تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲٤/ شماره ۷۸/ بهار و تابستان/۱٤۰٤/ ص ۸۸-۷۳

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

شرایط بهینه میوه خرمای رقم سعمران برای هسته‌گیری با هسته‌گیر سوزنی– فنجانی

احمد مستعان[1*]، سینا لطیف‌التجار[2]، مژگان مقدم[3]، سارا احمدی‌زاده[4]

[1*]استادیار موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

[2]کارشناس محقق موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر

[3و4] کارشناس تحقیقات موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۴/۲۱

چکیده

با توجه به سهم قابل‌توجه خرمای بی‌هسته در تجارت خرمای رقم سعمران، این تحقیق با هدف یافتن شرایط بهینه آماده‌سازی میوه خرمای رقم سعمران برای هسته‌گیری با هسته‌گیر سوزنی– فنجانی به صورت آزمایش فاکتوریل با ٤ عامل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ٤ تکرار اجرا شد. فاکتورهای قابل کنترل میوه شامل قطر، رطوبت، تیمار سطحی و جهت قرارگیری آن درون فنجانک‌های دستگاه هسته‌گیری بود. نتایج تحقیق نشان داد که با آماده‌سازی صحیح میوه، بهبود هر سه شاخص بازده هسته‌گیری، هدررفت گوشت و درصد تغییر طول میوه امکان‌پذیر است. با کنترل رطوبت میوه در بیشینهٔ محدوده استاندارد به میزان ۱۸ درصد، افزون بر دستیابی به بازده‌هسته‌گیری قابل قبول، می‌توان به حداقل هدررفت گوشت و تغییر طول میوه دست یافت. در این سطح رطوبت، متوسط هدررفت گوشت و تغییر طول میوه به ترتیب حدود ۵ و ۷ درصد است. از نظر کاهش چسبندگی میوه، با وجود برتری نسبی تیمار سطحی میوه با آرد برنج، کاربرد روغن گیاهی به دلیل سهولت کاربرد و تاثیر در ظاهر میوه، قابل توصیه است. در تمامی شرایط آزمایش، قراردهی واژگون میوه منجر به دستیابی به شاخص‌های بهتر هسته‌گیری خرمای سعمران شده است. با استناد به نتایج حاصل، در صورت کنترل رطوبت میوه در محدوده ۱۸درصد، تیمار سطحی میوه با روغن گیاهی یا آرد برنج و قراردهی واژگون میوه در فنجانک‌ها، هسته‌گیری خرمای سعمران با بازده بیش از ۹۷/۵ درصد برای محدودهٔ ۱٦ تا ۲۲ میلی‌متری قطر میوه مطابق با استانداردهای ملی امکان‌پذیر است. با توجه به افت شاخص‌های اساسی در قطرهای بیشتر میوه، تحقیق در زمینه ارائهٔ راهکارهای مناسب یا تغییر در طراحی دستگاه به منظور حصول به مقادیر قابل قبول این شاخص‌ها پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خرمای سعمران، ماشین هسته‌گیری، رطوبت میوه، تیمار سطحی، جهت میوه، بازده هسته‌گیری

مقدمه

استان خوزستان مهم‌ترین منطقهٔ تولید کنندهٔ خرما در کشور شناخته می‌شود و در سال ۱۴۰۲ بیش از ۲۷۷۰۲۷ تن خرما از ۳۶۴۱۱ هکتار سطح زیر کشت برداشت شده است (SCI, 2023) که در این میان رقم سعمران[1] بخش عمده‌ای از کل خرمای تولیدی استان خوزستان را به خود اختصاص می‌دهد.

آمار رسمی صادرات خرمای سعمران، بدون احتساب صادرات آن با نام عمومی "سایر"، در سال ۱۴۰۲ بالغ بر ۳۸۵۰۰ تن بوده است (TCCIMA, 2024). با این همه، آمار

۱ – خرمای سعمران با نام‌های دیگری همچون سایر و استعمران نیز شناخته می‌شود و به منظور یکسان‌سازی، نام سعمران به عنوان نام مورد تأیید پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری در این مقاله آمده است.

نویسنده مسئول: **Email:** ahmadmostaan@yahoo.com

http://doi: 10.22092/fooder.2025.367816.1408

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

غیر رسمی نشان می‌دهد که سالانه حدود ۵۰ تا ۶۰ هزار تن خرمای سعمران (به طور متوسط معادل یک پنجم خرمای صادراتی ایران) از استان خوزستان صادر می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهند بیش از ۸۵ درصد از این میزان خرما به صورت بی‌هسته فرآوری و عرضه می‌شود (Mostaan *et al*., 2011b). تقریباً تمامی این میزان خرما به صورت دستی و با هزینه تقریبی ۳۰۰۰ تومان برای هر کیلوگرم (در سال ۱۴۰۲) و در شرایط خارج از کارگاه هسته‌گیری می‌شود.

روش دستی شیوه غالب هسته‌گیری خرما به شمار می‌آید که در عراق و نیز استان خوزستان معمول است. در این روش معمولا با ایجاد یک برش طولی با چاقو در یک سمت خرما، هسته را خارج می‌سازند و پس از آن دو لبهٔ برش‌خورده را به هم می‌فشارند تا محل برش مشخص نشود (Dowson & Aten, 1962). عملکرد روش دستی هسته‌گیری خرما کند است و کارگر هسته‌گیر در هر ساعت می‌تواند ۵ کیلوگرم خرمای بی‌هسته تولید کند. در روش‌های دستی احتمال آلودگی محصول نیز افزایش می‌یابد (Rohani, 1989). در جهرم و برخی مناطق جنوب ایران، از سوزن ویژه‌ای به منظور هسته‌گیری خرما استفاده می‌کنند. در این روش با فروبردن سوزن از یک طرف به داخل خرما، هسته را از طرف دیگر خارج می‌کنند (Hashempour, 1999). این روش را می‌توان به عنوان پیشرو در دستگاه‌های اختراع شده برای هسته‌گیری خرما به حساب آورد.

در عمل، در استفاده از دستگاه مخصوص هسته‌گیری از خرما، دانه‌های خرما به صورت عمودی در فنجان‌هایی تغذیه می‌شوند که روی یک تسمه دوار قرار دارند و با ادامهٔ حرکت، فنجان‌ها به واحد ضربه‌زن نزدیک می‌شوند. در صورت همراستا بودن محور فنجان و میلهٔ ضربه‌زن، فنجان متوقف می‌شود و سوزن بیرون‌زن هسته به داخل خرما فرو می‌رود و هسته را از طرف دیگر فنجان خارج می‌کند. هسته‌ها به زیر تسمه‌ها می‌افتند و فنجان‌های حاوی خرمای بی‌هسته، به حرکت در می‌آیند. تسمه‌ها در انتهای مسیر واژگون می‌شوند و خرمای بی‌هسته به بیرون می‌افتد (Barreveld, 1993). در این روش، برای دستیابی به عملکرد مطلوب دستگاه، میوه خرما را باید از نظر اندازه مناسب با قطر فنجانک‌ها درجه‌بندی کرد. میزان تولید این ماشین‌ها حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم خرمای بی‌هسته در ساعت است (Rohani, 1989).

هسته‌گیری در مورد محصولاتی مانند زیتون، آلبالو، گیلاس و زردآلود نیز رایج است. هسته‌گیرهای زیتون اغلب از نوع ضربه‌ای هستند. برای تولید فرآورده‌هایی مانند کمپوت یا مربا، هسته‌گیری آلبالو و گیلاس الزامی است. ماشین هسته‌گیر این نوع محصولات نیز اغلب بر پایهٔ مکانیزم سوزنی-فنجانی است. در هسته‌گیری گیلاس معمولاً مقدار کمی از گیلاس‌ها به دیواره فنجانک‌ها می‌چسبند. برای جلوگیری از این امر در تولید کمپوت گیلاس پیش از هسته‌گیری، محصول با کمی آب جوشانده می‌شود تا از چسبندگی آن کاسته شود. در هسته‌گیری گیلاس حدود ۱۵ درصد وزن اولیه از دست می‌رود (Lock, 1960).

یکی از مشکلات عمده در دستگاه‌های فراوری میوه‌هایی که هستهٔ آنها به بافت داخلی میوه چسبندگی زیادی دارد، چسبندگی زیاد محصول و شیرهٔ حاصل از آن به قسمت‌های مختلف دستگاه هسته‌گیر است. محصولاتی مانند خرما، گیلاس و زردآلو جزو همین میوه‌ها به حساب می‌آیند. برای رفع مشکل چسبندگی خرما و میوه‌های مشابه دستگاه هسته‌گیری مجهز به سیستم شستشوی فنجانک در انتهای مسیر هسته‌گیری و پیش از بارگیری مجدد میوه طراحی و در اداره اختراعات ایالات متحده امریکا به ثبت رسیده است (Fehlmann, 1982).

