

## تعیین نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی کیوی در بارگذاری فشاری تک محوری

امیر منصوری الام

دانشجوی دکترای مهندسی بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

منصور راسخ

استاد گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

سینا فیض اله زاده اردبیلی

دانشجوی سابق دکترای مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

در این تحقیق نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی سه رقم کیوی متداول (هایوارد، گلدن و رد) در آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی با سه عامل، شامل ۳ سرعت بارگذاری (۱۰، ۵۰ و ۹۰ میلی متر بر دقیقه)، ۳ رقم (هایوارد، گلدن و رد) و ۵ دوره انبارمانی (هر ۲۱ روز) در ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد اثر متقابل دو تایی دوره انبارمانی و رقم و اثر اصلی دوره انبارمانی برای نیروی گسیختگی و تغییر شکل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است. اثر اصلی رقم برای نیروی گسیختگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده است و اثر اصلی رقم برای تغییر شکل در نقطه گسیختگی و انرژی گسیختگی درصد احتمال یک درصد معنی دار شده است، دیگر اثرات اصلی و متقابل معنی دار نشده است. همچنین نتایج نشان داد با افزایش دوره انبارمانی تغییر شکل در نقطه گسیختگی و نیروی گسیختگی کاهش می یابد.

**کلمات کلیدی:** ارقام کیوی، نیروی گسیختگی، انبارمانی

### مقدمه

کیوی با نام علمی *Actinida deliciosa* (A. Chev.) Liang et Ferguson از خانواده Actinidiaceae گیاهی خرنده، از نظر تجاری، معمولاً زمانی برداشت می شود که از نظر ظاهری به حد قابل قبولی رسیده باشد کیوی پس از برداشت برای مدتی به رسیدن خود ادامه می دهد تا زمانی که به مرحله بهینه رسیدگی خود برسد، مطالعات انجام شده در مورد پذیرش مصرف کننده نشان داد که رسیده بودن کیوی اساساً با کیفیت داخلی آن مرتبط است که عمدتاً به محتوای جامدات محلول<sup>1</sup> (SSC) و

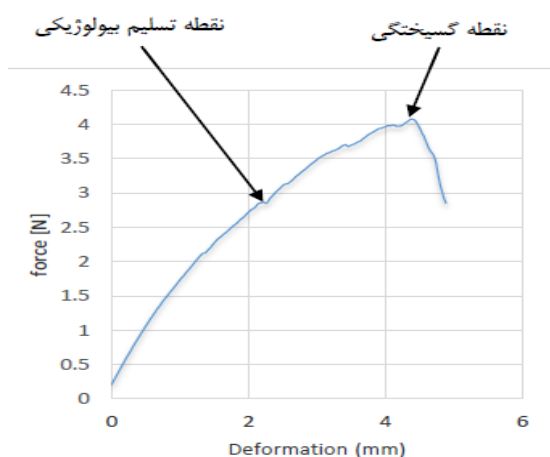
1 - soluble solids content

سفتی<sup>۲</sup> اشاره دارد (Du et al., 2019). ایران با تولید دویست و هشتاد و نه هزار تن کیوی رتبه پنجم تولید این محصول در جهان را دارا می‌باشد، علیرغم تولید مازاد بر مصرف این میوه کشورمان از نظر صادرات در رده هفتم جهان قرار گرفته است (بی‌نام، ۱۴۰۱). تمایل به مصرف کیوی به عنوان یک میوه با ارزش غذایی بالا در دهه‌های اخیر گسترش زیادی یافته است. (Hunter et al., 2006; Sherry Kao, 2010; al.) از لحاظ تولید جهانی کیوی پس از موز، پرتقال و سیب جایگاه چهارم را به خود اختصاص داده است (Tavarini et al., 2008) میوه کیوی سرشار از ویتامین C و ترکیبات دیگر از جمله ویتامین E، پلی فنیل‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آلی و رنگیزه‌ها است (Hunter et al., 2010., Du et al., 2009)، در حال حاضر میوه کیوی به دلیل داشتن رایحه و طعم خوش، ارزش غذایی و داروی زیاد، یکی از میوه‌های پرتعداد در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Ferguson et al., 2003) تعیین خواص مکانیکی کیوی می‌تواند روشی برای شناسایی ارقام آنها باشد، خواص مکانیکی ارقام مختلف کیوی با یکدیگر متفاوت است، عبارتی وارسته‌های کیوی دارای خواص مکانیکی متفاوتی هستند، لذا از این تفاوت‌ها جهت دسته‌بندی ارقام مختلف میوه می‌توان استفاده کرد. از آنجا که عوامل مختلفی از قبیل عوامل زیست محیطی، بیولوژیکی، برداشت، انبارداری بر خواص مختلف محصول تولیدی تاثیر گذار است، لذا تعیین این خواص به منظور استفاده جهت فرآورده‌های پس از برداشت از قبیل درجه‌بندی، بسته‌بندی، حمل و نقل و... ضروری به نظر می‌رسد (توکلی هشتجین، ۱۳۸۲)، یکی از روش‌های بارگذاری معمول برای بررسی رفتار مکانیکی مواد و تعیین خواص آنها، بارگذاری فشاری تک محوره روی میوه می‌باشد، در این آزمون، نمونه بصورت کامل یا بخشی از نمونه تحت بارگذاری قرار می‌گیرد (افکاری سیاح و مینایی، ۱۳۸۸)، بر اساس اطلاعات حاصل از منحنی نیرو- تغییر شکل محصولات کشاورزی، تحت تاثیر بارگذاری تک محوری شبه استاتیک می‌تواند اطلاعات مفیدی را اختیار قرار دهد (علی- محمدی سراب و همکاران، ۱۳۹۹)، هدف از این پژوهش ارزیابی کیفیت سه رقم کیوی (هایوارد، رد و گلدن) است.

