



Evaluation and optimization of orange peeling machine performance based on physical-geometric characteristics of the fruit

Gholamreza Chegini¹ | Seyed ahmad Mirsadeghi²

1. Corresponding Author, Department of agrotechnology, College of Agricultural Technology(Abouraihan), University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: chegini@ut.ac.ir

2. Department of agrotechnology, College of Agricultural Technology(Abouraihan), University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: amirsadeghi@ut.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Dec. 14, 2025

Revised: Apr. 18, 2026

Accepted: May. 20, 2026

Published online: Summer 2026

Keywords:

*Blade mesh size,
Feed rate,
Peeling machine,
Rotational speed,
Sour orange.*

ABSTRACT

Sour Orange peel (*Citrus aurantium*) contains bittering compounds such as naringenin and limonin, the presence of which in the juice reduces the sensory quality of the product. Accurate and effective peeling is a key step in the processing of oranges. In this study, the physical and geometric properties of orange fruit were investigated. The results showed that oranges have a shape close to a sphere with a sphericity of 0.96 which has a positive effect on the design of peeling equipment. To optimize the performance of the orange peeler, the rotational speed of the cylinder (5 levels: 300, 500, 700, 900 rpm), the feed rate (4 levels: 1, 3, 6, and 8 oranges per turn) and the mesh size of the blade (3 levels: 2, 3 and 4 mm) were evaluated in a completely randomized factorial design with three replications. The response variable was the average percentage of peeled area. The results of the analysis of variance showed that the effect of rotational speed, feed rate and blade mesh size as well as their interaction were significant at the 1% probability level. By increasing the rotational speed to 900 rpm, the peeling percentage increased significantly, but at speeds higher than 900 rpm and 4 mm mesh, mechanical damage to the fruit and a decrease in quality were observed. The optimal operating conditions of the device were obtained, which included a rotational speed of 900 rpm, feeding of 6 oranges and a blade mesh of 3 mm.

Cite this article: Chegini, G.R., & Mirsadeghi, S.A. (2026). Evaluation and optimization of orange peeling machine performance based on physical-geometric characteristics of the fruit, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 57 (2), 23-40. <https://doi.org/10.22059/ijbse.2026.408164.665631>

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijbse.2026.408164.665631>





EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Sour orange peel contains important bittering compounds such as naringenin and limonin, which, if they penetrate into the fruit juice, create an aftertaste and significantly reduce the sensory quality of the product. Due to its relative solubility in water and high heat resistance, naringenin is separated from the pulp and enters the aqueous phase even during pasteurization and storage. Therefore, accurate and effective peeling before juicing is a key step in orange processing.

Materials and Methods

In this study, the physical-geometric properties of orange fruit were first investigated. The results showed that the average main diameters (a), (b) and (c) were 69.14, 67.34 and 65.15 mm, respectively, the geometric mean diameter was 67.21 mm, the sphericity coefficient was 0.96, the volume was 3.18 cm³ and the surface area was 41.16 cm². The nearly spherical shape of oranges (96% sphericity) makes it easier to design mechanical peeling equipment. With a cylindrical abrasive peeling machine designed and manufactured to optimize its performance, the effect of three parameters: rotational speed of the abrasive cylinder (300, 500, 700 and 900 rpm), feeding rate (1, 3, 6 and 8 fruits per turn) and mesh size of the abrasive blade (2, 3 and 4 mm) on the percentage of peeled surface was investigated in a completely randomized factorial design with three replications.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that the main effect of all three factors and their two-way and three-way interaction effects were significant at the 1% probability level. By increasing the rotational speed to 900 rpm, the percentage of peeling increased significantly ($p < 0.01$). However, at speeds above 900 rpm, and especially at a mesh size of 4 mm, severe mechanical damage to the fruit and a decrease in visual quality were observed. The optimal operating conditions of the device were obtained through an interaction analysis, which included a rotational speed of 900 rpm, a feeding rate of 6 fruits, and a blade mesh size of 3 mm. Under these conditions, the average peeled percentage was more than 88% and mechanical damage was at the lowest level.

Conclusion

The effect of water spraying during peeling on reducing the bitterness of the final juice was investigated through sensory evaluation (by 10 trained evaluators). The results showed that continuous water spraying during the process significantly reduced the bitterness intensity of the juice ($p < 0.05$), which is due to the rapid washing of naringin and limonin released from the fruit surface. Finally, the designed device, by applying optimal conditions and a water spraying system, is capable of peeling oranges with high efficiency, minimal mechanical damage, and maintaining the sensory quality of the juice, and provides a practical and economical solution for small and medium-sized orange processing industries.

Funding

Financial support for this research from the university. Tehran the Faculty of Agricultural Technology of Aburairhan has been done in the form of a research paper of the student thesis of the first author and also a research paper for other authors.

Authorship contribution

Conceptualization, Seyed Ahmad Mirsadeghi and Gholamreza Chegini.; methodology, Seyed Ahmad Mirsadeghi.; software, Seyed Ahmad Mirsadeghi; validation, Seyed Ahmad Mirsadeghi and Gholamreza Chegini.; formal analysis, Seyed Ahmad Mirsadeghi and Gholamreza Chegini investigation, Gholamreza Chegini resources.; data curation, Seyed Ahmad Mirsadeghi writing-original draft preparation, Seyed Ahmad Mirsadeghi and Gholamreza Chegini ,writing-review and editing, Gholamreza Chegini; visualization, Gholamreza Chegini; supervision, Gholamreza Chegini; project administration, Gholamreza Chegini; funding acquisition, Gholamreza Chegini.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

Authors didn't use of generative AI and AI-assisted technologies in the writing process of their manuscript in the core manuscript.

Data availability statement

The data that support the finding of this study will be available from the corresponding author

Acknowledgements

We would like to thank the University of Tehran, for financial support in carrying out this research.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد دستگاه پوست کن نارنج بر اساس ویژگی‌های فیزیکی-هندسی میوه

غلامرضا چگینی^۱ | اسید احمد میرصادقی^۲^۱. نویسنده مسئول، گروه فنی کشاورزی، دانشکده فناوری ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: chegini@ut.ac.ir^۲. گروه فنی کشاورزی، دانشکده فناوری ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: amirsadeghi@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

پوست نارنج (Citrus aurantium) حاوی مواد تلخ‌کننده‌ای نظیر نارنجین و لیمونین است که حضور آن‌ها در آب میوه موجب کاهش کیفیت حسی محصول می‌شود. پوست‌گیری دقیق و مؤثر، مرحله‌ای کلیدی در فرآوری صنعتی نارنج به شمار می‌رود. در این پژوهش، ابتدا خواص فیزیکی و هندسی میوه نارنج بررسی شد. نتایج نشان داد که نارنج با ضریب کرویت ۰.۹۶، شکل نزدیک به کره دارد که این ویژگی بر طراحی تجهیزات پوست‌گیری تأثیر مثبت دارد. برای بهینه‌سازی عملکرد دستگاه پوست‌گیر نارنج، اثر سه پارامتر سرعت دورانی استوانه ساینده (۵ سطح: ۷۰۰، ۷۵۰، ۸۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ دور بر دقیقه)، نرخ تغذیه (۴ سطح: ۱، ۳، ۶ و ۸ عدد نارنج در هر نوبت) و اندازه مش تیغه ساینده (۳ سطح: ۲، ۳ و ۴ میلی‌متر) در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. متغیر پاسخ، میانگین درصد سطح پوست‌گیری شده بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سرعت دورانی، نرخ تغذیه و اندازه مش تیغه و هم‌چنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است. با افزایش سرعت دورانی تا ۹۰۰ دور بر دقیقه، درصد پوست‌گیری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در سرعت‌های بالاتر از ۹۰۰ دور بر دقیقه و مش ۴ میلی‌متر، آسیب مکانیکی به میوه و کاهش کیفیت ظاهری مشاهده شد. شرایط بهینه عملکرد دستگاه با استفاده از تحلیل اثرات متقابل به‌دست آمد که شامل سرعت دورانی ۹۰۰ دور بر دقیقه، تغذیه ۶ عدد نارنج و مش تیغه ۳ میلی‌متر بود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۹/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۳۰

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵

واژه‌های کلیدی:

اندازه مش تیغه،

دستگاه پوست‌گیر،

سرعت دورانی،

نرخ تغذیه

نارنج.

استاد: چگینی، غلامرضا؛ و میرصادقی، اسید احمد (۱۴۰۴). ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد دستگاه پوست کن نارنج بر اساس ویژگی‌های فیزیکی-هندسی میوه، مجله

مهندسی بیوسیستم ایران/ایران، ۵۷ (۲)، ۴۰-۲۳. <https://doi.org/10.22059/ijbse.2026.408164.665631>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijbse.2026.408164.665631>

مقدمه

مرکبات از جمله محصولات کشاورزی هستند که تقریباً تمام قسمت های آن به عنوان مواد اولیه در صنایع مختلف به مصرف می‌رسد. از پوست و هسته مرکبات ماده پکتین و روغن استخراج می‌شود. مهم ترین محصولات حاصل از بازیافت مرکبات: پالپ، ملاس، اسانس و روغن می‌باشد که در تغذیه انسان، دام و طیور، چسب سازی، تهیه صابون و شامپو، تولید حشره کش کاربرد دارد (مرتضوی و ضیاءالحق، ۱۳۸۳). پوست مرکبات به ویژه نارنج که غنی از مواد زیست فعال است می‌تواند یک پلت فرم کارآمد، ارزان و سازگار با محیط زیست در صنعت برای تولید مواد مغذی جدید یا برای بهبود مواد قدیمی تر فراهم کند (Rafiq et al., 2016). نارنج با نام علمی (Citrus aurantium) با نام‌های Sour orange و Bitter orange شناخته می‌شود (Ferrer et al, 2021) پوست نارنج که تقریباً نسبت نیم کیلوگرم از یک کیلوگرم میوه را به خود اختصاص می‌دهد (Bustamante et al., 2016) به دلیل داشتن موادی نظیر روغن‌های فرار مانند سسکوی‌ترین‌ها، مونوترپن‌ها و مشتقات آنها و مواد بیو شیمیایی مانند نارنجین و لیمونین به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی و داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Maksoud et al., 2021). بذره‌های نارنج ترش نیز منبع خوبی از پروتئین هستند (Rownaghi & Niakousari, 2024).