برای هسته‌گیری محصولاتی مانند زردآلو و میوه‌های مشابه که دارای هدررفت بسیار گوشت میوه هستند، یک شیار خطی در محصول تولید می‌شود به‌طوری که محصول به دو تکه مجزا تقسیم می‌شود. در این حالت جداکردن

هسته بسیار ساده‌تر است و مقدار گوشت از دست رفته بسیار ناچیز خواهد بود (Woodroof and Luh, 1986).

نکتهٔ قابل توجه در مورد هسته‌گیری این است که پیش از ورود محصول به دستگاه‌های فرآوری حتما باید عملیات جانبی روی محصول صورت گیرد. سفت کردن بافت محصول از طریق سرمادهی یا کاهش رطوبت از جمله ترفندهایی هستند که به واسطهٔ آنها می‌توان تلفات گوشت میوه در حین هسته‌گیری را کاهش داد (Woodroof and Luh, 1986).

ماشین‌های خودکار هسته‌گیر خرما در دو نوع متفاوت به بازار عرضه شده‌اند. یک نوع هسته‌گیری را بدون تغییر شکل ظاهری میوه پیش می‌برند ولی سیستم دیگر میوه را به صورت لهیده در می‌آورد و هسته را جدا می‌کند (Rohani, 1989). مورد اخیر بیشتر در تولید خمیر خرما برای مصرف در فرآورده‌های غذایی کاربرد دارد. این در حالی است که خرمای بی‌هسته سعمران مصرف مستقیم دارد و حفظ شکل ظاهری میوه در هسته‌گیری آن شرطی اساسی است.

ویژگی‌های مورد انتظار دستگاه هسته‌گیر خرما شامل تغییرندادن شکل میوه، نداشتن چسبندگی بین قطعات دستگاه و میوه، داشتن دقت مناسب و زمانبندی بخش‌های دستگاه و آلوده نکردن محصول است. بر اساس این ویژگی‌ها یک دستگاه هسته‌گیر خرما با استفاده از سازوکار فشاری و پوشش تفلونی دیواره داخلی فنجان‌ها طراحی و ساخته شده است. در آزمون این دستگاه، تعیین سطح مطلوب رطوبت محصول مد نظر بوده و برای تغییر دادن رطوبت در سطوح مختلف، از دمای ۵۰ درجه سلسیوس استفاده شده است. در ارزیابی کارایی این دستگاه دو شاخص تغییر طول (رابطه ۱) و درصد تلفات گوشت میوه (رابطه ۲) به‌کار گرفته شده است (Noroozi Ghale Babakhani, 2004) که البته با توجه به اینکه این محاسبه بر مبنای وزن کل خرما (گوشت و هسته) اولیه بوده باعث احتساب وزن هسته در مخرج کسر و بروز اندکی خطای محاسباتی شده است. این امر در نهایت باعث می‌شود تا میزان هدر رفت گوشت میوه کمتر از مقدار واقعی محاسبه شود.

$$\text{تغییر طول میوه (درصد)} = \frac{\Delta h}{h_1} \times 100 \qquad (۱)$$

$$\text{تلفات گوشت میوه (درصد)} = \frac{W_b-(W_d+W_s)}{W_b} \times 100 \qquad (۲)$$

در این دو رابطه Δh: تغییرات ارتفاع (ارتفاع ثانویه (h2)- ارتفاع اولیه (h1))، W_b: وزن اولیه خرما پیش از ورود به هسته‌گیر، W_d: وزن خرما بعد از خروج از دستگاه، و W_s: وزن هسته خرما است.

در این آزمایش مشخص شد که شدت ضربه بر میزان گوشت از دست رفته و تغییر شکل بی‌تاثیر است و تنها رطوبت محصول است که بر این دو عامل تاثیر می‌گذارد. با افزایش این عامل هر دو شاخص گوشت از دست رفته و تغییر شکل میوه افزایش می‌یابند. برای یافتن بهترین حالت هسته‌گیری و کمترین تغییر شکل میوه، لزوم اتخاذ تمهیداتی برای مقابله با چسبندگی میوه به فنجانک‌ها و آزمون تاثیر جهت قرارگیری میوه به صورت رو به بالا و رو به پایین پیشنهاد شده است (Noroozi Ghale Babakhani, 2004).

برخی تغییرات در مکانیزم هسته‌گیر گفته‌شده عملی شده و در خصوص ارقام مضافتی و کبکاب ارزیابی شده است. در این تحقیق دو شاخص ارزیابی دیگر شامل بازده هسته‌گیری (رابطه ۳) و تغییر شکل قطری میوه (رابطه ۴) نیز استفاده شده‌اند (Shomali Oskouee, 2006).

$$\text{بازده هسته‌گیری} = Destoning\ Efficiency\% = \frac{N_d}{N_t} \times 100 \qquad (۳)$$

$$\text{تغییر قطر میوه} = \%DeformationD = \frac{\Delta d}{d_1} \times 100 \qquad (۴)$$

در این دو رابطه Nd: تعداد میوه خرمایی که در هر آزمایش هسته از آنها جدا می‌شود، Nt: تعداد کل میوه خرما در هر آزمایش و Δd: تغییرات قطر (قطر ثانویه (d2)- قطر اولیه (d1)) است.

نتایج این آزمایش نشان داده است که اثر متقابل رقم و رطوبت بر تغییر طول میوه معنی‌دار است و با افزایش رطوبت از میزان تغییرات کاسته شده است. اثر متقابل رقم و رطوبت بر درصد تغییر قطر میوه معنی‌دار نبوده است. اثر رقم بر تغییر قطر معنی‌دار بود و این امر ناشی از امکان باز شدن فنجانک‌ها و نبود تناسب رقم کبکاب با طراحی دستگاه بوده است. بازده هسته‌گیری در آزمایش‌ها در محدودهٔ ۳۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود. این تغییرات با توجه به رقم، مرحلهٔ رسیدگی و رطوبت محصول متغیر بوده است. در این خصوص استفاده از فنجانک‌های با ابعاد مختلف به منظور هسته‌گیری اندازه‌های مختلف میوه خرما و استفاده از سیستم اسپری روغن خوراکی به عنوان راهکاری برای کاهش چسبندگی میوه پیشنهاد شده است (Shomali Oskouee, 2006).

الزام به حفظ ظاهر خرمای بی‌هسته سعمران به همراه سهم قابل توجه آن در صادرات موضوع هسته‌گیری را به چالشی اساسی و در عین حال اختصاصی این رقم خرما تبدیل کرده است. در این راستا، طی سال‌های اخیر با وجود عرضهٔ تجاری برخی طرح‌ها و دستگاه‌های سوزنی - فنجانی برای رفع مشکل هسته‌گیری خرمای رقم سعمران، در حال حاضر هیچ‌یک کاربردی تجاری نیافته است (Mostaan, 2011). یکی از دلایل عدم توفیق تجاری این دستگاه‌ها، سطح پایین بازده هسته‌گیری و نداشتن امکان دستیابی به حداقل مندرج آن در استاندارد ملی شماره ۲۴۹۶ خرمای سایر (ISIRI, 2024a) و استاندارد ملی پیشین آن به شماره ۲۸۵ (ISIRI, 2024b) در کنار الزام به حفظ شکل ظاهری آن است. در استاندارد اخیر، که مبنای کار استانداردهای دیگر خرمای صادراتی بی‌هسته تلقی می‌شود، متوسط بازده ۹۷/۵ درصد را می‌توان به عنوان حداقل شرط لازم برای پذیرش محصول خرمای بی‌هسته استخراج کرد. به نظر می‌رسد تأمین‌نشدن شرایط مطلوب آماده‌سازی میوه در زمان استفاده از دستگاه را می‌توان یکی از عوامل اساسی ممکن در موفق نبودن این دستگاه‌ها در کشور به حساب آورد. از این‌رو تحقیق حاضر بر این فرضیه ارائه گردید که در شرایط خاصی از ویژگی‌های قابل کنترل میوهٔ خرمای رقم سعمران، عملکرد دستگاه هسته‌گیر سوزنی-فنجانی بهینه است و موفق نبودن دستگاه‌های موجود از نبود کنترل صحیح ویژگی‌های میوه در ارتباط با دستگاه هسته‌گیر نشات گرفته است.

