019). In statistics. Retrieved February 8, 2021, from <http://www.maj.ir>.
- Bijelić, S., Gološin, B., Ninić-Todorović, J., & Cerović, S. (2011). Morphological characteristics of best cornelian cherry genotypes in Serbia. *Genet Resour Crop Evolution*, 58: 689-695
- Bošnjaković, D., Ognjanov, V., Ljubojević, M., Barać, G., Predojević, M., Mladenović, E., & Čukanović, J. (2012). Biodiversity of wild fruit species of Serbia. *Genetics*, (44)1: 81-90
- Castro, E. (2004). Pitting knives having an axial bore and method for decontaminating a drupe. (U.S. Patent No. US 6827007 B2). U.S. Patent and Trademark Office.
- Dokoupil, L., & Reznicek, V. (2012). Production end use of the cornelian cherry-*Cornus mas L.* *Acta Univ Agric Silv Mendel Bruno, LX* (8): 49-58.
- Ercisli, S., Jaćimović, V., Božović, D., Ognjanov, V., & Bosančić, B. (2015). Some Fruit Characteristics of Selected Cornelian Cherries (*Cornus mas L.*) from Montenegro. *Erwerbs-Obstbau*, (57)3: 119-124.
- Ercisli, S., Yilmaz, S. O., Gadze, J., Dzubur, A., Hadziabulic, S., & Aliman, J. (2011). Some fruit characteristics of cornelian cherries

characteristics, nutritional and pro-health properties. *Acta Sci entiarum Polonorum Technologia. Aliment aria.*, 1(18): 5-12.

Yalcinkaya, E. (2009). Cornelian cherry (*Cornus mas L.*) research activities in Turkey, *Acta Horti modelling procedia Engineering*, 7(818): 7: 61-64.