پوست نارنج با وجود مواد لیمونین، نارنجین و ناملین تلخ می‌باشد که در فرآیند آبگیری باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود. لذا پوست‌کنی (پوست‌گیری) مرحله‌ای بسیار مهم در فرآوری آب نارنج می‌باشد. مولکول نارنجین علاوه بر حلالیت، به حرارت نیز کاملاً مقاوم است. نارنجین به علت حلالیتش در حین پاستوریزاسیون یا نگه داری آب میوه از بافت یا ذرات پالپ جدا شده و وارد آب میوه می‌شود. در نتیجه تلخی آب میوه افزایش می‌یابد. مقدار نارنجین آب میوه و پوست گریپ‌فروت با رسیدگی میوه کاهش می‌یابد (Li, 2020, Kohli et al., 2021). عامل اصلی کاهش دهنده‌ی کیفیت آب مرکبات، ترکیب لیمونین است. لیمونین یک ترکیب تترانورتروئید است که بیش تر در دانه‌ها و بافت میوه بافت می‌شود. تلخی ناشی از این ترکیب در آب مرکبات مشکلی است که بیش تر در گریپ‌فروت و پرتقال ناول وجود دارد. در میوه‌ی نارنج مقدار زیادی لیمونین یافت شده است. هم چنین حلالیت لیمونین در آب کم است (Shen, et al, 2020 Ferrer et al, 2021). مشتقات محلول در آب لیمونین - قند در تلخی آب میوه دخالت دارند و دارای خواص ضد سرطانی نیز می‌باشند (Hasegawa et al., 1985). آستانه حسی لیمونین در آب بین ۳ تا ۶ میلی گرم در لیتر ثبت شده است، در حالی که مقدار تشخیص آن در آب میوه ممکن است بیش تر باشد. فرآوری بقایای پوست پس از استخراج میوه و تبدیل آن به آرد برای استفاده در مواد غذایی در سطح تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. آرد مرکبات دارای فیبر فراوانی است. از آرد مرکبات به عنوان عامل حجم دهنده در آماده‌سازی کیک‌های کم‌کالری و به عنوان یک چاشنی برای ایجاد طعم، ظاهر و بافت به کار می‌رود (مرتضوی و ضیاءالحق، ۱۳۸۳).

در تهیه آب میوه از مرکبات به‌ویژه پرتقال از روش‌هایی استفاده می‌شود که نیازی به پوست‌گیری محصول نیست. در شمال کشور عموماً تولید نارنج به میزان مصرف سالانه خانواده است و تهیه آب نارنج به‌گونه‌ایست که ابتدا به‌صورت دستی پوست‌گیری می‌شود و سپس با استفاده از آبگیرهای دستی آبگیری می‌شود. ترشح دو ماده لیمونین و نارنجین در هنگام پوست‌گیری دستی ناراحتی‌های تنفسی به بار می‌آورد. به علت خاصیت اسیدی خود نارنج و هم چنین وجود این دو ماده عوارض پوستی و خارش شدید دست را به همراه دارد (Hasegawa et al., 1985). در روش حرارتی پوست‌گیری میوه به مدت ۵ دقیقه در آب ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده می‌شود تا پوست استحکام خود را از دست داده و به راحتی با دست جدا شود. این روش دستی بازده کمی دارد و آب داغ بسیاری از مواد فعال را از بین می‌برد و کیفیت میوه را به شدت کاهش می‌دهد (Li, 2020, Garcia et al., 2006). در روش دیگر محلول سود داغ (سدیم هیدروکسید) روی میوه پاشیده می‌شود تا آلبدو و غشای خارجی پوست حل شود و براحتی پوست از میوه جدا شود. در این روش مواد معدنی و ویتامین‌های آب‌میوه نارنج در دمای بالای سود و مواد شیمیایی آن از بین می‌روند و کیفیت محصول تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد (Li, 2020).

کاهش همزمان اسیدیته و تلخی آب‌میوه بدون کاهش طعم با استفاده از رزین‌های جاذب و تعویض یونی امکان پذیر است (Mitchell et al., 1985). کارایی تجاری جاذب‌های سطحی برای تلخی‌زدایی از آب گریپ‌فروت و پرتقال بدون این که تغییر زیادی در خواص آب‌میوه یا سایر ترکیبات شیمیایی آن ایجاد شود، ثابت شده است (Norman, 1990). پلیمرهای دی‌وینیل‌بنزن، اگر قبل از استفاده شست‌وشوی صحیح صورت گیرد، برای کاهش تلخی آب‌میوه تأیید شده‌اند (Norman & Kimball, 1990).

هینزن (Heinzen) در سال ۱۹۹۷ طرحی برای پوست‌گیری محصولات کروی نظیر خربزه و مرکبات ارائه داد. در این دستگاه پس از پوست‌گیری سر و ته میوه باقی می‌ماند، توسط دو تیغه بریده می‌شود و پوست‌گیری به‌صورت کامل در یک مرحله انجام می‌شود. در این

دستگاه های پوستگیر شکل تیغه و قابلیت ساییدن آن عامل مؤثری بر پوست گیری است تیغه منحنی قابلیت پوست گیری را افزایش می دهد. هرچه انحنا تیغه بیشتر باشد، تیزی لبه کمتر خواهد بود (Talmadge, 1998). Foxcroft در سال ۲۰۰۹ نوعی پوست کن با مکانیزم سیلندر و پیستون اختراع کرد. در این روش محصول با فشاری که از طریق پلانجر به آن وارد میشود، از درون یک سیلندر عبور داده میشود. بر روی لبه ی سیلندر تیغه های برنده ای وجود دارد که پوست را از روی محصول حذف میکند و تا حدودی از انتقال مواد تلخ کننده به آبمیوه جلوگیری می شود. در پوستگیری گردو نیز پوست سبز به صورت کامل از گردو جدا می شود (ذکی، ۱۳۸۷). در آبیگری مرکبات فرآیند پوستگیری انجام نمی شود بلکه کل محصول فشرده شده و تفاله های آن از آبمیوه جدا می شود که شامل درصد قابل تلخ کننده است (Kimball, 1991). برای محصولات زیادی از دستگاه های پوستگیر استفاده می شود برای مثال پوستگیری سیب زمینی که در این روش کل پوست از طریق سایشی صفحات داخلی ساییده می شود. دستگاه های آبلیمو گیری سنتی مرکبات نیز محصول را فشرده شده و با جداسازی تفاله، آبمیوه استحصال می شود که حاوی مواد تلخ انتقال یافته از پوست میوه است (مرتضوی و ضیا الحق، ۱۳۸۳). بنابراین روشی که بتوان لایه نازکی از پوست نارنج یا مرکبات برداشته شود تاکنون انجام نشده است و در این تحقیق دستگاهی مکانیکی که با استفاده از سایش تیغه های یا رنده های سایشی است ساخته شده است. در این مقاله با اندازه گیری برخی از خواص فیزیکی نارنج دستگاه پوست گیر مکانیکی ساخته شده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش

بررسی خواص فیزیکی نارنج

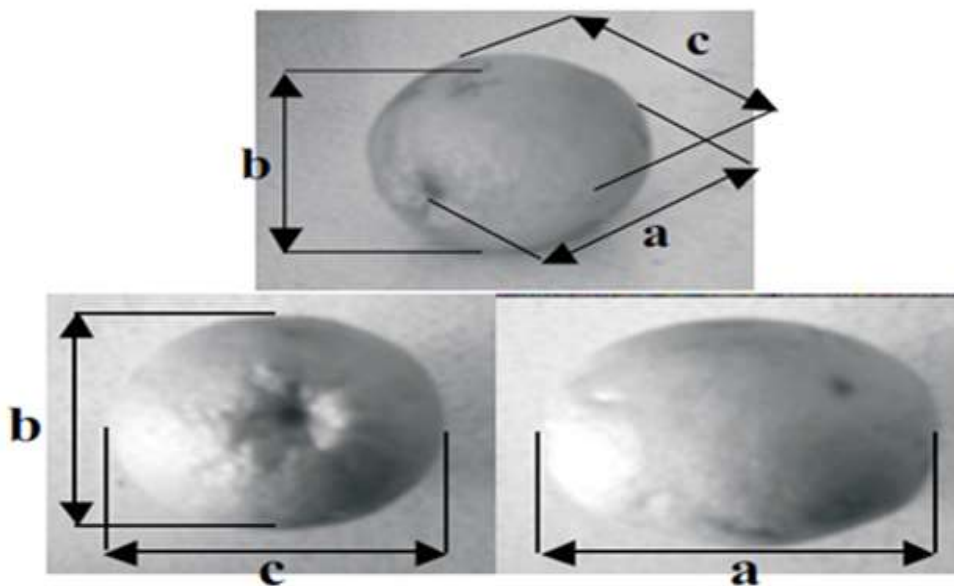
شناخت دقیق ابعاد و خصوصیات ظاهری و فیزیکی نارنج مورد بررسی قرار گرفت. به منظور محاسبه خواص ابعادی میوه ها شامل قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، سطح رویه میوه ها از روابط استاندارد ۱ تا ۳ استفاده شد (شکل ۱)، (Topuz et al., 2005).

$$\sqrt[3]{ac^2} = \text{قطر هندسی میانگین} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\frac{GM}{a} = \text{ضریب کرویت} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\pi GM^2 = \text{سطح رویه} \quad \text{رابطه ۳}$$

برای هر عدد نارنج بزرگترین قطر (a)، بزرگترین قطر عمود بر a-b و بزرگترین قطر عمود بر a و b-c، به وسیله کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد. در این روابط، GM قطر هندسی میانگین می باشد واحد همه ابعاد ذکر شده میلی متر می باشد. خواص ابعادی و فیزیکی ۱۵۰ نمونه نارنج اندازه گیری و محاسبه شد.