مواد و روش‌ها

کلیات آزمایش

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل با ۴ عامل الف: قطر میوه در ۴ سطح (۱۸-۱۶میلی‌متر، ۲۰-۱۸میلی‌متر، ۲۲-۲۰ میلی‌متر و ۲۴-۲۲میلی‌متر) ب: رطوبت میوه در ۳ سطح رطوبت (۱۶-۱۴ درصد، ۱۸-۱۶ درصد و ۲۰-۱۸درصد)، ج: جهت قرارگیری میوه در دو سطح (ایستاده و وارونه) و د: تیمار سطحی میوه در ۳ سطح (روغن خوراکی، آرد برنج و شاهد بدون تیماردهی) در قالب طرح کاملا تصادفی در ۴ تکرار و هر تکرار شامل ۲۰ میوه خرمای رقم سعمران اجرا شد.

تجهیزات آزمایش

به منظور آزمون مکانیزم هسته‌گیر سوزنی- فنجانی، از دستگاه هسته‌گیر ساخت شرکت SOVIMP® ایتالیا (Sovimp, 2008) استفاده شد (شکل ۱). در این دستگاه فنجانک‌ها در قطرهای ۱۸، ۲۰، ۲۲ و ۲۴ میلی‌متر از جنس تفلون و به صورت دو تکه ساخته شده‌اند که روی زنجیری تثبیت شده‌اند و با استفاده از سیستم محرک نیوماتیک سلسله‌وار، دور دو محور انتهائی دستگاه حرکتی دائمی و پیوسته دارند. در هر نوبت، یک قالب فنجانک، شامل ۴ عدد فنجانک، به زیر انگشتی‌های بیرون‌زن هسته قرار می‌گیرند. قالب فنجانک‌ها در انتهای دستگاه، ضمن چرخش، باز می‌شود و موجبات آزاد شدن میوه و خروج آن را فراهم می‌سازد (شکل۲). در این نمونه دستگاه به منظور اجرای آزمایش‌ها قطر فنجانک‌ها در چهار اندازه متفاوت در نظر گرفته شده است.

شکل ۱. نماهای روبه‌رو و جانبی دستگاه هسته‌گیر سوزنی– فنجانی

Fig.1. Front and side view of the niddle-cup depitting machine (Sovimp, 2008)

شکل ۲. راست) قرارگیری فنجانک‌ها و سوزن‌ها در موقعیت هسته‌گیری و چپ) مکانیزم بازشدن فنجانک‌ها در انتهای دستگاه.

Fig.2. left) the mechanism of opening the cups at the end of the device and Right) placement of the cups and needles in the nucleation position.

به منظور توزین، از ترازوی دیجیتال با درجه تفکیک ۰/۰۱ گرم مدل EK600i ساخت شرکت AND® و برای اندازه‌گیری طول میوه‌های خرما قبل و بعد از هسته‌گیری از خط‌کش استیل با دقت ۱ میلی‌متراستفاده شد (شکل۳) . رطوبت نمونه‌های خرما بر اساس وزن‌سنجی با استفاده از آون استاندارد و در دمای ۱۰۵°C به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد (Jahromi *et al*., 2008). افزایش رطوبت برای سطوح رطوبتی بالاتر از رطوبت تودهٔ خرما با استفاده از محلول نمک اشباع‌شده K2SO4، در دسیکاتور و در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و کاهش رطوبت برای سطوح رطوبتی پائین‌تر نیز با خشک کردن میوه‌ها در آون در دمای ۵۰ درجه سلسیوس تأمین گردید (Shomali Oskouee, 2006).

شکل ۳. اندازه‌گیری طول میوه پیش از آزمون. همین روش بعد از آزمون با همان تعداد میوه اجرا می‌شود.

Fig.3. Measurement of the length of the fruit before performing the test. The same procedure is done after the test with the same fruit number.

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های مورد نیاز خرما برای تکمیل آزمایش‌ها مشتمل بر ۵۷۶۰ میوه بود. به منظور تامین این تعداد میوه، حدود ۱۰۰ کیلوگرم خرمای رقم سعمران در فصل برداشت از منطقه شادگان تهیه شد. تمامی خرمای تهیه شده به منظور یکنواخت شدن رطوبت و محافظت در برابر عوامل خسارت‌زا، به انباری با دمای ۱۸ درجه سلسیوس منتقل گردید (Barreveld, 1993). برای کنترل قطر میوه از شابلن دایره‌ای استفاده شد. در این مرحله میوه‌های خرما بر اساس گزینه‌های مختلف دستگاه در ۶ گروه به شرح زیر تفکیک شدند. نمونه‌های ۱ و ۶ از فرآیند آزمایش حذف شدند و باقی نمونه‌ها برای اجرای آزمایش‌ها اختصاص یافتند.

۱. قطر کم‌تر از ۱۶ میلی‌متر
۲. قطر بیش‌تر از ۱۶ و کم‌تر از ۱۸ میلی‌متر
۳. قطر بیش‌تر از ۱۸ و کم‌تر از ۲۰ میلی‌متر
۴. قطر بیش‌تر از ۲۰ و کم‌تر از ۲۲ میلی‌متر
۵. قطر بیش‌تر از ۲۲ و کم‌تر از ۲۴ میلی‌متر
۶. قطر بیش‌تر از ۲۴ میلی‌متر

سپس تعداد میوه لازم برای تعیین هر یک از سطوح رطوبتی آزمایش جدا شده و پس از توزین و با احتساب متوسط جرم ۰/۷ گرم به ازای هر هسته خرما، و با احتساب رطوبت نهایی، میزان جرم نهایی میوه محاسبه شد.

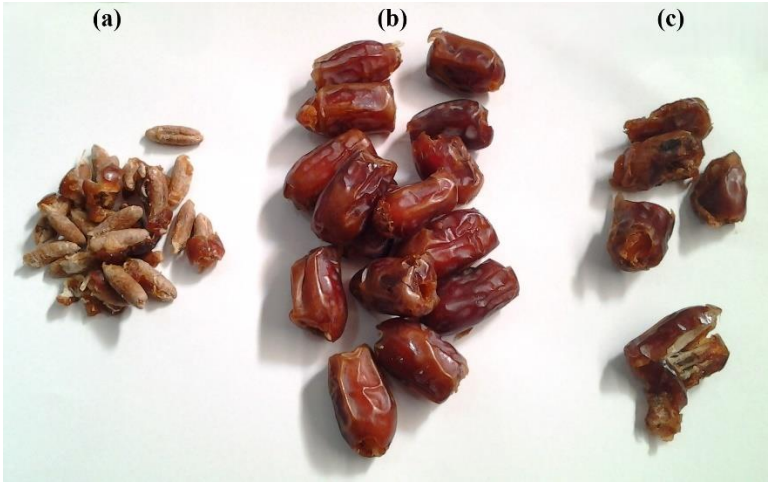
به منظور کنترل رطوبت خرما در محدودهٔ تنظیمی آزمایش، ابتدا ۳ نمونه تصادفی هر یک به وزن ۲۵ گرم از تودهٔ خرما برداشته شد و رطوبت آن با استفاده از آون استاندارد (Jahromi, *et al*., 2008) تعیین گردید. مقدار رطوبت اولیه خرما ۱۸/۴۲ درصد به دست آمد.

افزایش رطوبت برای سطوح رطوبتی بالاتر از رطوبت تودهٔ خرما (۱۸/۴۲درصد)، از محلول نمک اشباع‌شدهٔ K_2SO_4 در دسیکاتور و در دمای ۵۰ درجه سلسیوس استفاده شد. سطوح رطوبتی پایین‌تر نیز با خشک کردن میوه‌ها در آون در دمای ۵۰ درجه سلسیوس تأمین شد (Shomali Oskouee, 2006). نمونه‌ها در هر دو محیط به صورت روزانه پایش شدند. پس از رسیدن جرم نمونه‌ها به جرم محاسبه شده، نمونه‌ها از آون خارج و درون ظروف پلی‌اتیلن بسته‌بندی شدند و پس از برچسب‌زنی برای نگهداری تا زمان آزمایش، در دمای ۵ درجه سلسیوس درون یخچال نگهداری شدند.

