Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 1, Spring 2018 (147-156)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.215849.1084

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷ (ص ۱۵۶-۱۴۷)

ارزیابی تأثیر پرتوگاما بر آلودگی میکروبی و شاخص‌های کیفی سه رقم خرما (*Phoenix dactylifera* L.) در مدت انبارمانی

سعیده زربخش[۱]، سمیه رستگار[۲*] و صدیقه جوادپور[۳]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
۳. دانشیار، دانشگاه علوم پزشکی بندرعباس، بندرعباس، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۳۰)

چکیده

خرما از جمله محصولات مهم باغی و راهبردی به ویژه صادراتی ایران است. حفظ کیفیت میوه و کاهش میزان آلودگی میکروبی و مدیریت و مهار (کنترل) آفات انباری از هدف‌های مهم انبارمانی خرماست. بدین منظور برای بررسی تأثیر پرتوگاما در ضدعفونی میوهٔ خرما، پژوهشی بر یک رقم میوهٔ نیمه‌خشک خرما 'پیارم' و دو رقم میوهٔ خشک 'دیری' و 'زاهدی' به مدت ٤ ماه در دمای ۲۵±۲°C انجام شد. میوه‌ها پس از برداشت، توسط اشعهٔ گاما (۰،۱،۳ و ۵ kG) پرتودهی شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد، در هر سه رقم، میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد درصد کاهش وزن کمتر و فلاونوئید بالاتری نشان دادند. پرتودهی با افزایش دُز به‌طور قابل‌توجهی موجب بهبود کیفیت حسی در هر سه رقم شد. در هر سه رقم پرتودهی به‌طور معنی‌داری درصد آفت را مهار کرد. پرتودهی تأثیر قابل‌توجهی در مهار آلودگی قارچی خرمای رقم پیارم نداشت درحالی‌که در دو رقم دیگر با افزایش دُز پرتودهی، کاهش قابل‌توجهی در کاهش آلودگی قارچی مشاهده شد. در رقم دیری هیچ‌گونه آلودگی باکتریایی مشاهده نشد. در دو رقم دیگر نیز با افزایش شدت پرتودهی، آلودگی باکتریایی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. به‌طورکلی، مؤثرترین دُز پرتودهی در این پژوهش ۵ kG مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد، پرتودهی گاما بسته به رقم نقش مؤثری در جلوگیری از آلودگی میکروبی و حفظ ویژگی‌های کیفی میوه دارد و می‌تواند برای افزایش کیفیت بهداشتی میوه‌ها و به‌عنوان یک روش ضدعفونی‌کننده در آینده در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، پرتودهی، خرما، کیفیت.

Assessment the effect of Gamma radiation on microbial contamination and quality index of three varieties of date Palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) during storage

Saeideh Zarbakhsh[1], Somayeh Rastegari[2*] and Sedigheh Javanpour[3]
1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran
3. Associate Professor, Bandar Abbas University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran
(Received: Sep. 26, 2016 - Accepted: Mar. 20, 2017)

ABSTRACT

Date palm is one of the important fruit in Iran. Maintain of fruit quality, reducing microbial contamination and control of pests are the main objects of date palm during storage. To determine the effect of gamma radiation on date palm, research on 'Piarom' as semi-dry date cultivar and 'Deiri' and 'Zahedi' as dry date cultivars were performed after storage for 4 months at 25±2°C. Fruit harvested and were irradiated by gamma radiation (0, 1, 3 and 5 kG doses). The factorial experiment in a completely randomized design with 3 replications was conducted. Result showed that in all three cultivars, treated fruits had lower water loss and higher flavonoid content. Treated fruits with highest doses of radiation showed better sensory quality and lower pest contamination. Irradiation had significant effect on control of microbial contamination in Deiri and Zahedi cultivars but had no effect on Piarom palm. Zahedi didn't show any bacterial contamination and other cultivars also showed significant differences. In general, the best dose of irradiation in this study was 5 kG. Results indicated that gamma radiation can be considered for inhibiting microbial contamination and maintain quality of fruits. It can also be used as a technique of future definition.