شکل ۱. نحوه ی اندازه گیری سه بعد اصلی نارنج

دستگاه پوست گیر نارنج

دستگاه پوست گیر نارنج مورد استفاده در آزمایشات در شکل ۲ نشان داده شده است. دستگاه شامل محفظه نگهدارنده و یک صفحه تیغه

های دوار از جنس تفلون است. عملیات پوستگیری توسط انتقال قدرت از طریق الکتروموتور، محور و تسمه صورت می گیرد. موتور الکتریکی با توان ۳۵۰ وات و ولتاژ ۲۲۰ ولت و حداکثر جریان مورد نیاز موتور ۲/۵ آمپر بود. با توجه به وزن میانگین ۱ کیلوگرم برای ۶ عدد نارنج، مدت زمان ۳۰ ثانیه جهت پوست گیری مؤثر، مدت زمان ۱۰ ثانیه جهت تغذیه و هم چنبن ۱۰ ثانیه جهت تخلیه، ظرفیت کاری دستگاه ۷۲ کیلوگرم در ساعت برآورد شد. این موتور برای دستگاه با ظرفیتی حدود ۸۰ کیلو گرم (دستگاه خانگی) در ساعت مناسب ارزیابی شد. برای کنترل دور صفحه دورانی از یک دیمر استفاده شد.

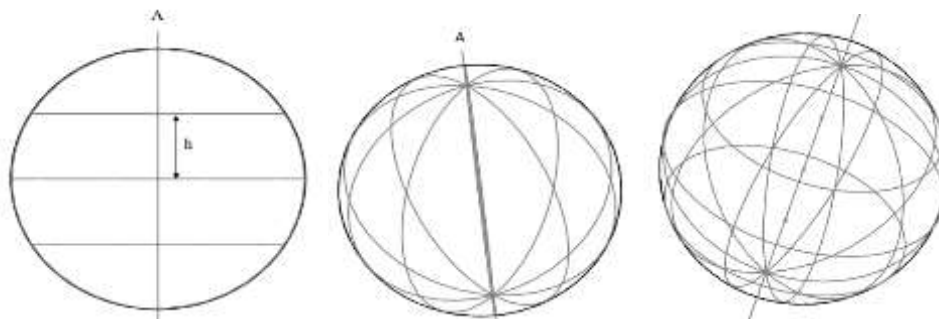


شکل ۲. ۱- دستگاه پوست گیر نارنج، ۲- موتور انتقال قدرت ۳- سامانه کنترلی (چپ) ۴- درب و مکانیزم شستشو، ۵- فرچه های تمیز کننده مخزن ۶- صفحه دورانی تیغه ها (تفلون سفید با تیغه ها) (راست)

سطح رویی نارنجی رنگ (آلبیدو) بر روی پوست نارنج سبب تلخی آب میوه در حین فرآوری می شود، که با مکانیزم پاشش آب (یک لوله دوار که به شلنگ وصل شده بود) بر روی محصول در حین فرآیند پوست گیری از بین می رفت. پوست جدا شده از طریق شکافی که در ته بدنه ایجاد شده بود به کمک سه عدد فرچه با زاویه ی ۱۲۰ درجه نسبت به هم بر روی شفت نصب شده بود تخلیه می شد.

روش اندازه گیری سطح پوست گیری شده میوه

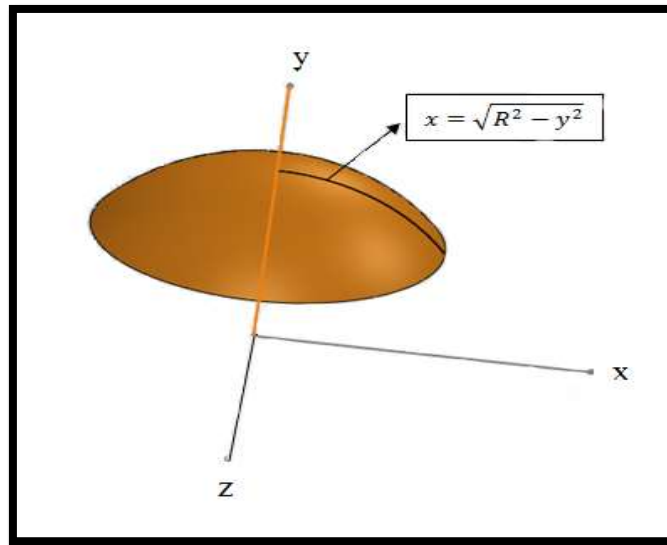
با مطالعه خواص فیزیکی نارنج و رابطه ۲ میانگین ضریب کرویت نارنج ها ۰/۹۶ به دست آمد. با توجه به کرویت بالای نارنج، برای تخمین و محاسبه مساحت پوست کنده شده، نارنج ها به شکل کره در نظر گرفته شد. نارنج ها را به شکل کره ابتدا عرض کره به ۴ قسمت مساوی و طول آن که در راستای محور A است نیز به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شد (همانند طول و عرض جغرافیایی کره). در مجموع ۴۰ قسمت مساوی به دست آمد. شماتیکی از مش بندی در شکل ۳ نشان داده شده است که هر کدام از قسمت ها ۲/۵ درصد از سطح کل رویه می باشد. در نهایت اندازه گیری سطح پوست گیری شده با دقت ۲/۵ درصد انجام شد (کاظمی، ۱۳۹۲).



شکل ۳. مش بندی سطح رویی پس از فرآیند پوست گیری به منظور ارزیابی میزان سطح پوست گیری شده

روش اندازه گیری سطح رویه میوه حول محور y

برای محاسبه ی سطح رویه ی (شکل ۴) حاصل از دوران یک منحنی با ضابطه ی $x=g(y)$ حول محور y ، می توان از روابط ۱ تا ۴ استفاده کرد (کاظمی، ۱۳۹۲):



شکل ۴. سطح حاصل از دوران منحنی R حول یک محور

معادله $X^2 + Y^2 = R^2$ ، معادله رابطه بین منحنی R و تصویر های این منحنی بر روی محورهای X و Y می باشد.

$$S = \int_c^d 2\pi x \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} dy = \int_c^d 2\pi g(y) \sqrt{1 + (g'(y))^2} dy \quad \text{(رابطه ۴)}$$

از آن جا که هدف، تعیین ارتفاعی است که در آن سطح رویه‌ی کره به اندازه نصف سطح رویه‌ی نیم کره خواهد شد، لذا کران‌های انتگرال از R (قسمتی از شعاع کره) تا h (ارتفاع مجهول) تغییر خواهد کرد.

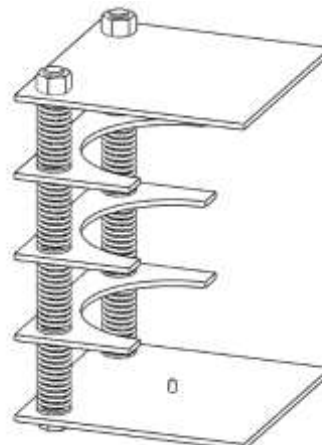
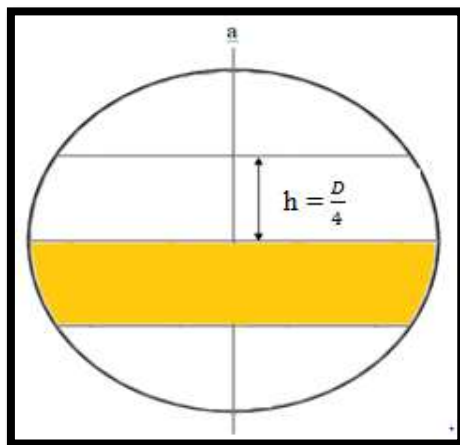
$$S = \int_h^R 2\pi \sqrt{R^2 - y^2} \times \sqrt{1 + \left(\frac{-y}{x}\right)^2} dy \quad \text{(رابطه ۵)}$$

$$S = 2\pi R \int_h^R dy = 2\pi R[y]_h^R = 2\pi R(R - h) \quad \text{(رابطه ۶)}$$

سطح رویه‌ی به دست آمده باید برابر با نصف سطح رویه‌ی نیم کره باشد. به این ترتیب:

$$2\pi R(R - h) = \pi R^2 \quad \text{(رابطه ۷)}$$

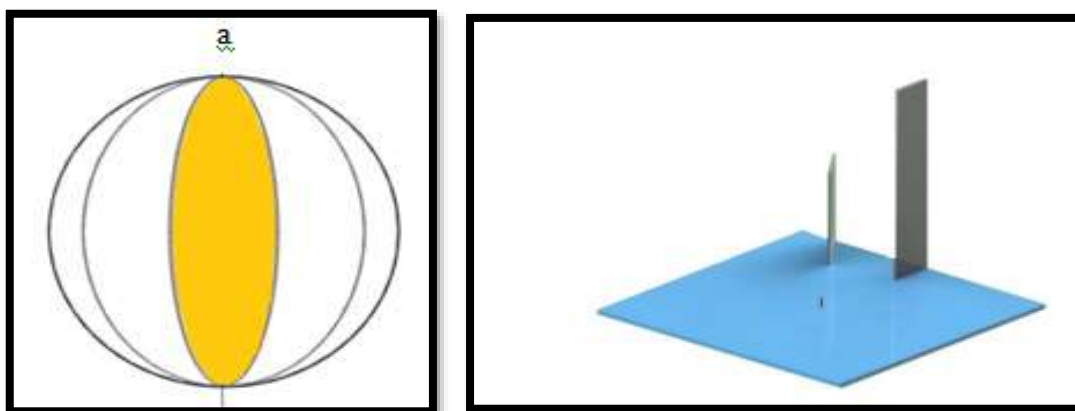
با خلاصه کردن رابطه ۷ مقدار h برابر R/2 به دست می آید. پس در ارتفاعی به اندازه‌ی نصف شعاع یک کره، سطح رویه کلاه وجود آمده برابر با نصف سطح رویه‌ی نیم کره خواهد شد. در نتیجه با رسم خطوطی موازی که فاصله بین آنها یک چهارم قطر محصول است، سطح رویه به چهار قسمت مساوی تقسیم می شود که با استفاده از ابزار طراحی شده شکل ۵ آن جا م شد. در این ابزار، طبق قانون جابجایی در فنرهای سری، با بهم فشردن دو صفحه‌ی انتهایی، ارتفاع به چهار قسمت مساوی توسط سه صفحه میانی تقسیم می شود.