تیمار سطحی میوه‌ها پیش از هر آزمایش و به صورت روزانه صورت گرفت. برای تیمار سطحی با آرد برنج، میوه‌ها به آرامی روی سطحی از آرد برنج به ضخامت تقریبی ۲ میلی‌متر غلتانده شدند و آرد مازاد میوه‌ها با استفاده از الکی با مش یک میلی‌متر، از دیگر میوه‌ها حذف شد. در تیمار سطحی با روغن، میوه‌ها در یک لایه روی میز بسته‌بندی از جنس استیل چیده شدند و روغن خوراکی با استفاده از افشانه روی میوه‌ها به‌نحوی پاشیده شد تا بدون ایجاد جریان اضافی روغن روی میوه، تمامی سطح آن روغنی شود.

روش اجرای آزمایش‌ها

هر واحد آزمایشی شامل ۲۰ عدد میوه خرما بود که پس از اندازه‌گیری‌های لازم به صورت پیوسته و بدون فاصله به دستگاه تغذیه شدند. پس از گذر کلیه میوه‌ها از انتهای بخش هسته‌گیر، دستگاه متوقف و کلیهٔ اجزای میوه جمع‌آوری شد (شکل ۴). این هشت ویژگی شمارش، توزین یا اندازه‌گیری و ثبت شدند: (۱) تعداد میوهٔ تحویلی به دستگاه، (۲) تعداد میوهٔ هسته‌گیری شده، (۳) وزن میوهٔ تحویلی به دستگاه، (۴) وزن میوهٔ هسته‌گیری شده، (۵) وزن میوه‌های هسته‌گیری نشده، (۶) وزن هستهٔ خالی از گوشت میوه، (۷) مجموع طول ۸ عدد میوه پیش از هسته‌گیری و (۸) مجموع طول ۸ عدد میوه بعد از هسته‌گیری.



شکل ٤. اجزای جمع‌آوری شده پس از خروج از دستگاه: (a) هسته همراه با بقایای میوه، (b) میوه سالم بی‌هسته، و (c) میوه تخریب شده.

Fig.4. The fruit parts collected after leaving the machine: (a) the pit along with the fruit residue, (b) unpitted intact fruit, and (c) deformed fruit.

پردازش داده‌ها

پس از ثبت، داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد شدند و با استفاده از آنها ۳ شاخص ارزیابی فرآیند هسته‌گیری، بر اساس روابط ۵ تا ۷ که بر اساس روابط ۱ تا ۳ (Noroozi Ghale Babakhani, 2004; Shomali Oskouee, 2006) باز تعریف شده بودند محاسبه گردید. به منظور ارائهٔ واقعی هدررفت گوشت میوه، رابطه ۲ با جایگزینی وزن کامل میوه (Wb) با وزن گوشت میوه (Wb-Ws) در مخرج کسر، به شرح رابطه ۶ اصلاح شد.

لازم است گفته شود شاخص تغییر قطر میوه با توجه به ابعاد ثابت فنجانک‌ها و گروه‌بندی قطر میوه و در نتیجه تغییرنیافتن قطر میوه بعد از هسته‌گیری، این شاخص در این آزمایش اندازه‌گیری نشد.

الف: بازده هسته‌گیری

$$E_d = 100 \times \frac{N_{df}}{N_{if}} \quad (۵)$$

ه: درصد هدررفت گوشت میوه

$$L_{ff} = 100 \times \left(1 - \frac{W_{df}}{\left(W_{if} - (W_{wp} + W_{pf})\right)}\right) \quad (۶)$$

$$D_{df} = 100 \times \frac{(H_f - H_i)}{H_i} \quad (۷)$$

و: درصد تغییر شکل میوه

که نمادهای به کار رفته عبارت‌اند از:

E_d: بازده هسته‌گیری

D_{df}: درصد تغییر شکل

H_i: مجموع طول ۸ عدد میوه قبل از هسته‌گیری

H_f: مجموع طول ۸ عدد میوه بعد از هسته‌گیری

L_{ff}: درصد هدررفت گوشت میوه

N_{if}: تعداد میوه تحویلی به دستگاه

N_{df}: تعداد میوه هسته‌گیری شده

W_{if}: وزن میوه تحویلی به دستگاه

W_{df}: وزن میوه هسته‌گیری شده

W_{pf}: وزن میوه‌های هسته‌گیری نشده

W_{wp}: وزن هسته خالی از گوشت میوه

ارزیابی اولیهٔ داده‌ها نشان داد که با توجه به چولگی شدید داده‌ها در محدودهٔ اعداد مرزی (۰ یا ۱۰۰)، که نشات گرفته از ماهیت داده‌ها به دلیل تراکم در حدود مرزی است، نرمال‌سازی داده‌ها نیازمند تبدیل‌های پیچیده است و این امر سبب از بین رفتن اطلاعات اصلی تحقیق می‌شود. از این‌رو به عنوان جایگزین از آزمون‌های ناپارامتری استفاده شد که مستقل از توزیع نرمال داده‌ها (به عنوان پیش‌شرط استفاده از آنالیزهای پارامتریک) بودند (Brunner and Puri,

2001; Kiefel and Bathke, 2022). به منظور آزمون وجود اختلاف معنی‌دار در میانگین‌های هر یک از شاخص‌های ارزیابی تحت تاثیر فاکتورهای اصلی، از آزمون کروسکال-والیس[1] استفاده شد (Kiefel & Bathke, 2022). همچنین بر اساس وجود اختلاف معنی‌دار در میانگین‌ها، از آزمون مان-ویتنی[2] (MacFarland & Yates, 2016) به منظور مقایسه دو به دوی میانگین‌ها و رتبه‌بندی آنها استفاده شد. داده‌ها برای یافتن تاثیر عوامل بر شاخص‌های سه‌گانه با استفاده از نرم‌افزار SPSS19® آنالیز شدند (SPSS, 2010).

آزمون کروسکال-والیس، جایگزین ناپارامتری آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA)، تفاوت میانگین رتبه‌ها را در سه یا بیش از سه گروه مستقل ارزیابی می‌کند هنگامی که فرض نرمال‌بودن داده‌ها برقرار نباشد. این آزمون با رتبه‌بندی داده‌های تجمیع‌شده و مقایسهٔ مجموع رتبه‌های هر گروه، آمارهٔ H را محاسبه می‌کند، برای داده‌های ترتیبی یا توزیع‌های نامتقارن مناسب است و برابری واریانس‌ها را مفروض نمی‌داند. آزمون مان-ویتنی نیز یک روش ناپارامتری برای مقایسه تفاوت‌های بین دو گروه مستقل است و زمانی استفاده می‌شود که داده‌ها فاقد توزیع نرمال باشند یا در سطح سنجش ترتیبی قرار داشته باشند. این آزمون معادل ناپارامتری آزمون t مستقل محسوب می‌شود و بر پایه رتبه‌بندی داده‌ها استوار است (Kruskal & Wallis, 1952).

نتایج و بحث

نتایج آزمون ناپارامتری کروسکال والیس برای داده‌های بازده هسته‌گیری، هدررفت گوشت و تغییر طول میوه در (جدول ۱)، نشان می‌دهد که اثر مستقل رطوبت و قطر میوه بر بازده هسته‌گیری، هدررفت گوشت و تغییر شکل میوه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار است و اثر تیمار سطحی در سطح خطای آماری ۱ درصد تنها بر هدررفت گوشت و تغییر شکل میوه معنی‌دار است و این اثر بر بازده هسته‌گیری معنی‌دار نگردید. اثر جهت قرارگیری بر شاخص‌های بازده هسته‌گیری و درصد تغییر شکل میوه در سطح خطای آماری ۱ درصد معنی‌دار است و این اثر بر درصد هدررفت گوشت میوه معنی‌دار نبود. به منظور بررسی دقیق‌تر، تحلیل شاخص‌های مورد ارزیابی با استفاده از آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها و نمودارهای اثرهای متقابل دوگانه به شرح زیر است:

جدول ۱. آزمون ناپارامتری واریانس داده‌های شاخص‌های هسته‌گیری

Table 1. Results of nonparametric variance test for depitting indices.