Keywords: Date, irradiation, quality, storage.

* Corresponding author E-mail: srastegar2008@gmail.com

مقدمه

میوهٔ خرما (*Phoenix dactylifera* L.) غنی از قندها، پروتئین‌ها، الیاف، عنصرهای غذایی و غیره است. به همین دلیل یک غذای اساسی در رژیم غذایی بسیاری از کشورها به‌ویژه در خاورمیانه و شمال آفریقا به شمار می‌آید (Al-Hooti *et al.*, 2002; Benmeddour *et al.*, 2013). یکی از مرغوب‌ترین انواع خرما، خرمای پیارم است که در منطقهٔ حاجی‌آباد واقع در استان هرمزگان کشت می‌شود. خرمای پیارم رنگ قهوه‌ای تیره و پوست نازکی دارد. محصول خرمای پیارم از سوی سازمان‌های تحقیقاتی داخلی و خارجی به‌عنوان رقم برتر کشور و حتی جهان معرفی شده است و جزء مرغوب‌ترین خرمای صادراتی کشور است. خرمای دیری جزء میوه‌های خشک بوده و روی درخت کامل خشک می‌شود. خرمای زاهدی نیز از رقم‌های خرمای خشک است که در مناطقی از کشور به‌عنوان قصب از آن نام برده شده است.

حفظ کیفیت خرما در تجارت داخلی و خارجی اهمیت زیادی دارد. با توجه به شرایط نامناسب انباری و فراهم شدن شرایط مناسب برای رشد آفات و بیماری‌ها، آلودگی میکروبی خرما، یکی از عامل‌های مهم ضایعات این محصول به شمار می‌آید. لذا برای جلوگیری از آسیب‌های وارده و حفظ کیفیت محصول باید محصول را ضدعفونی کرد. به‌طورکلی شناخته‌شده‌ترین روش‌های حفظ و نگهداری مواد غذایی شامل گرمادرمانی به‌صورت پختن، پاستوریزه و سترون (استریلیزه) کردن، سرد کردن به شکل انجماد یا نگهداری در دمای یخچال، تیمار با ازن، بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته، فرآوری دمایی مواد شیمیایی مانند کاربرد سموم تدخینی و روش‌های زیستی (بیولوژیکی) است (Homayouni *et al.*, 2015). این روش‌ها در کنار برتری‌هایی که دارند، عیب‌هایی نیز چون تأثیر محدود ازن بر تخم حشرات (Niakousari, 2010)، هزینهٔ بالای بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته و نیاز به نگهداری در یخچال و هزینهٔ بالای استفاده از سرما، خطرهای زیست‌محیطی، ترکیب‌های شیمیایی (متیل‌بروماید) و بیماری‌های چندی در مصرف‌کنندگان به دلیل انتقال باقی‌ماندهٔ سم به بدن آن‌ها و در نهایت کیفیت پایین خرمای خشک شده و امکان فساد آن با حشرات دارند.