شکل ۵. روش و ابزار اندازه گیری سطح میوه به چهار قسمت مساوی

روش تقسیم‌بندی سطح میوه در راستای بُعد a

جهت تقسیم‌بندی در راستای بُعد a میوه، باید آن را به ده قسمت مساوی با زاویه‌ی ۳۶ درجه تقسیم نمود. برای انجام این کار از ابزاری به شکل ۶ استفاده شد. در مرکز این ابزار یک زائده‌ی کوچک قرار دارد که مرکز نارنج بر روی آن قرار می‌گیرد. در ادامه، قلمی که از آن برای رسم خطوط استفاده شده، مماس با صفحه‌ی (۱) در راستای عمود حرکت داده می‌شود تا خطی در راستای a رسم شود. سپس نارنج در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده می‌شود تا خط رسم شده مقابل صفحه‌ی (۲) قرار گیرد (زاویه‌ی بین دو صفحه برابر با ۳۶ درجه می‌باشد). مجدداً در راستای صفحه‌ی (۱) خطی رسم می‌گردد که نتیجه‌ی آن یکی از ده قسمت مساوی مطابق شکل ۶ است به دست آمده و با تکرار آن ده قسمت حاصل می‌شود.



شکل ۶. شماتیک ابزار مورد استفاده به منظور تقسیم‌بندی طولی سطح نارنج در راستای بُعد a

میانگین سطح پوست‌گیری شده

از آن جا که فرآیند پوست‌گیری در نرخ‌های تغذیه متفاوت مورد بررسی قرار گرفت، می‌بایست از یک روش منطقی به منظور محاسبه‌ی میزان سطح پوست‌گیری و اثر عوامل بر آن یاری جست. به همین منظور از رابطه‌ی ۵ استفاده است.

$$S = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{n} \quad \text{رابطه ۸}$$

در این رابطه، s، میانگین سطح پوست‌گیری شده در هر فرآیند پوست‌گیری، S_n ، مقدار سطح پوست‌گیری شده‌ی هر نارنج و n، تعداد نارنج در یک فرآیند پوست‌گیری می‌باشد.

روش ارزیابی حسی نمونه‌های پوست‌گیری شده

باقی ماندن سطح رویی نارنجی رنگ (آلبیدو) بر روی پوست سبب تلخی آب میوه در حین آب‌گیری می‌شود. زمانی که صفحه دوار با میوه برخورد می‌کند، قطعات کوچکی از پوست را می‌برد. در حین انجام این فرآیند بعضی از کپسول‌های موجود روی پوست که حاوی ترکیب نارنجین (عامل تلخ‌کننده) هستند، پاره خواهند شد و در صورتیکه شسته شوند از تلخی آبمیوه کاسته می‌شود. جهت ارزیابی میزان تلخی آب نارنج از روش ارزیابی حسی استفاده شد. به همین منظور، از ۱۰ نفر از دانشجویان رشته صنایع غذایی مشرف بر مبحث ارزیابی حسی استفاده شد. در ابتدا تعدادی نارنج را به صورت دستی کاملاً پوست‌گیری و آبگیری شد و به عنوان معیار در نظر گرفته شد. در ابتدا تعدادی نارنج را به صورت دستی پوست‌گیری شد بدون آنکه ذره‌ای از لایه‌ی نارنجی رنگ بر روی سطح آن باقی بماند. سپس آبگیری نموده و از ارزیاب‌ها خواسته شده تا از آن بچشند. هم‌چنین از آنها خواسته شده تا نمونه‌ی تست شده را به عنوان معیار در نظر بگیرند. این کار، یک بار بدون آبکشی در طول فرآیند پوست‌گیری و یک بار هم زمان با فرآیند آبکشی در سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقه و مش‌بندی ۳ میلی‌متر (شرایط کاری بهینه با ۶ عدد نارنج) انجام شد. از ارزیاب‌ها خواسته شده تا از آب میوه‌های استخراج شده تست نموده و در مقایسه با نمونه‌ی معیار، از بین هفت گزینه، یکی گزینه را انتخاب کنند. در طول فرآیند پس از هر بار تست، از محلول دهان شویه استفاده شد. در این مقیاس‌بندی، گزینه‌های عالی، خوب، نسبتاً خوب، متوسط، نسبتاً بد، بد و خیلی بد قرار داشتند که گزینه‌ی خیلی بد مربوط به تلخ‌ترین وضعیت بود. هم‌چنین در طول فرآیند از ارزیاب‌ها خواسته شده تا پس از هر بار تست، از محلول دهان شویه استفاده نمایند.

تجزیه و تحلیل آزمایش‌ها

جهت ارزیابی عملکرد دستگاه در شرایط مختلف، پارامترهای کاری سرعت دورانی، تغذیه و نوع مش تیغه مورد بررسی قرار گرفت. سرعت دورانی در پنج سطح و در سرعت‌های ۷۰۰، ۷۵۰، ۸۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ دور بر دقیقه، تغذیه‌ی دستگاه در چهار سطح و با ۱، ۳، ۶ و ۸ عدد نارنج و با ۲، ۳ و ۴ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. آزمون و ارزیابی پوست کن نارنج در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد که ماتریس انجام آزمایشات نیز در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. پارامترهای کاری مورد ارزیابی و سطوح آنها

پارامتر	سطوح				
	۱	۲	۳	۴	۵
سرعت دورانی (rpm)	۷۰۰	۷۵۰	۸۰۰	۸۵۰	۹۰۰
تغذیه (عدد)	۱	۳	۶	۸	-
مش بندی (mm)	۲	۳	۴	-	-

تمام آزمایشات در مدت زمان ۳۰ ثانیه (مدت روشن کردن دستگاه) و در ۳ تکرار

نتایج و بحث

در این قسمت نتایج بررسی برخی از خواص فیزیکی و ابعادی نارنج، نتایج آزمایش‌های پوست‌گیری نارنج با دستگاه و نتایج ارزیابی حسی شرح داده شده است.

نتایج بررسی خواص فیزیکی و ابعادی

در اندازه‌گیری خواص فیزیکی و ابعادی نارنج، ۱۵۰ نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر بیشینه، کمینه، میانگین و انحراف از معیار خواص ابعادی و جرم نارنج در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. خواص فیزیکی و ابعادی نارنج

مشخصه	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار
a، طول (cm)	۸/۶۷۴	۵/۲۴۶	۶/۹۱۴۶	۰/۹۹۱۳
b، عرض (cm)	۸/۴۴۷	۵/۰۴۷	۶/۷۳۴۸	۰/۹۸۶۴
c، ضخامت (cm)	۸/۲۰۸	۴/۸۰۳	۶/۵۱۵۱	۰/۹۸۴۲
میانگین قطر هندسی (cm)	۸/۳۴۷	۴/۹۴۶	۶/۶۴۵۷	۰/۹۸۶۰
وزن (g)	۲۱۴/۹۸	۷۷/۴۴	۱۶۲/۸۶	۶۷/۹۹۶
حجم (cm ³)	۲۶۶/۳۷	۶۳/۳۱۹	۱۵۳/۶۰۳	۷۲/۷۲۳
چگالی (g/cm ³)	۱/۱۰۷	۰/۸۹۹	۱/۰۰۷۵	۰/۰۵۶۰
ضریب کرویت (-)	۰/۹۸۷	۰/۹۴۳	۰/۹۶۰	۰/۰۱۲۱
سطح رویه (mm ²)	۲۱۸۷۷/۱۳۶	۷۶۸۱/۳۵۵	۱۳۸۶۷/۹۱۳	۴۲۰۳/۳۹۵

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده، میانگین داده‌های طول، عرض، ضخامت به ترتیب برابر با ۶۹/۱۴۶، ۶۷/۳۴۸ و ۶۵/۱۵۱ میلی‌متر می‌باشد. اما مشخصه‌ای که بیش تر نمایان بوده و در ادامه‌ی کار نیز از آن بهره گرفته شد، ضریب کرویت می‌باشد. بر اساس داده‌های به دست آمده، بیش ترین ضریب کرویت برابر با ۰/۹۸۷ و کمترین آن برابر با ۰/۹۴۳ می‌باشد. میانگین ضریب کرویت نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر با ۰/۹۶ می‌باشد که نشان دهنده‌ی تشابه زیاد این میوه به گُره است.