عامل Factor	درجه آزادی D.F.	χ^2		
		بازده هسته‌گیری Depitting Efficiency	هدررفت گوشت میوه Fruit Flesh Loss	تغییر شکل میوه Fruit length change
رطوبت Moisture Content	2	17.005**	17.733**	15.634**
قطر میوه Fruit Diameter	3	76.105**	112.117**	12.834**
تیمار سطحی Surface Treatment	2	2.919^{ns}	28.273**	56.494**
جهت قرارگیری Orientation	1	13.439**	0.005^{ns}	6.972**

** وجود اثر معنی‌دار در سطح خطای آماری ۱ درصد. ns نبود خطای آماری

**Significant effect at α=1% ns: no significant effect

1 - Kruskal–Wallis test

2 - Mann–Whitney test

الف: بازده هسته‌گیری

نتایج مقایسه میانگین‌های داده‌های شاخص بازده هسته‌گیری با استفاده از آزمون مان – ویتنی در جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت میوه، بازده هسته‌گیری کاهش می‌یابد. این امر با توجه به اثر متقابل مشهود رطوبت با سه متغیر مستقل دیگر در نمودارهای ترکیبی (شکل ۵) قابل تائیدشدن است. همانگونه که در این نمودارها مشاهده می‌شود، با وجود تفاوت میان بازده هسته‌گیری در قطرهای مختلف و در تیمارهای سطحی مختلف، اثر کلی کاهنده افزایش رطوبت بر بازده هسته‌گیری به وضوح قابل مشاهده است. در نمودار (شکل ۵) می‌توان دید که با افزایش قطر میوه در مقادیر بالاتر از محدوده ۲۰-۱۸ میلی‌متر، اثر رطوبت بر بازده هسته‌گیری نیز افزایش می‌یابد. حداکثر، میانگین و حداقل بازده هسته‌گیری در کل آزمایش‌ها به ترتیب ۱۰۰، ۹۶/۱۶ و ۶۵ درصد است که در مقایسه با شاخص هسته‌گیری در آزمایش‌ها (Shomali Oskouee, 2006) که در محدوده ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بود، بسیار بالاتر است و می‌تواند با رقم سعمران (در مقایسه با رقم کبکاب)، مکانیزم مکانیکی ضربه‌زن (در مقایسه با مکانیزم الکتریکی) و پیوستگی کار و زمان‌بندی بهتر دستگاه (Noroozi Ghale Babakhani, 2004) در ارتباط باشد.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین‌های بازده هسته‌گیری تحت تاثیر عوامل آزمون

Table 2. Comparison of mean depitting efficiency (%) under factors' main effect

سطح عامل* Factor level*	عامل Factor			
	رطوبت Moisture content	قطر Fruit diameter	تیمار سطحی Surface treatment	جهت قرارگیری orientation
1	97.75a	98.69ab	94.95	94.54b
2	97.09a	99.86a	97.24	97.77a
3	93.64b	95.49b	96.29	------
4	------	90.60b	------	------

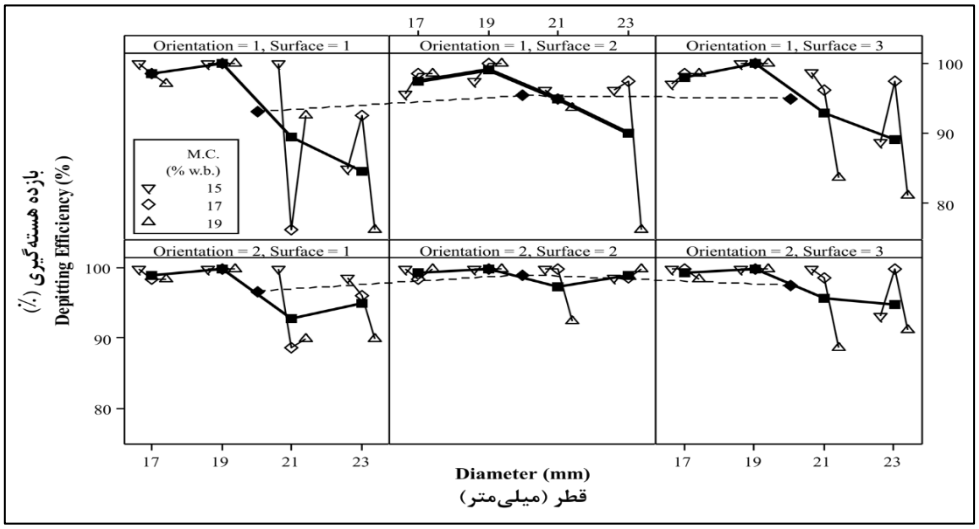
* سطوح متغیرها برای رطوبت به ترتیب: ۱۶-۱۴ درصد، ۱۸-۱۶ درصد و ۲۰-۱۸درصد، برای قطر به ترتیب: ۱۸-۱۶، ۲۰-۱۸، ۲۲-۲۰ و ۲۴-۲۲ میلی‌متر، برای تیمار سطحی به ترتیب: شاهد، آرد برنج و روغن خوراکی و برای جهت قرارگیری به ترتیب: رویه بالا و رو به پائین.

میانگین‌های درون ستونی با حروف لاتین مشابه، از نظر آماری در سطح خطای آزمون ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*Factor levels for moisture content: 14-16%, 16-18% and 18-20% for diameter: 16-18mm, 18-20mm, 20-22mm and 22-24mm, for surface treatment: control(no treatment), rice flour and vegetable oil and for orientation: upright and upturned respectively.

Means with same alphabet rank in each column has no statistically significant difference at α=5%

بر اساس نتایج ، با افزایش قطر میوه بازده هسته‌گیری کاهش می‌یابد. اثر متقابل قطر میوه و دیگر متغیرهای مستقل آزمون در نمودارهای ترکیبی (شکل ۵) مشاهده می‌شود. بر این اساس، ترکیب سطوح بالاتر رطوبت و قطر میوه منجر به کم‌ترین بازده هسته‌گیری می‌شود. تاثیر منفی افزایش قطر بر بازده هسته‌گیری در تیمارهای سطحی مختلف نیز قابل مشاهده است. این اثر در تیمار سطحی شاهد (بدون هر گونه ماده‌ای) شدیدتر و در تیمار سطحی آرد برنج کمتر است. اثر متقابل قطر و جهت قرارگیری میوه نیز نشان می‌دهد در هر دو جهت قرارگیری میوه، اثر افزایش قطر بر بازده هسته‌گیری منفی است. این اثر را می‌توان با ساختار میوه و احتمال افزایش فضای خالی میان گوشت و هسته در قطرهای بالاتر در ارتباط دانست و از این‌رو نیازمند بررسی‌های بیشتری است.



شکل ۵. اثر متقابل عوامل اصلی آزمون بر بازده هسته‌گیری

متغیرهای پنل: جهت قرارگیری (۱-رو به بالا، ۲-رو به پایین) و تیمار سطحی (۱-شاهد، ۲-آرد برنج، ۳-روغن نباتی)

Fig. 5. Interaction effects of main factors on depitting efficiency

Panel variables: Orientation (1-upward, 2-Downward), Surface Treatment (1-Control, 2-Rice flour, 3-Vegitable Oil)

در این آزمون، اثر مستقل تیمار سطحی میوه بر بازده هسته‌گیری معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد برخلاف نظر شمالی اسکویی Shomali Oskouee (2006) پاشیدن روغن روی میوه، حداقل از نظر افزایش بازده هسته‌گیری تاثیری ندارد.

نتایج مرتبط با اثر مستقل عامل جهت قرارگیری میوه در جدول ۲ و اثر متقابل این متغیر با سه متغیر مستقل مورد مطالعه در نمودارهای ترکیبی (شکل ۵) نشان می‌دهد که بازده هسته‌گیری در حالت واژگون میوه در اکثر وضعیت‌ها، بالاتر از بازده هسته‌گیری در حالت ایستادهٔ میوه است. این امر نتیجه مثبت پیشنهاد Noroozi Ghale Babakhani (2004) و راهکاری عملی برای افزایش کارایی دستگاه‌های هسته‌گیر سوزنی – فنجانی به شمار می‌آید.. اثر متقابل جهت قرارگیری با قطر میوه نشان می‌دهد که قرار دادن میوه به صورت واژگون می‌تواند اثر منفی افزایش قطر میوه بر بازده هسته‌گیری را تا حدودی کنترل کند. اثر بهتر قراردهی واژگون میوه بر بازده هسته‌گیری ممکن است با مقید بودن هسته در بخش اتصال به کلاهک (Mostaan *et al.*, 2017) و اثر آن بر هم‌راستایی هسته با روزنه خروج هسته در کف فنجانک در این حالت قرارگیری میوه در ارتباط باشد.