## روش تحقیق

این تحقیق در آزمایشگاه صنایع غذایی دانشکده صنایع غذایی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام گرفت، ارقام کیوی از باغ‌های میوه واقع در شهرستان تنکابن استان گیلان که بصورت نشتی آبیاری شده و عملیات داشت در آن بطور منظم صورت گرفته بود برداشت شد، نمونه‌های آزمایشی هر رقم بصورت ظاهری از نظر سلامت و یکدست بودن در نوبت صبح برداشت شد، قبل از براشت و در طی آن بارندگی رخ نداد، چرا که این عامل به منظور حداقل سازی فشار ترگر اهمیت داشت (منصوری الام واحمدی، ۱۳۹۷)، بمنظور ممانعت از کاهش کیفیت میوه‌ها درون سبدهای تک ردیفه مجهز به بالشک فومی با آرایش چیدمان ۴×۶ به لحاظ جلوگیری از آسیب‌های مکانیکی (ضربه، ارتعاش و بار مرده) قرار گرفت و به منتقل شد. ارقام مورد آزمون به ترتیب هایوارد، رد و گلدن، بصورت دوره‌ای هر سه هفته یکبار و مجموعاً ۱۰۵ روز (پنج دوره) مورد ارزیابی با دستگاه آزمون بافت مواد غذایی و محصولات کشاورزی (سنتام مدل STM5 ساخت شرکت مهندسی سنتام قرار گرفت، دستگاه آزمون مورد استفاده در این تحقیق به نیرو سنج BONGSHIN مدل لودسل DBBP-100 با ظرفیت 100Kgf (شکل ۱- الف) قطر پروب مهاجم ۷ میلی‌متر و سرعت بارگذاری در سه سطح (۱۰، ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر دقیقه) تنظیم گردید، نمودار نیرو- تغییر شکل هر نمونه به همراه فایل اکسل نمودار استخراج گردید (شکل ۱- ب)، در هر آزمون بارگذاری تا نقطه شکست نمونه‌ها و تنزل نیروی اعمال شده توسط سامانه پنچری ادامه یافت، از نمودار نیرو- تغییر شکل حاصل تا نقطه شکست می‌توان، نیروی شکست و تغییر شکل را بطور مستقیم استخراج نمود، تجربه واریانس داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل و طرح پایه کاملاً با ۳ عامل شامل سه رقم میوه کیوی (رد، گلدن و هایوارد)، ۳ سطح سرعت بارگذاری (۱۰ و ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر دقیقه) و ۵ دوره انبارمانی (هر ۲۱ روز) در ۳ تکرار به اجرا

درآمد، مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تیمارها با آزمون مقایسه میانگین چند دامن‌های دانکن و با استفاده از نرم افزار MSTAT-C صورت پذیرفت.