نتایج آنالیز واریانس

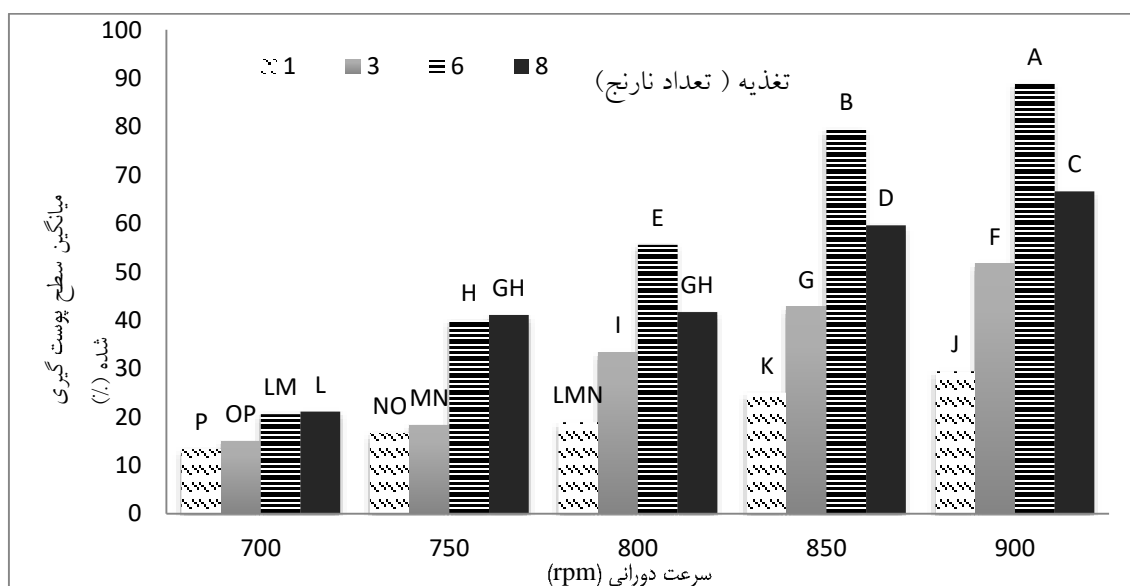
تجزیه واریانس به منظور ارزیابی اثرات سرعت دورانی، تغذیه دستگاه و نوع مش بندی و هم چنین اثرات متقابل آنها بر روی سطح پوست‌گیری شده در جدول ۴ نشان داده شده است. سرعت، تغذیه، نوع مش تیغه، سرعت × تغذیه، سرعت × مش تیغه و تغذیه × مش تیغه و سرعت دورانی × مش تیغه × تغذیه در سطح ۱٪ تأثیر معنی‌داری بر روی میزان سطح پوست‌گیری شده داشته‌اند.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس تأثیر مش تیغه ها، تغذیه دستگاه، سرعت دورانی و اثرات متقابل آنها بر درصد پوست گیری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تغذیه	۳	۱۱۲۷۰/۴۵۰**
سرعت دورانی	۴	۱۰۱۸۸/۹۷**
مش تیغه	۲	۱۶۰/۵۶**
تغذیه × سرعت دورانی	۱۲	۷۷۴/۷۹**
تغذیه × مش تیغه	۸	۱۰۴/۳۴**
سرعت دورانی × مش تیغه	۶	۵۲/۸۴**
سرعت دورانی × مش تیغه × تغذیه	۲۴	۷۰/۵**
خطا	۱۲۰	۶/۹۰
ضریب تغییرات (%)	—	۶/۷۴

** معنی دار در سطح ۱ درصد

اثر متقابل سرعت و تغذیه بر مقدار سطح پوست گیری شده در شکل ۷ نشان داده شده است. این نمودار نشان می دهد که در تمامی تغذیه ها با افزایش سرعت دورانی صفحه دوار در محدوده‌ی سرعت ۷۰۰ تا ۹۰۰ دور بر دقیقه، درصد سطح پوست گیری شده با اختلاف معنی داری افزایش می یابد. به این خاطر این دامنه سرعت انتخاب شد که در سرعت های کمتر از ۷۰۰ دور بر دقیقه، مقدار سطح پوست گیری شده بسیار ناچیز بوده و در سرعت های بالاتر از ۹۰۰ دور بر دقیقه سریعاً در بعضی از نارنج ها پارگی ایجاد شده و باعث اتلاف آنها می گردید.



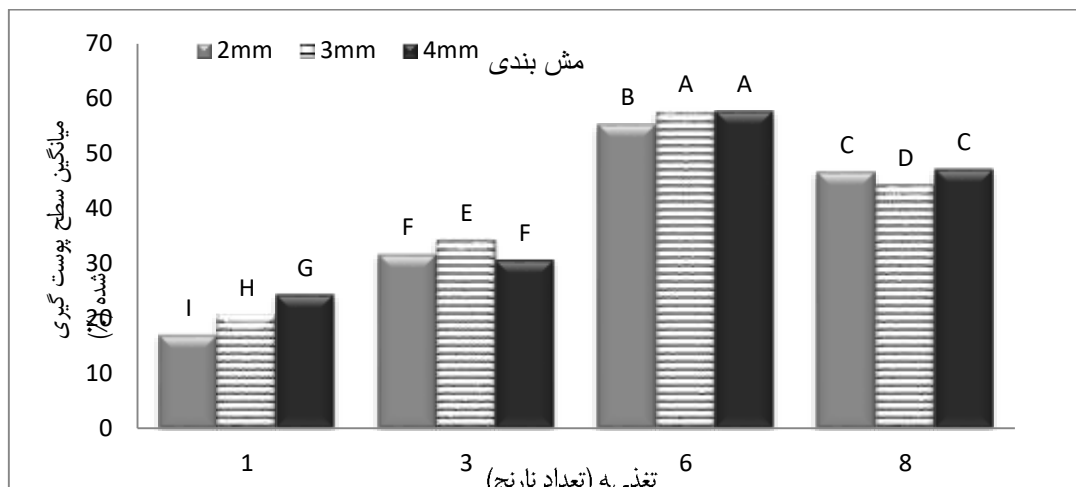
شکل ۷. اثر متقابل سرعت و تغذیه بر روی درصد سطح پوست گیری شده

از نقطه نظر تأثیر تغذیه نیز نمودار مقایسه میانگین نشان داد که در سرعت های بالاتر با افزایش تغذیه تا ۶ عدد، مقدار سطح پوست گیری شده بطور قابل توجهی افزایش می یابد اما زمانی که تغذیه از ۶ به ۸ عدد تغییر می کرد، مقدار سطح پوست گیری شده کاهش می یابد. تغییر آرایش نارنج ها در سرعت های بالاتر و متعاقب آن عدم پوست گیری بر روی ۲ عدد نارنج سبب کاهش میانگین سطح پوست گیری شده می شود. با توجه به شکل ۷ مشاهده می شود که بیش ترین مقدار سطح پوست گیری شده در سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقه و تغذیه ۶ عدد نارنج اتفاق می افتد که برابر با ۸۸/۸۸٪ می باشد که این مقدار با مقدار ۷۹/۴۴٪ که در سرعت ۸۵۰ دور بر دقیقه رخ می دهد، تفاوت معنی داری دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در صورتی که فرآیند با ۶ عدد نارنج و سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقه انجام شود، بهترین عملکرد به دست می آید.

اثر متقابل سرعت دورانی و نوع مش تیغه ها نشان می دهد که در تمامی موارد با افزایش سرعت، مقدار سطح پوست گیری شده با اختلاف معنی داری افزایش می یابد. که نتایج تحقیقات گذشته نیز موید این مطلب است (ذکی، ۱۳۸۷). نوع مش تیغه ها نشان می دهد که تا سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه، با تغییر مش از ۲ تا ۴ میلی متر، مقدار سطح پوست گیری شده با اختلاف معنی داری افزایش می یابند. در

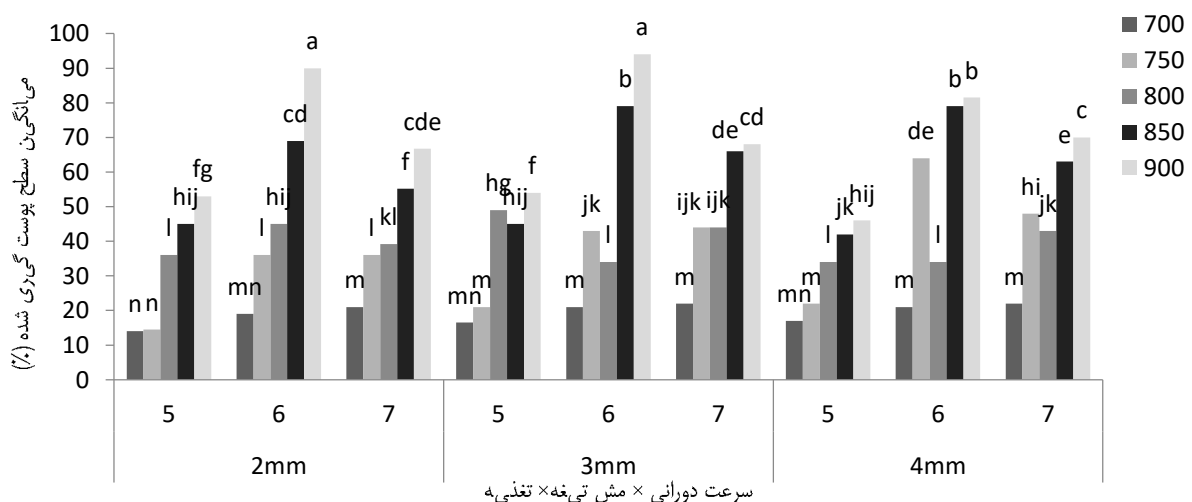
سرعت ۸۵۰ دور بر دقیقه اختلاف مقدار سطح پوست‌گیری شده معنی‌دار نمی‌باشد. نهایتاً در سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقه، مقدار سطح پوست‌گیری شده با مش نوع ۳ میلی متر برابر با ۶۲/۴۷٪ می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با مقدار ۶۰/۱۰٪ که مربوط به استفاده از مش نوع ۲ میلی متر می‌باشد، دارد. بنابراین می‌توان گفت که بهترین عملکرد در سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقه و با مش ۳ میلی متر حاصل می‌شود.