ب: هدررفت گوشت میوه

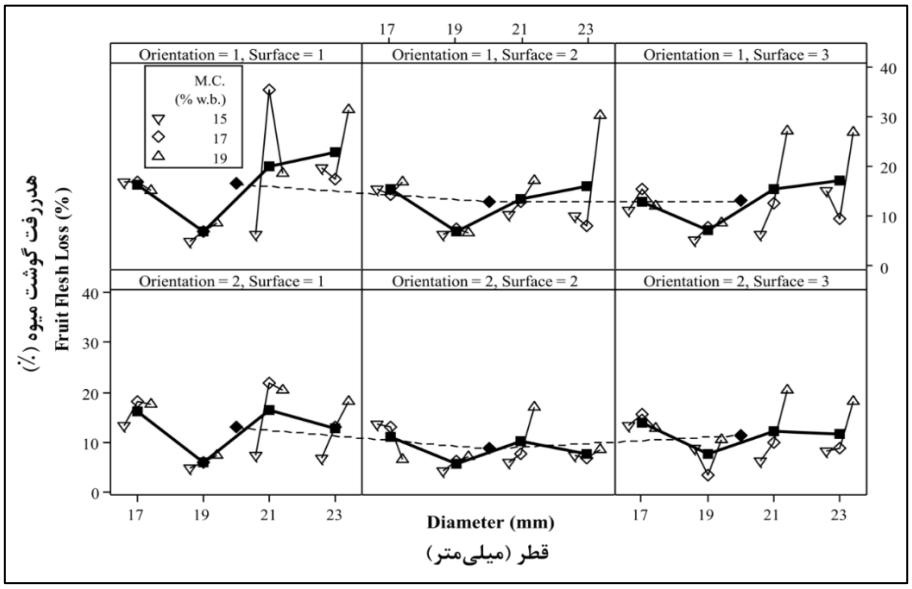
نتیجهٔ مقایسهٔ میانگین‌های مرتبط با شاخص هدررفت گوشت میوه با استفاده از آزمون مان – ویتنی در جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت، درصد هدررفت گوشت میوه خرما نیز در فرآیند هسته‌گیری با هسته‌گیر فنجانی افزایش می‌یابد. بررسی بیشتر اثرهای متقابل متغیر رطوبت با دیگر متغیرهای تحقیق، در نمودارهای ترکیبی (شکل ۶) می‌دهد که اثر منفی افزایش رطوبت میوه بر هدررفت گوشت میوه در اندازه‌ها، تیمارهای سطحی و جهت‌های قرارگیری مختلف میوه تقریباً وجود دارد. این نتیجه هم‌راستا با یافته‌های دیگر محققان (Noroozi Ghale Babakhani 2004) و Woodroof and Luh (1986)) است. البته این امر که افزایش رطوبت به صورت مستقیم مسبب اصلی هدررفت گوشت میوه است یا اینکه بر پایه نظر وودروف و لوه Woodroof and Luh (1986)، این اثر به صورت غیرمستقیم و از طریق تاثیر بر سفتی بافت میوه حاصل می‌شود، در نتایج این تحقیق قابل شناسایی نیست.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های درصد هدررفت گوشت میوه تحت تاثیر عوامل آزمون
Table 3. Comparison of fruit flesh loss (%) under factors' main effect

سطح عامل Factor level	عامل Factor			
	رطوبت Moisture content	قطر Fruit diameter	تیمار سطحی Surface treatment	جهت قرارگیری orientation
1	5.07b	9.82a	6.89a	5.80
2	5.74b	4.70b	4.61b	6.00
3	6.88a	4.43b	6.20a	----
4	----	4.64b	----	----

* سطوح متغیرها برای رطوبت به ترتیب: ۱۶-۱۴ درصد، ۱۸-۱۶ درصد و ۲۰-۱۸درصد، برای قطر به ترتیب: ۱۸-۱۶، ۲۰-۱۸، ۲۲-۲۰ و ۲۴-۲۲ میلی‌متر، برای تیمار سطحی به ترتیب: شاهد، آرد برنج و روغن خوراکی و برای جهت قرارگیری به ترتیب: روبه بالا و رو به پائین.
میانگین‌های درون ستونی با حروف لاتین مشابه، از نظر آماری در سطح خطای آزمون ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
*Factor levels for moisture content: 14-16%, 16-18% and 18-20% for diameter: 16-18mm, 18-20mm, 20-22mm and 22-24mm, for surface treatment: control(no treatment), rice flour and vegetable oil and for orientation: upright and upturned respectively.
Means with same alphabet rank in each column has no statistically significant difference at α=5%

هدررفت بیشتر گوشت میوه در اندازه‌های کمتر میوه را می‌توان با افزایش نسبت وزن گوشت هدررفتهٔ خرما به وزن تک‌دانه آن مرتبط دانست که برای میوه‌های کوچک‌تر کمتر است. بالعکس، در میوه‌های بزرگ‌تر، با فرض وزن گوشت هدررفته برابر، نسبت آن به نسبت وزن میوه کمتر است و از این‌رو نتیجه‌ای منطقی به حساب می‌آید. توجه به نمودارهای ترکیبی (شکل ۶) نشان می‌دهد که در به‌کارگیری مواد مختلف برای تیمار سطحی میوه، هدررفت گوشت میوه تیمار شده به ترتیب با آرد برنج و روغن خوراکی، کمترین است. این مساله می‌تواند با کاهش چسبندگی میوه با فنجانک در ارتباط باشد.



شکل ٦. اثر متقابل عوامل اصلی آزمون بر درصد هدررفت گوشت میوه
متغیرهای پنل: جهت قرارگیری (۱-رو به بالا، ۲-رو به پایین) و تیمار سطحی (۱-شاهد، ۲-آرد برنج، ۳-روغن نباتی)
Fig. 6. Interaction effects of main factors on fruit flesh loss
Panel variables: Orientation (1-upward, 2-Downward), Surface Treatment (1-Control, 2-Rice flour, 3-Vegitable Oil)

پیشتر متوسط تلفات گوشت میوه در خرمای کامل مضافتی ۳/۲۵ درصد به دست آمده بود که با توجه به رابطه مورد استفاده (Noroozi Ghale Babakhani, 2004)، مقدار واقعی آن بیشتر بوده است و جدای از تفاوت ارقام خرمای مورد مطالعه، مقادیر به‌دست آمده با نتایج حاصل از این تحقیق هم‌راستاست. بیشترین و کمترین هدررفت گوشت میوهٔ خرمای رقم کبکاب نیز پیش‌تر به ترتیب ۱۱/۱ و ۵/۲ درصد گزارش شده است (Shomali Oskouee, 2006)، که به دلیل استفاده از رابطه ۲ که دربردارنده دارای خطای ذاتی است، مقادیر واقعی آن اندکی بیشتر از مقادیر به‌دست آمده در این تحقیق است و احتمالا با تفاوت‌های میان ویژگی‌های دو رقم خرمای کبکاب (رقم نرم با رطوبت بالا) و خرمای رقم سعمران (رقم نیمه‌خشک با رطوبت متوسط) در ارتباط است. از دید اقتصادی، این میزان هدررفت گوشت میوهٔ خرمای رقم سعمران در حدود یک سوم هدررفت گوشت میوه در فرآیند صنعتی هسته‌گیری گیلاس (Lock, 1960) است و می‌تواند تا حدودی قابل قبول باشد.

ج: تغییر طول میوه

نتیجهٔ مقایسهٔ میانگین‌های مربوط به شاخص تغییر طول میوه با استفاده از آزمون مان – ویتنی در جدول ۴ و اثر متقابل رطوبت و سایر متغیرهای تحقیق بر این شاخص در نمودارهای ترکیبی (شکل ۷) نشان می‌دهد که اثر رطوبت در سطوح مختلف دیگرمتغیرها به صورت مشابه عمل می‌کند و بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که افزایش رطوبت میوه باعث افزایش تغییر شکل طولی میوه می‌گردد. این یافته پیش از این در خصوص رقم مضافتی مورد تائید قرار گرفته بود (Noroozi Ghale Babakhani, 2004). اثر مستقیم افزایش رطوبت معمولا به صورت افزایش چسبندگی و نرمی بیشتر بافت میوه ظاهر می‌شود و از این‌رو به نظر می‌رسد تغییر در نرمی بافت میوه در رطوبت‌های بیشتر سبب اصلی تغییر طول میوه در حین عملیات هسته‌گیری شده است. از این‌رو، این امکان نیز وجود دارد که بدون تغییر در رطوبت میوه و افزایش سفتی بافت آن (به طور مثال با استفاده از پایین آوردن دمای گوشت میوه)، بتوان به سفتی بیشتر و تغییر طول کمتر میوه دست یافت (Woodroof and Luh, 1986). این امر با توجه به لزوم حداقل تغییر شکل میوه خرما در عملیات هسته‌گیری (Noroozi Ghale Babakhani, 2004)، اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و این فرضیه جدید را مطرح می‌سازد که در فرآیند هسته‌گیری، کنترل سفتی بافت مهم‌تر از کنترل رطوبت میوه است.