شکل ۱-ب- نمودار استخراج شده از آزمون فشاری



شکل ۱.الف- دستگاه آزمون کشش - فشار، مدل STM-5

## بحث و نتیجه‌گیری

### نتایج نیروی گسیختگی کیوی

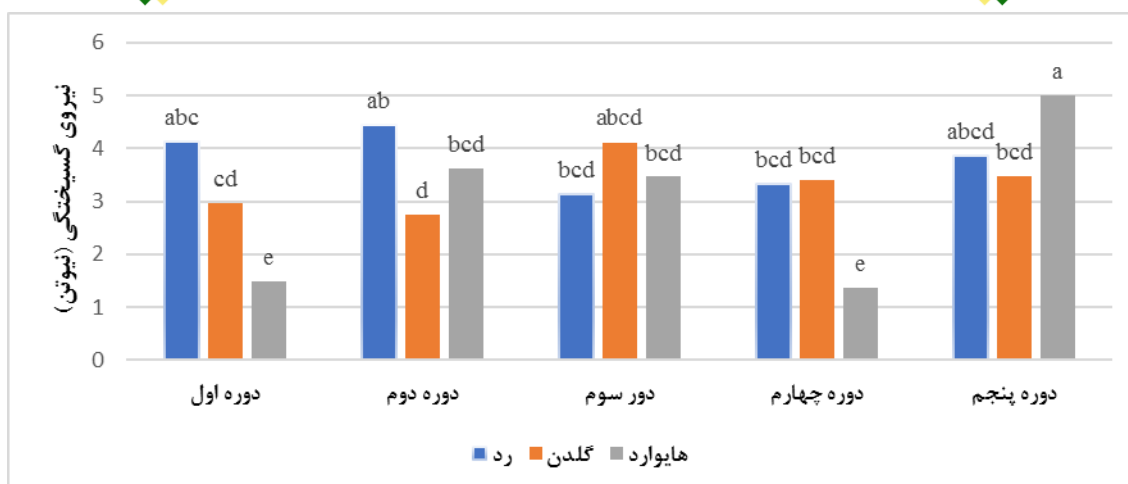
جدول ۱. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نیروی گسیختگی در سه رقم کیوی

| منبع تغییرات                                      | درجه آزادی | میانگین مربعات          |
|---------------------------------------------------|------------|-------------------------|
| سرعت بارگذاری                                     | ۲          | 13.827 <sup>n.s</sup>   |
| دوره انبارمانی                                    | ۴          | 14528.274 <sup>**</sup> |
| اثر متقابل سرعت بارگذاری در دوره انبارمانی        | ۸          | 235.762 <sup>n.s</sup>  |
| رقم                                               | ۲          | 25127.533 <sup>**</sup> |
| اثر متقابل سرعت بارگذاری در رقم                   | ۴          | 278.137 <sup>n.s</sup>  |
| اثر متقابل دوره انبارمانی در رقم                  | ۸          | 2438.221 <sup>**</sup>  |
| اثر متقابل سرعت بارگذاری در دوره انبارمانی در رقم | ۱۶         | 291.724 <sup>n.s</sup>  |
| خطا                                               | ۹۰         | 528.189 <sup>n.s</sup>  |
| کل                                                | ۱۳۴        |                         |

<sup>\*\*</sup> وجود اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>n.s</sup> عدم وجود اثر معنی‌داری

جدول ۱ بیانگر آن است که اثر اصلی رقم، اثر اصلی دوره انبارمانی بر نیروی گسیختگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. اثر متقابل دوگانه دوره انبارمانی در رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. سایر اثرات متقابل دوگانه سرعت بارگذاری در رقم، سرعت بارگذاری در دوره انبارمانی و اثرات متقابل سه‌گانه سرعت بارگذاری در رقم در دوره انبارمانی بر نیروی گسیختگی معنی‌دار نشده است.

نتایج مقایسه میانگین رقم در دوره انبارمانی برای نیروی گسیختگی در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوره انبارمانی در رقم برای نیروی گسیختگی

نمودار شکل ۲ نشان می‌دهد، کمترین نیروی گسیختگی مربوط به رقم هایوارد در دوره‌های اول و چهارم انبارمانی است و بیشترین آن مربوط به رقم هایوارد در دوره پایانی انبارمانی و ارقام رد در سه دوره اول سوم و پنجم، همچنین رقم گلدن در دوره سوم انبارمانی بوده است. بیشینه نیروی گسیختگی از نظر عددی در دوره پنجم رقم هایوارد با ۵.۰۰۸ نیوتن به میوه‌ی هایوارد تعلق داشت، همچنین بیشینه نیروی گسیختگی به ترتیب از نظر عددی به رقم رد در دوره اول و دوم به ترتیب با ۴.۱۴۰ و ۴.۴۴۹ نیوتن نیرو تعلق داشت، کمینه میزان نیرو از نظر آماری و عددی به طور مشترک به رقم هایوارد در دوره‌های نخست و چهارم به ترتیب با ۲.۷۵۴ و ۳.۴۰۷ تعلق گرفت.