اثر متقابل تغذیه و نوع مش تیغه‌ها بر مقدار سطح پوست‌گیری شده در شکل ۸ نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که مقدار سطح پوست‌گیری شده با اختلاف معنی‌داری با افزایش نرخ تغذیه تا ۶ عدد افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. علت کاهش معنی‌دار در نرخ تغذیه ۸ عدد تغییر آرایش و عدم درگیری تعداد مازاد نارنج بر محیط مخزن بوده است. شکل ۱۰ اثر سرعت دورانی بر میزان سطح پوست‌گیری شده نشان می‌دهد. تغییرات در تغذیه‌های متفاوت با ۱، ۳، ۸ عدد نارنج و با استفاده از مش‌بندی‌های ۲، ۳ و ۴ میلی متر آورده شده است.

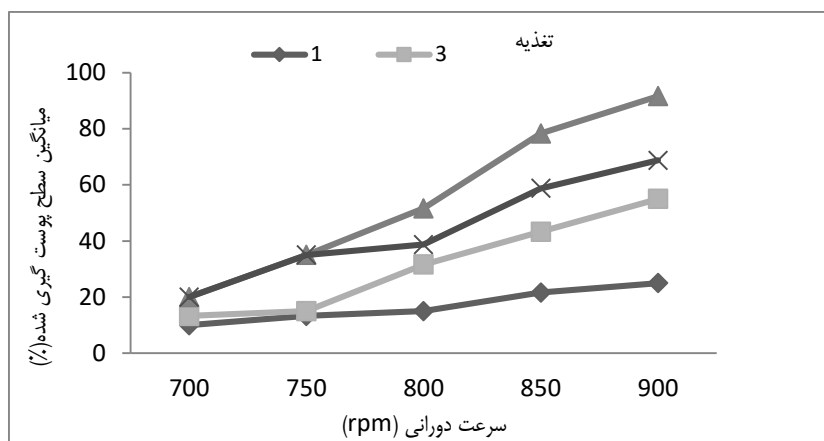


شکل ۸. اثر متقابل تغذیه و نوع مش‌بندی بر روی درصد سطح پوست‌گیری شده

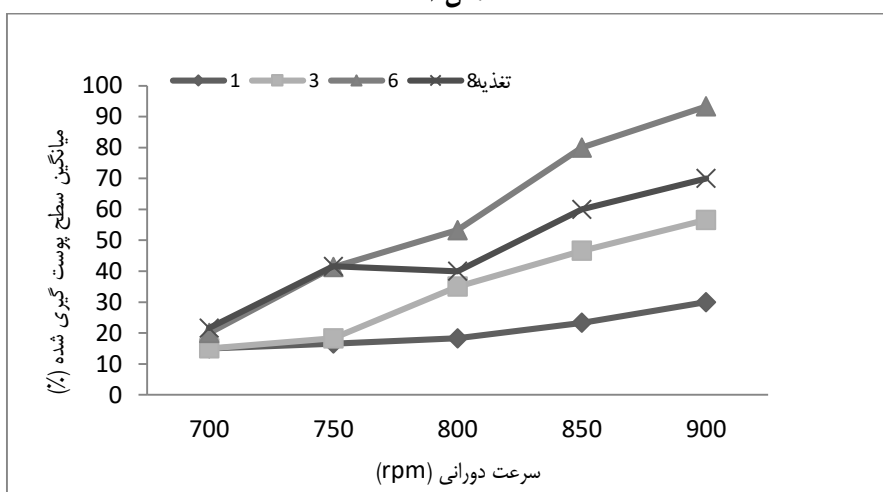
از نظر نوع مش‌بندی نیز در تمامی موارد اختلاف مقادیر با استفاده از مش ۲ و ۳ میلی متر معنی‌دار بوده است. بیش‌ترین مقادیر سطح پوست‌گیری شده در تغذیه‌ی ۶ عدد نارنج رخ داده است که هر دو نوع ۳ و ۴ میلی متر دارای مقادیر یکسان ۵۷/۶۶٪ می‌باشند. اما به منظور کاهش صدمات و احتمال پارگی محصول و ممانعت از تلفات محصول، مش ۳ میلی متر به عنوان بهترین گزینه انتخاب شد. مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه در شکل ۹ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین درصد پوست‌گیری این میوه به ترتیب از تیمار متقابل مش تیغه ۳ میلی متر در تغذیه ۶ و سرعت دورانی ۹۰۰ با میانگین ۸۸/۸۳ درصد به دست آمد.



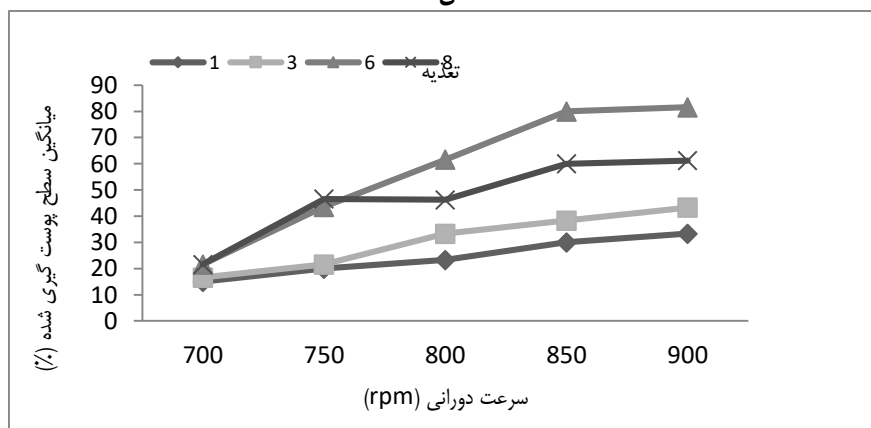
شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه مش‌بندی، تغذیه و سرعت دورانی بر درصد پوست‌گیری نارنج



مش ۱



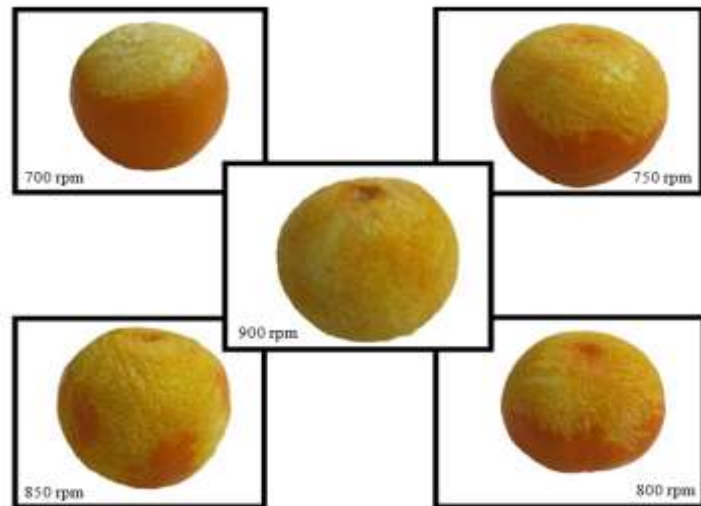
مش ۲



مش ۳

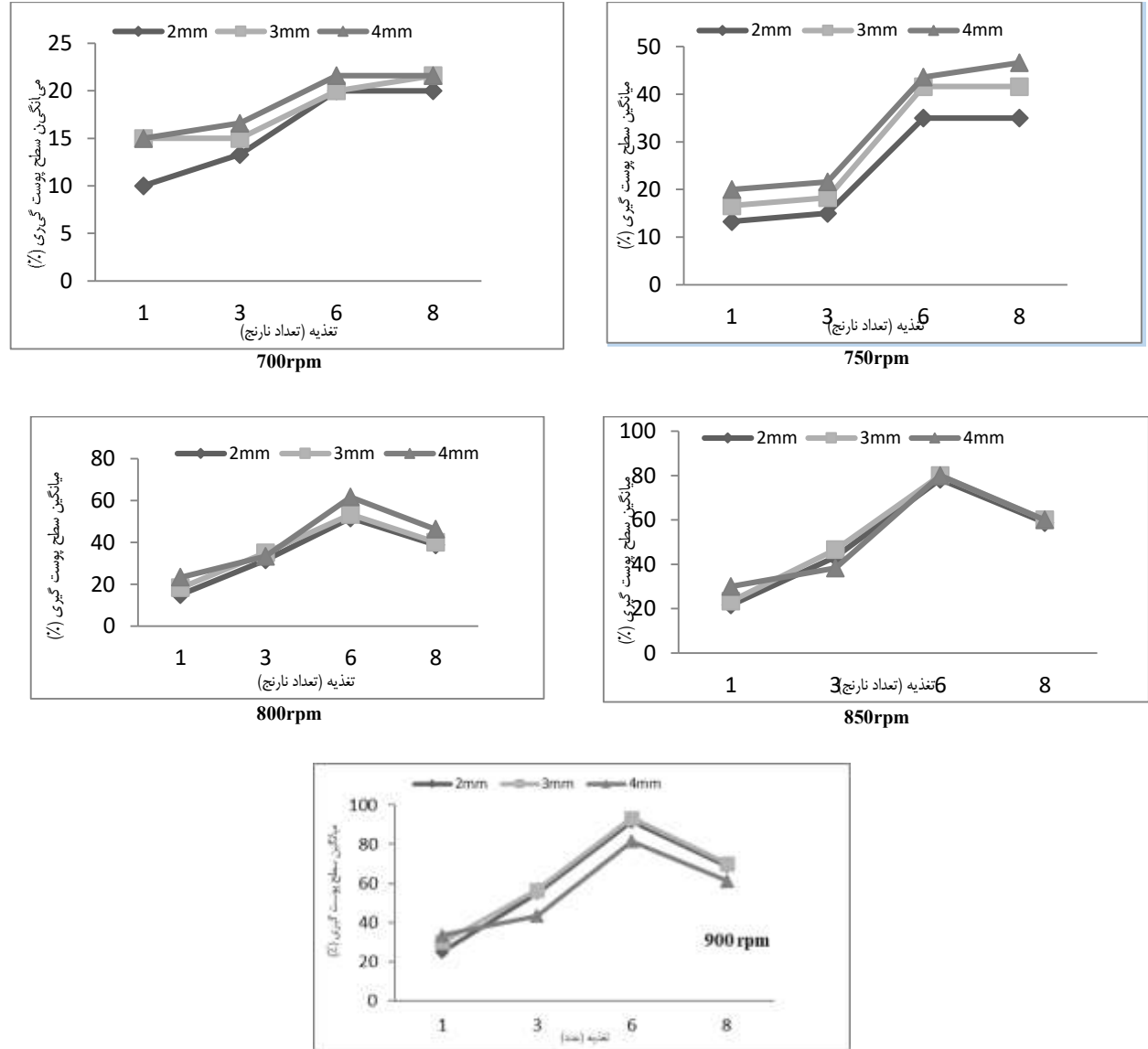
شکل ۱۰. درصد سطح پوست گیری شده نسبت به تغییرات سرعت دورانی صفحه‌ی دوار در تغذیه‌های مختلف با استفاده از مش‌بندی‌های مختلف.