جدول ٤. مقایسهٔ میانگین‌های درصد تغییر شکل میوه تحت تاثیر عوامل آزمون

Table 4. Comparison of mean fruit length change (%) under factors' main effect

سطح عامل* Factor level*	عامل Factor			
	رطوبت Moisture content	قطر Fruit diameter	تیمار سطحی Surface treatment	جهت قرارگیری orientation
1	-6.84b	-8.44a	-9.44a	-7.89a
2	-7.01b	-7.08ab	-7.20b	-6.88b
3	-8.30a	-7.60a	-5.51c	----
4	----	-6.42b	----	----

* سطوح متغیرها برای رطوبت به ترتیب: ۱۶-۱۴ درصد، ۱۸-۱۶ درصد و ۲۰-۱۸درصد، برای قطر به ترتیب: ۱۸-۱۶، ۲۰-۱۸، ۲۲-۲۰ و ۲۴-۲۲ میلی‌متر، برای تیمار سطحی به ترتیب: شاهد، آرد برنج و روغن خوراکی و برای جهت قرارگیری به ترتیب: روبه بالا و رو به پائین.

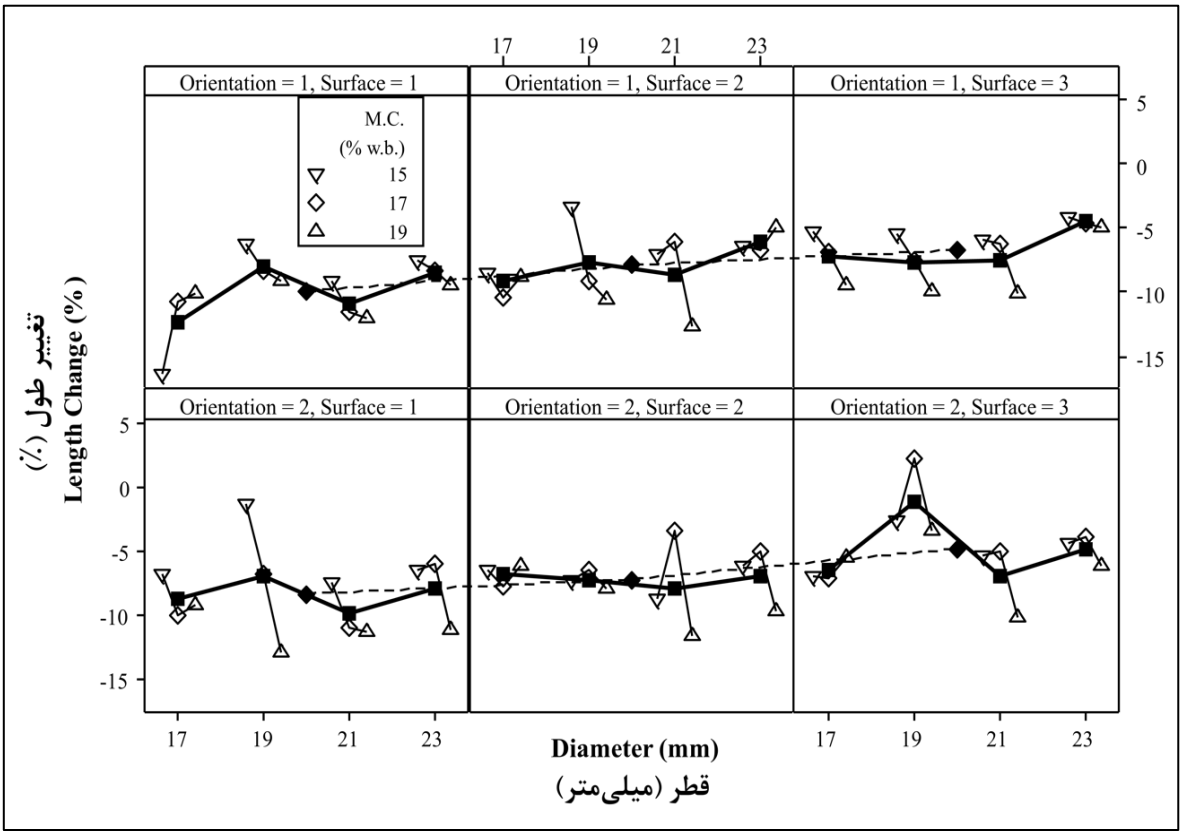
میانگین‌های درون ستونی با حروف لاتین مشابه، از نظر آماری در سطح خطای آزمون ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*Factor levels for moisture content: 14-16%, 16-18% and 18-20% for diameter: 16-18mm, 18-20mm, 20-22mm and 22-24mm, for surface treatment: control(no treatment), rice flour and vegetable oil and for orientation: upright and upturned respectively.

Means with same alphabet rank in each column has no statistically significant difference at α=5%

توجه به اثر مستقل متغیر قطر میوه در جدول ۴ و اثر متقابل آن با دیگر متغیرهای تحقیق در نمودارهای ترکیبی (شکل ۷) نشان می‌دهد که با افزایش قطر میوه، شاخص تغییر طول میوه نیز کاهش می‌یابد. این امر با توجه به اینکه بخش برش خورده و در برخی موارد حذف شدهٔ میوه بخش نسبتا ثابتی از انتهای میوه را شامل می‌شود و از این‌رو با توجه به بیشتر بودن طول میوه در اندازه‌های بزرگ‌تر آن، کاهش درصد تغییر طول میوه امر منطقی به نظر می‌آید. مقادیر به دست آمده برای تغییر طول میوه درجدول ۴، تقریبا نصف مقادیر گزارش شده توسط محققان (Noroozi Ghale Babakhani (2004 و Shomali Oskouee (2006)) برای رقم مضافتی است که به ترتیب ۱۴/۹۸ و ۱۲/۷ درصد بوده و می تواند با تفاوت ذاتی دو رقم سعمران و مضافتی و تفاوت مقدار رطوبت آنها در ارتباط باشد.

اثر تیمار سطحی در جدول ۴ و نمودارهای ترکیبی (شکل ۷) نیز نشان می‌دهند که مواد مورد استفاده باعث کاهش تغییر طول میوه در فرآیند هسته‌گیری می‌شوند. در بین مواد مورد مطالعه، روغن خوراکی عملکردی بهتر از آرد برنج دارد و به کمترین تغییر شکل انجامیده است. نتایج همچنین نشان می‌هند که قرارگیری رو به پایین میوه در فنجانک‌ها باعث حداقل تغییر طولی میوه می‌شود (نمودارهای ترکیبی شکل ۷). این امر به منزلهٔ تائیدی بر پیشنهاد محققانی (Noroozi Ghale Babakhani (2004) به شمار می‌آید که آزمون جهت قرارگیری میوه را در دو حالت ایستاده و واژگون برای دستیابی به بهترین حالت هسته‌گیری و کمترین تغییر طول میوه پیشنهاد داده‌اند.



شکل ۷: اثر متقابل عوامل اصلی آزمون بر درصد تغییر طول میوه

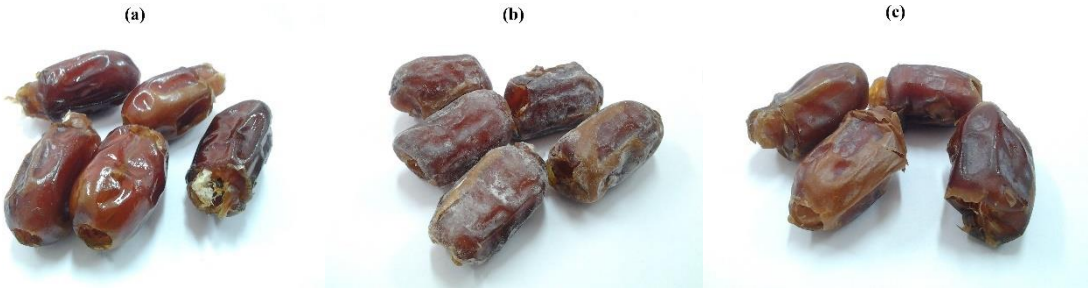
متغیرهای پنل: جهت قرارگیری (۱-رو به بالا، ۲-رو به پایین) و تیمار سطحی (۱-شاهد، ۲-آرد برنج، ۳-روغن نباتی)

Fig. 7. Interaction effects of main factors on fruit length change

Panel variables: Orientation (1-upward, 2-Downward), Surface Treatment (1-Control, 2-Rice flour, 3-Vegitable Oil)