نتایج تغییر شکل در نقطه گسیختگی:

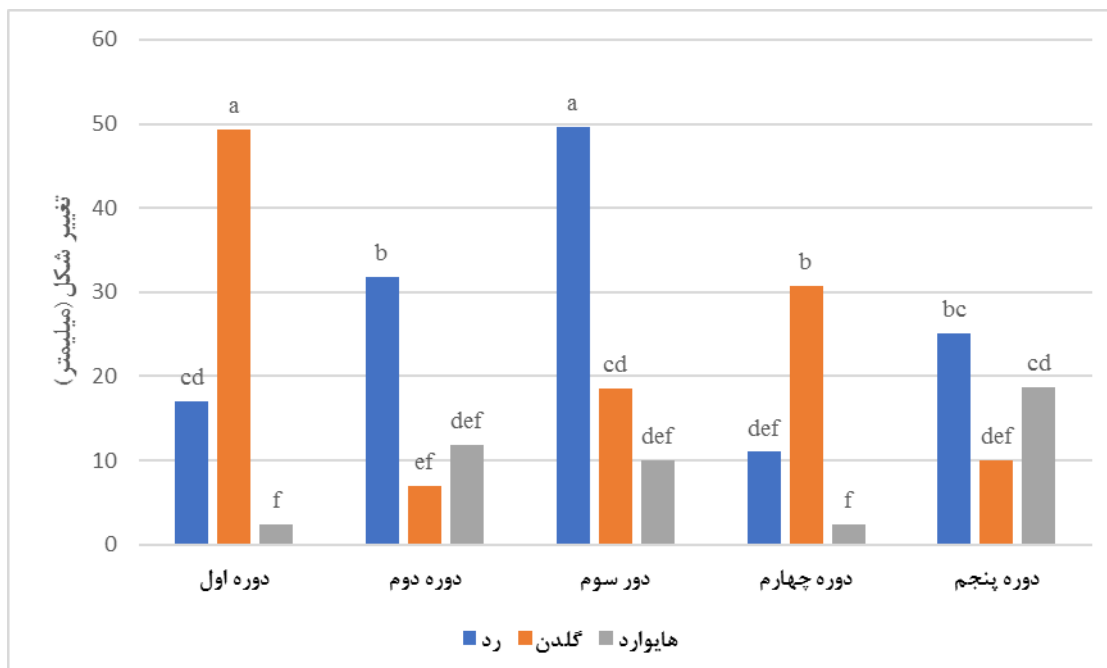
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تغییر شکل در نقطه گسیختگی

| میانگین مربعات         | درجه آزادی | منبع تغییرات                                      |
|------------------------|------------|---------------------------------------------------|
| 1. 8685 <sup>n.s</sup> | ۲          | سرعت بارگذاری                                     |
| 3.845 <sup>**</sup>    | ۴          | دوره انبارمانی                                    |
| 0.805 <sup>n.s</sup>   | ۸          | اثر متقابل سرعت بارگذاری در دوره انبارمانی        |
| 3.909 <sup>**</sup>    | ۲          | رقم                                               |
| 0.761 <sup>n.s</sup>   | ۴          | اثر متقابل سرعت بارگذاری در رقم                   |
| 12.312 <sup>*</sup>    | ۸          | اثر متقابل دوره انبارمانی در رقم                  |
| 0.474 <sup>n.s</sup>   | ۱۶         | اثر متقابل سرعت بارگذاری در دوره انبارمانی در رقم |
| 0.920 <sup>n.s</sup>   | ۹۰         | خطا                                               |
|                        | ۱۳۴        | کل                                                |

<sup>\*\*</sup> وجود اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>n.s</sup> عدم وجود اثر معنی‌داری

با توجه به جدول ۲ مشخص می‌شود که اثرات اصلی رقم و دوره انبارمانی بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. اثر متقابل دوتایی رقم در دوره انبارمانی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است، اثر

متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در دوره انبارمانی و اثر متقابل سه گانه سرعت بارگذاری در رقم در دوره انبارمانی معنی دار نشده است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوتایی رقم در دوره انبارمانی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه رقم در دوره انبارمانی کیوی برای تغییر شکل در نقطه گسیختگی