همان طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است با افزایش سرعت دورانی از ۷۰۰ تا ۹۰۰ دور بر دقیقه ، درصد سطح پوست گیری شده افزایش می‌یابد. این روند در تمامی تغذیه‌ها بطور مشهودی قابل ملاحظه است به طوری که در سرعت دورانی ۹۰۰ دور بر دقیقه بیشترین میزان پوست گیری را به همراه دارد. در سرعت ۷۰۰ دور بر دقیقه در تمامی تغذیه میزان سطح پوست گیری شده تقریباً یکسان بود. در سرعت ۷۰۰ دور بر دقیقه نیروی وارده جهت پوست گیری کافی نبوده و ثانیاً درگیری کامل صفحه‌ی دوار با نارنج رخ نمی‌دهد، تفاوت محسوسی در سطح پوست گیری شده در تغذیه‌های مختلف وجود ندارد. شکل ۱۱ تصاویر نمونه های نارنج آزمایش شده در سرعت دورانی مختلف بر مقدار سطح پوست گیری شده در تغذیه با ۶ عدد نارنج و مش ۳ میلی‌متر را نشان می‌دهد.



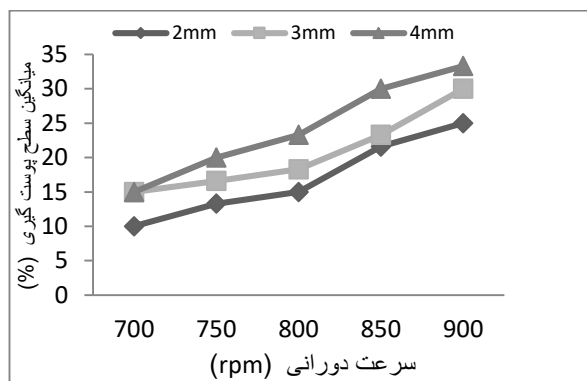
شکل ۱۱. تغییرات میانگین سطح پوست‌گیری شده نسبت به تغییرات سرعت دورانی در تغذیه با ۶ عدد نارنج و مش ۳ میلی متر

شکل ۱۲. میانگین سطح پوست‌گیری شده نارنج‌ها را در تغذیه‌های مختلف با سرعت‌های دورانی مختلف نشان می‌دهد.

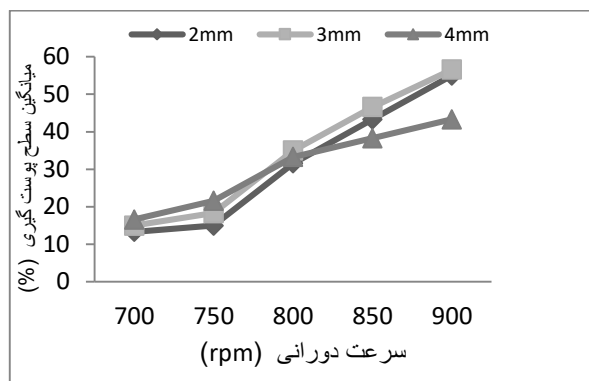


شکل ۱۲. درصد سطح پوست‌گیری شده نسبت به تغییرات تغذیه با استفاده از مش‌بندی‌های مختلف و در سرعت‌های مختلف

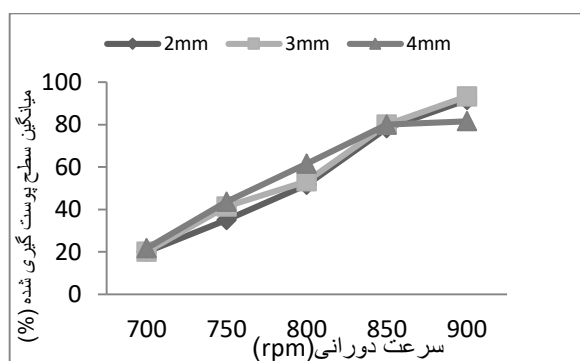
همان طور که در شکل ۱۲ نشان داده شده است در سرعت دورانی ۷۰۰ دور بر دقیقه با افزایش تغذیه از ۱ به ۶ عدد نارنج با انواع مش تیغه ها، سطح پوست گیری افزایش می یابد. وقتی پوست گیری تنها با یک عدد نارنج انجام می شد، تنها بخش اندکی از سطح نارنج با صفحه‌ی دوار درگیر شده و حداکثر ۳۰٪ درصد از سطح کل پوست گیری می شد در عوض ضخامت بیش تری از پوست برداشته می شد. در حالتی که تعداد نارنج ها افزایش می یافت، برخورد دو نارنج هم زمان با درگیری صفحه‌ی دوار با نارنج سبب چرخش نارنج ها و غلتش نارنج بر روی صفحه‌ی دوار شده و نتیجتاً میزان سطح پوست گیری افزایش می یافت. برخورد بین ۶ عدد نارنج ها بیش تر از ۳ عدد نارنج است که سبب افزایش سطح پوست گیری شده و ضخامت پوست برداشته شده یکنواخت تری حاصل می شود. چنین وضعیتی نیز با ۸ عدد نارنج در سرعت های ۷۰۰ و ۷۵۰ دور بر دقیقه رخ داد. شکل ۱۳ اثر مش تیغه ها را در سرعت های مختلف بر میانگین پوست گیری نارنج نشان می دهد.



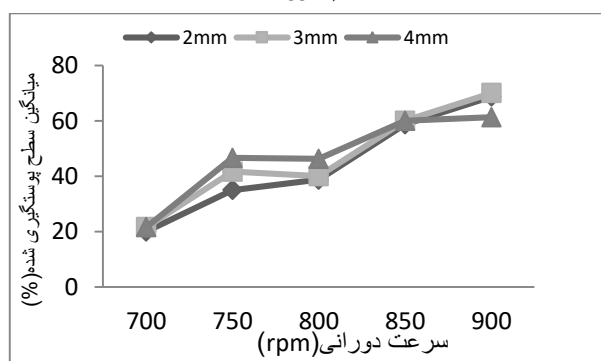
عدد ۱



عدد ۳



عدد ۶



عدد ۸

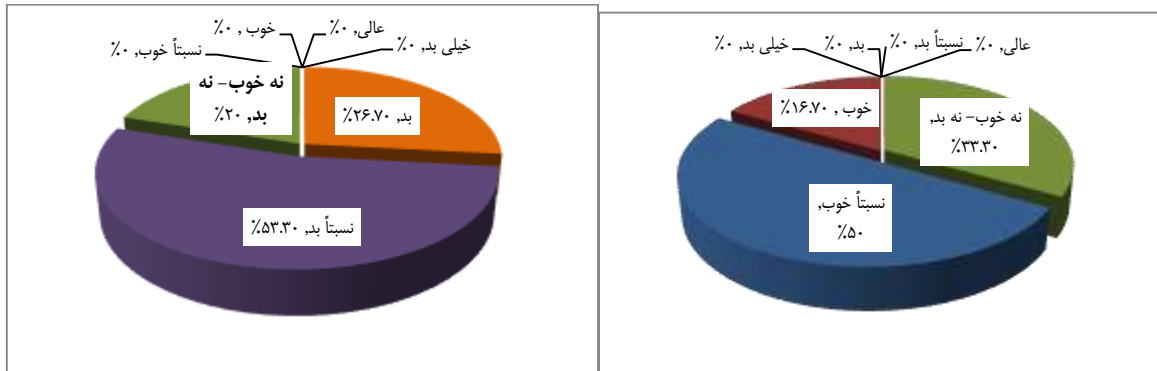
شکل ۱۳. درصد سطح پوست گیری شده نسبت به تغییرات سرعت با استفاده از مش بندی های مختلف و در تغذیه های مختلف

همان طور که در شکل ۱۳ نشان داده شده با افزایش سرعت فرآیند پوست گیری با در تغذیه های مختلف نارنج بیشتر شده است. در سرعت های بالاتر از ۸۰۰ دور بر دقیقه مش بندی نوع ۳ میلی متر عملکرد بهتری نسبت به مش ۴ میلی متر داشته است. در مش ۴ میلی متر به دلیل بزرگ تر بودن ابعاد مش و در پی آن لبه های برنده بزرگ تر، در هر بار تماس نارنج با صفحه دوار سطح بیش تری برداشته شود. در نتیجه میانگین سطح پوست گیری شده کاهش خواهد یافت. شکل ۱۴ تصاویر مقدار سطح نارنج های پوست گیری شده با مش تیغه های مختلف در سرعت دورانی ۹۰۰ دور بر دقیقه و تغذیه با ۶ عدد نارنج نشان می دهد.