نتیجه‌گیری

نتایج به وضوح تاثیر انتخاب صحیح و کنترل شرایط هسته‌گیری و آماده‌سازی میوه خرما را بر دستیابی به کارایی بالاتر دستگاه‌های هسته‌گیر سوزنی- فنجانی نشان داد. انتخاب صحیح این شرایط برای هسته‌گیری خرمای رقم سعمران به گونه‌ای است که بهبود هر سه شاخص بازده هسته‌گیری، هدررفت گوشت میوه و درصد تغییر طول میوه را در مقایسه با نتایج تحقیقات پیشین امکان‌پذیر می‌سازد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با کنترل رطوبت میوه در بیشینهٔ محدودهٔ استاندارد به میزان ۱۸درصد، افزون بر دستیابی به بازده هسته‌گیری قابل قبول، می‌توان به حداقل مقدار هدررفت گوشت و تغییر طول میوه نیز دست یافت. در این سطح رطوبت، متوسط هدررفت گوشت میوه و تغییر طول آن به ترتیب حدود ۵ و ۷ درصد است. از نظر کاهش چسبندگی میوه نیز کاربرد آرد برنج و روغن گیاهی منجر به بهبود سطح هر سه شاخص مورد ارزیابی می‌گردد. در این خصوص با وجود برتری نسبی آرد برنج، کاربرد روغن گیاهی به دلیل سهولت کاربرد و تاثیر آن در ظاهر میوه قابل توصیه است (شکل ۸). در تمامی شرایط آزمایش، قراردهی واژگون میوه منجر به دستیابی به شاخص‌های بهتر هسته‌گیری خرمای سعمران شده است. در مجموع با استناد به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که در صورت کنترل رطوبت میوه در محدودهٔ استاندارد ۱۸ درصد، تیمار سطحی میوه با روغن گیاهی یا آرد برنج و قراردهی واژگون میوه در فنجانک‌ها، هسته‌گیری خرمای سعمران برای محدوده ۱۶ تا ۲۲ میلی‌متری قطر میوه مطابق با استانداردهای ملی امکان‌پذیر است. با توجه به افت شاخص‌های اساسی در قطرهای بیشتر میوه، تحقیق در زمینهٔ ارائهٔ راهکارهای مناسب یا تغییر در طراحی دستگاه به منظور حصول به مقادیر قابل قبول این شاخص‌ها پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۸. کیفیت ظاهری میوه‌های هسته‌گیری شده با پوشش سطحی (a) روغن خوراکی، (b) آرد برنج و (c) بدون تیمار.

Fig.8. The apparent quality of the pitted fruits with surface coatings of (a) edible oil, (b) rice flour and (c) untreated.

فهرست منابع

Barreveld, W. H. 1993. Date palm products, FAO agricultural services bulletin No. 101. In *1993* (Issue 101). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/t0681E/t0681e00.htm#con.

Brunner, E., & Puri, M. L. 2001. Nonparametric methods in factorial designs. *Statistical Papers*, *42*(1), 1–52. https://doi.org/10.1007/s003620000039.

Dowson, V. H. W., & Aten, A. 1962. *Dates: handling, processing and packing* (Vol. 13). Food & Agriculture Org.

Fehlmann, V. 1982. Apparatus for Pitting Dates or the Like. Patent No: 4313373. Online available on the worldwide web: http://www.uspto.gov. United States.

Hashempour, M. 1999. Tresaurus of the Dates, 1st ed. Amoozesh-e- Keshavarzi, Karaj, Iran. (In Persian)

ISIRI. 2024a. Specification for sayer dates for industrial purposes: ISIRI No. 2496 (2nd Edition). Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Online available at: https://standard.inso.gov.ir/StandardFiles/2496.htm.

ISIRI. 2024b. Specification for Sayer dates: ISIRI No. 285. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Online available at: https://standard.inso.gov.ir/StandardFiles/285.htm.

Jahromi, M. K., Mohtasebi, S. S., Jafari, A., Mirasheh, R., & Rafiee, S. 2008. Determination of some physical properties of date fruit (cv. Mazafati). *Ijat-Aatsea.Com*, *2*(4), 1–9. http://www.ijat-aatsea.com/pdf/Nov_v4_n2_08/1%20IJAT2007-42-R.pdf.

Kiefel, M., and Bathke, A. C. 2022. Fully Nonparametric Methods for Multivariate Data in Factorial Designs. Asymptotics, Finite Sample Approximations, and Implementation in R. Open Statistics, 3(1), 63–74. https://doi.org/10.1515/STAT-2022-0112.

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Journal of the American Statistical Association.

Lock, A. 1960. Practical Canning. Food Trade Press Ltd. London.

MacFarland, T. W., & Yates, J. M. 2016. Mann–Whitney U Test. In T. W. MacFarland & J. M. Yates (Eds.), *Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R* (pp. 103–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6_4.

Mostaan, A. 2011a. Mechanization Stategic Plan in Date Palm Research Program. Kerdegar Publication. Ahwaz, Iran. (In Persian)

Mostaan, A., Garshasbi, M. R., Golshan Tafti, A. and Mosavi, A. 2011b. Processing and Packaging Stategic Plan in Date Palm Research Program. Kerdegar Publication. Ahwaz, Iran. (In Persian)

Mostaan, A., Latifian, M., Torahi, A., Amani, M., Mohebi, A., Alihouri, M. 2017. Technical Guide for Planting, Maintaining, and Harvesting Dates, 1st ed. Agricultural Education Publishing, Tehran. (In Persian)

Noroozi Ghale Babakhani, A. 2004. Design, development and evaluation of a destoning machine for date fruit. Shiraz University, Shiraz. (In Persian)

Rohani, I. 1989. Dates. Iran University Press Shiraz, Iran. (In Persian)

Santosa, Y. T. 2024. 10 World's Biggest Countries in Dates Production. https://scienceagri.com/10-worlds-biggest-countries-in-date-production/. Accessed 31 May 2024.

SCI (2023). Detailed statistics of the permenent products. Tehran. (In Persian)

Shomali Oskouee, H. R. 2006. Design modifications and performance evaluation of a date fruit destoning machine. Shiraz University, Shiraz. (In Persian)

Sovimp. 2008. Dates Depitter: Use and maintenance manual. Pages 12. Padova, Italy: Sovimp S. r. l.

SPSS, I. 2010. IBM SPSS Statistics Base 19: Chicago, IL: SPSS Inc.

TCCIMA. 2024. Different types of dates exported from Iran based on tariff codes in 1402 (2023-2024). Tehran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture (TCCIMA). Available at https://tccim.ir/stats. (In Persian)

Woodroof, J. G. and Luh, B. S. 1986. Commercial Fruit Processing. AVI Publishing Company.

Food Engineering Research/Vol.24/No.78/ Spring& Summer 2025/P: 73-88

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Optimum Conditions of "Saomrun" Dates for Depitting by Needle-Cup Depitting Machine

Ahmad Mostaan[1*], Sina Latifaltojar, Mozhgan Moghadam, Sara Ahmadizadeh

Corresponding Author: Assistant Professor , Horticultural Sciences Research Institute, Date Palm and Tropical Fruits Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).
Email: ahmadmostaan@yahoo.com
Received:25 November 2024 **Accepted**: 12 July 2025
http://doi: 10.22092/fooder.2025.367816.1408

Abstract

Due to the significant share of depitted dates in the trade of Samran cultivar, this study aimed to find the optimal preparation conditions for Saomrun fruits for depitting using a needle-cup depitting machine. A full factorial experiment was conducted with four controllable factors of fruit diameter, moisture content, surface treatment, and fruit orientation in a completely randomized design with four replications. The results showed that with proper preparation of date fruits, it was possible to improve all three depitting indices of depitting efficiency, fruit flesh loss, and fruit length change. By controlling the fruit moisture content within the standard value of 18%, proper depitting efficiency alongside minimum fruit flesh loss and length change can be achieved. The mean flesh loss and length change at this moisture level were approximately 5% and 7%, respectively. From the standpoint of reducing fruit stickiness, although rice flour surface treatment showed a relative advantage, the use of vegetable oil is also recommended due to its ease of use and positive effect on fruit appearance. In all tested conditions, inverting the fruit led to better depitting outcomes for Saomrun dates. In overall, controlling the fruit moisture content at 18%, treating the fruits with either rice flour or vegetable oil, and inverting the fruits in the depitting cups can achieve a minimum depitting efficiency of 97.5% for fruit diameters of 16-22 mm, in line with national standards. Given the decline in key indices for larger diameters, further research is recommended to propose suitable solutions or modify the machine design to achieve acceptable values for these parameters.

Keywords: Saomrun dates, depitting machine, surface treatment, fruit orientation, depitting efficiency

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/