با توجه به شکل ۳ معلوم می شود، بیشترین میزان تغییر شکل مربوط به رقم گلدن در دوره نخست انبارمانی و رقم رد در دوره سوم انبارمانی و کمترین آن به طور مشترک متعلق به رقم هایوارد در هر پنج دوره ، و رقم گلدن در دوره ی دوم و پنجم انبارمانی بود، از نظر عددی کمینه آن با میزان تغییر شکل ۲۰۳۵۹ میلیمتر به دوره چهارم انبارمانی و به رقم هایوارد تعلق داشت، این عدد نسبت به عدد بیشینه تغییر شکل در نقطه شکست که از نظر عددی و از لحاظ آماری تفاوت فاحشی داشت و مربوط به رقم گلدن در دوره نخست انبارمانی بود ۲۰۹۳۰۲۲ درصد رشد منفی داشت، کمینه تغییر شکل در نقطه گسیختگی برای رقم گلدن از نظر آماری به طور همزمان در دوره های دوم، سوم و پنجم مشاهده شد. با این حال از نظر عددی کمترین میزان تغییر شکل در مقابل نفوذ بافت در دوره دوم با ۷۰۱۹ میلیمتر مشاهده شد، این موضوع را می توان چنین تفسیر نمود کمترین مقاومت در مقابل پروب مهاجم برای نفوذ در بافت به رقم هایوارد در دوره نخست انبارمانی تا پایان دوره انبارمانی (یعنی هر پنج دوره) نشان از این دارد که میوه کیوی رقم هایوارد بافت خیلی سفتی ندارد و به راحتی و مقاومت زیادی به تغییر شکل یا به بیان دیگری مقاومت پایینی در مقابل نفوذ از خود نشان می دهد.

یافته های این تحقیق حاکی از آن است که با افزایش دوره انبارمانی، بافت محصول روند پیرتری را نشان می دهد، بافت جوان بدلیل اینکه دیواره سلولی آنها مستحکم تر است، مقاومت بالاتری در مقابل تغییر شکل از خود نشان می دهد، اگر چه بصورت

کلی نمی توان رفتار همه ارقام را با یک روند بیان نمود، علت آن را هم می توان به رقم، شرایط نگهداری و حالت ویسکوالاستیک بودن ماده مورد بررسی ارتباط داد.

## منابع

افکاری سیاح، ا و مینایی، س، ۱۳۸۸، مبانی بررسی و ارزیابی ضایعات مکانیکی در محصولات کشاورزی، چاپ اول، اردبیل، انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی واحد اردبیل. ص ۱۸۳

بی نام، ۱۴۰۱، تولید کیوی در ایران [<https://www.tahlilbazaar.com/news/195239>].

توکلی هاشجین، ت، ۱۳۸۲، مکانیک محصولات کشاورزی (تالیف جورج سیتیکی)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه زنجان، ص ۵

علیمحمدی سراب، ف، راسخ، م، عباسپورگیلاننده، ی و افکاری سیاح، ا، ۱۳۹۹، تعیین نیروی گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی سه رقم ذرت، هفتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران

منصوری آلام، ا و احمدی، ا. (۱۳۹۷)، بررسی و تعیین آسیب حمل و نقل جاده ای بر کوفتگی، نشریه ماشین های کشاورزی، دوره ۸، شماره ۱، ۱۳۹۷، صفحه 185-196

Du D, Wang J, Wang B, Zhu L, Hong X. Ripeness prediction of postharvest kiwifruit using a MOS e-nose combined with chemometrics. *Sensors*. 2019 Jan 21;19(2):419.

Hunter, D.C., M.A. Skinner, A.R. Ferguson and L.M. Stevenson .2010. Kiwifruit and Health. *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. (Inpress).

Sherry Kao, M.W. 2006. A comparative study of antioxidant and physicochemical properties of blackberry and kiwifruit. *Degree of Master of Science*. pp. 120.

Tavarini, S., E. Degl'Innocenti, D. Remorini, R. Massai and L. Guid. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of „Hayward“ kiwifruit. *Food Chemistry*. 107: 282-2

Ferguson I, Thorp T, Barnett A, Boyd L, Triggs C. Inorganic nutrient concentrations and physiological pitting in ‘Hayward’ kiwifruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. ۲۰۰۳;۷۸(۴):۴۹۷-۵۰۴