شکل ۱۴. تغییرات میانگین سطح پوست گیری شده نسبت به تغییرات مش بندی در سرعت دورانی ۹۰۰ دور بر دقیقه و تغذیه با ۶ عدد نارنج نتایج ارزیابی حسی

همان طور که اشاره شد، وجود دو ترکیب نارنجین و لیمونین موجود در پوست نارنج سبب تلخی آب میوه استخراج شده می‌شود. در این مطالعه، به منظور بررسی اثر پاشش آب جهت شستن این مواد از روی سطح میوه در طول فرآیند پوست‌گیری و نتیجتاً اثر آن بر میزان تلخی آب میوه، از روش ارزیابی حسی استفاده شده است. این بررسی در دو تیمار پاشش آب، بدون پاشش آب مورد بررسی قرار گرفت که شکل ۱۵ نتایج حاصل از ارزیابی حسی را پس از فرآیند پوست‌گیری با و بدون پاشش آب در طول فرآیند نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که پاشش هم زمان آب در طول فرآیند، تأثیر قابل قبولی بر کاهش میزان تلخی دارد. بر همین اساس، تعبیه‌ی یک مجرای پاشش آب در بالای محفظه‌ی پوست‌گیری مؤثر تشخیص داده شد.



شکل ۱۵. نتایج ارزیابی حسی میزان تلخی آب میوه استخراج شده پس از فرآیند پوست‌گیری، راست با پاشش آب، چپ: بدون پاشش هم زمان آب

نتیجه‌گیری کلی

اندازه‌گیری و محاسبه‌ی برخی خواص فیزیکی و ظاهری حاکی از آن است که نارنج با ضریب کرویت ۰/۹۶، تشابه بسیاری به حجم هندسی کُره دارد. با بررسی تأثیر سرعت دورانی بر میزان سطح پوست‌گیری شده مشاهده گردید که سرعت دورانی، نرخ تغذیه و نوع مش تیغه با احتمال ۹۹٪ بر میزان سطح پوست‌گیری شده تأثیر معنی دار دارد، به طوری که با افزایش سرعت دورانی، راندمان پوست‌گیری افزایش می‌یابد. در سرعت‌های بالاتر از ۸۰۰ دور بر دقیقه در صورت استفاده از مش تیغه بزرگتر ۴ میلی‌متر میوه برش خورده و کیفیت کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از بررسی اثر تغذیه بر راندمان پوست‌گیری نشان داد که ظرفیت دستگاه تحت تأثیر محیط داخلی محفظه پوست‌کن می‌باشد. با بررسی اثر متقابل پارامترهای کاری ماشین، شرایط کاری بهینه با سرعت دورانی ۹۰۰ دور بر دقیقه، نرخ تغذیه ۶ عدد نارنج و مش تیغه ۳ میلی‌متر به دست آمد. در این شرایط راندمان پوست‌گیری دستگاه برابر با ۸۸/۸۳ به دست آمد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که پاشش هم زمان آب بر روی نارنج، در طول فرآیند پوست‌گیری، ۵۰٪ تلخی آب نارنج را کاهش داده است. با بررسی تأثیر سرعت دورانی بر میزان سطح پوست‌گیری شده مشاهده گردید که سرعت دورانی با احتمال ۹۹٪ بر میزان سطح پوست‌گیری شده تأثیر معنی دار دارد، به طوری که با افزایش سرعت دورانی، راندمان پوست‌گیری افزایش می‌یابد. بررسی اثر تغذیه دستگاه بر میزان سطح پوست‌گیری شده نشان داد که تغذیه دستگاه (تعداد نارنج در هر فرآیند پوست‌گیری) با احتمال ۹۹٪ بر میزان سطح پوست‌گیری شده اثر معنی دار دارد. بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش تعداد نارنج در هر فرآیند، میزان سطح پوست‌گیری شده افزایش می‌یابد. با لحاظ ۳۰ ثانیه به منظور پوست‌گیری موفق و مؤثر، ۲۰ ثانیه جهت پُر و خالی نمودن ماشین و میانگین وزن ۱ کیلوگرم برای ۶ عدد نارنج، ظرفیت کاری ماشین ۷۲ کیلوگرم محاسبه شد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه تهران، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانه برای سایر نویسندگان انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی، سید احمد میرصدقی و غلامرضا چگینی؛ روش‌شناسی، سید احمد میرصادقی؛ نرم افزار، سید احمد میرصدقی؛ تأیید: غلامرضا

چگینی؛ تحلیل و تحقیقات سید احمد میرصادقی و غلامرضا چگینی، منابع غلامرضا چگینی؛ گردآوری داده ها، سید احمد میرصادقی نویسنده و تهیه پیش نویس اصلی، سید احمد میرصادقی و غلامرضا چگینی، نویسندگی و مرور و ویرایش، غلامرضا چگینی؛ تصویرسازی، غلامرضا چگینی؛ سرپرستی: غلامرضا چگینی؛ مدیریت پروژه، غلامرضا چگینی؛ خرید سرمایه گذاری، غلامرضا چگینی. تمام نویسندگان نسخه منتشرشده دست نوشته را خوانده و با آن موافقت کرده اند.

اعلامیه هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در فرایند نگارش نویسندگان از هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی را در فرایند نگارش مقاله استفاده نکرده اند.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌هایی پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی و همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

ویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

منابع

- کاظمی سیامک (۱۳۹۲). حساب دیفرانسیل و انتگرال. توماس، جورج. انتشارات فاطمی. تهران. ۴۷۶ ص.
ذکی، سید امیر (۱۳۸۷). طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین پوست‌کن گردو. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. پردیس ابوریحان دانشگاه تهران.
مرتضوی، سید علی، ضیال‌الحق، سید حمیدرضا (۱۳۸۳). فناوری فرآوری فرآورده‌های جانبی مرکبات. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۳۲ ص.

REFERENCES

- Bustamante, J. Van Stempvoort, S. García-Gallarreta, M. J.A. Houghton, H.K. Briers, V.L. Budarin, A.S. Matharu, J.H. Clark, (2016). Microwave assisted hydro-distillation of essential oils from wet citrus peel waste. *J. Clean. Prod.* 137, 598–605.
- Ferrer, V., Costantino, G., Paoli, M., Paymal, N., Quinton, C., Ollitrault, P., Tomi, F., Luro, F. (2021). Intercultivar Diversity of Sour Orange (*Citrus aurantium* L.) Based on Genetic Markers, Phenotypic Characteristics, Aromatic Compounds and Sensorial Analysis. *Agronomy*, 11, 1084. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061084>.
- Foxcroft (2009). United states Patent Office. P.N.: 20090211462.
- Garcia, E. and Barrett, D. M. (2006). Peel ability and yield of processing tomatoes by steam or lye. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(1), 3–14.
- Hasegawa S., Vandercook C. E. Choi G. Y., Herman Z., and Ou P. (1985). Limonoid debittering of citrus juice sera by immobilized cells of *Corynebacterium fascians*, *J. Food Sci.* 50: 330-332.
- Heinzen et al. (1997). United states Patent Office. P.N. 5660104.
- Kazemi, S. (2013). Differential and integral calculus. Thomas, George. *Fatemi Publications*. Tehran. 476 pp. (In Persian).
- Kimball D. A. (1991). Citrus processing Quality control and Technology, Chapman & Hall, New York.
- Kimball D. A. and Norman S. I. (1990). Changes in california Naver orange juice duning commercial debittering, *J. Food Sci.* 55(1): 273-274.
- Kohli, D., Padam, Singh, C., Vishwambhar, D., Mudgal, S., Kumar, J., Brijesh, K. (2021). Advances in peeling techniques for fresh produce, *Journal of Food Process Engineering*. e13826, P 1-18.
- Li, Xuan. (2020), Methods of Peeling Fruits and Vegetables from: Handbook of Food Preservation CRC Press.
- Maksoud, S., Abdel-Massih, R.M., Rajha, H.N., Louka, N., Chemat, F., Barba, F.J., Debs, E. (2021). Citrus



- aurantium L. Active Constituents, Biological Effects and Extraction Methods. An Updated Review. *Molecules*, 26, 5832.
- Mortazavi, S.A., Zia-ol-Haq, S. H. (2004). Technology of processing citrus by-products. Ferdowsi University of Mashhad Publications, 332 pp. (In Persian).
- Norman S. I. (1990). A commercial citrus debittering system, *Trans. Citrus Eng. Conf.* 36: 1-31.
- Rafiq, Sh, Kaul, R, Sofi, S.A., Bashir, N, Nazir, F, Gulzar ,A. (2016). Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, (6), 1-8.
- Rownaghi, M., & Niakousari, M. (2024). Sour orange (*Citrus aurantium*) seed, a rich source of protein isolate and hydrolysate – A thorough investigation. *Heliyon*, 10(12).
- Shen, Y., Khir, R., Wood, D., (2020). Pear peeling using infrared radiation heating technology, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102474>.
- Talmadge J. (1998). The Blade Geometry FAQ. Bellies and Angle section p1 – 10.
- Topuz A., Topakci M., Canakci M., Akinci I., and Ozdemir F. (2005). Physical and nutritional properties of four orange varieties. *J. Food Eng. Res.*, 66, 519-523.
- Zaki, S.A. (2008). Design, construction and evaluation of walnut shelling machine. Master's thesis in mechanical engineering of agricultural machinery. Aburaihan Campus, University of Tehran. (in Persian)