استفاده از پرتودهی گاما، الکترون، تابش ایکس به‌عنوان یک تیمار به‌طور چشمگیری در سال‌های اخیر در حال افزایش است. تا به امروز، پرتودهی گاما به‌عنوان یک تیمار فیزیکی، به‌طور مؤثر برای مدیریت و مها (کنترل) آفات پس از برداشت برای جلوگیری از ضایعات محصولات غذایی استفاده شده است (Asha *et al.*, 2011). رادیکال‌های آزاد تولیدشده در گیاهان ضمن پرتودهی ممکن است به‌عنوان سیگنال‌های تنشی عمل کنند و پاسخ گیاهان به تنش را تهییج کرده و درنتیجه ساخت (سنتز) اسیدهای پلی‌فنلی را که خاصیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) قابل‌توجهی دارند، افزایش دهند (Fan *et al.*, 2003). تابش پرتو می‌تواند حشرات، انگل‌ها و عامل‌های بیماری‌زا را نابود کند و مدت‌زمان نگهداری محصولات غذایی را افزایش دهد. هنگامی‌که مواد غذایی تحت تابش اشعهٔ رادیواکتیو قرار بگیرند میزانی از اتم‌های آنکه در مسیر تابش قرارگرفته، یونیزه می‌شوند. کاهش شمار باکتری برای محدودسازی میزان فساد مادهٔ غذایی با اهمیت است، زیرا رشد و توسعهٔ باکتری‌ها در محیط، اثر مستقیم در میزان تخریب و تغییرپذیری کیفی محصول خواهد داشت. در پژوهشی، میوه‌های خرمای Aseel تحت تأثیر دُزهای پرتودهی گاما ۱/۵kG و ۵/۵، ۳/۲ قرار گرفتند و در مدت‌زمان ۳۰ روز در دمای یخچال (۴°C) انبارداری شدند. دُز پرتودهی ۳/۵kG و ۲/۵ در کاهش آلودگی میکروبی مؤثر بوده است، بااین‌حال، دُز ۳/۵kG بهترین دُز پرتودهی در کاهش آلودگی باکتریایی و قارچی به‌ویژه قارچ *Aspergillus niger* بوده است (Iqtedar *et al.*, 2015). در آزمایشی، تأثیر پرتوگاما بر رقم‌های Siwi از مصر، Sukkary از عربستان سعودی و زاهدی از عراق با دُزهای متفاوت پرتودهی گاما (۱kG و ۳، ۵) تیمار و پس از آن به مدت ۸ ماه در دمای ۲°C± ۲۵ انبار شده است. نتایج گویای آن بود که، در هر سه رقم وزن خشک و وزن گوشت در طول دورهٔ انبارداری کاهش یافت اما سرعت از دست دادن وزن در میوه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های تیمار شده است (Abd El Bar *et al.*, 2015). نتایج تحقیقات Farag *et al.* (2013) نشان می‌دهد، پرتودهی گاما تأثیر قابل‌توجهی بر صفات

کیفی میوهٔ خرما نداشته است اما موجب از بین رفتن کامل آفات و کاهش آلودگی میکروبی شده است.

با توجه به اهمیت اقتصادی خرما به‌ویژه رقم‌های تجاری مانند پیارم، تاکنون گزارشی از تأثیر پرتودهی گاما در افزایش کیفیت آن در مدت انبارمانی دیده نشده است. لذا هدف از این پژوهش بررسی تأثیر دُزهای پرتودهی kG ۰، ۱، ۳ و ۵ بر حفظ صفات کمی، کیفی و مهار میکروبی سه رقم خرمای خشک و نیمه‌خشک زاهدی، دیری و پیارم پس از چهار ماه انبارمانی است.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ مواد گیاهی

نمونه میوه‌های سالم، یکنواخت و بدون آسیب فیزیکی از دو رقم خرمای خشک شامل زاهدی و دیری و یک رقم خرمای نیمه‌خشک پیارم از منطقه‌ای واقع در باغستان حاجی‌آباد- هرمزگان با مشخصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۵۸ دقیقهٔ طول شرقی برداشت و به آزمایشگاه باغبانی دانشگاه هرمزگان انتقال داده شدند.

تیمار با پرتودهی گاما

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام شد. میوه‌ها با استفاده از دستگاه (گاماسل مدل:PX۳۰ ، سرعت دُز ۰/۴ G/sec) از رادیو ایزوتوپ کبالت۶۰ در پژوهشکدهٔ کشاورزی هسته‌ای کرج تحت تأثیر دُزهای ۵kG-۳-۱-۰ پرتودهی، آنگاه در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از چهار ماه میوه‌ها ازنظر ویژگی‌های کمی و کیفی و آلودگی میکروبی ارزیابی شدند.

درصد کاهش وزن میوه

وزن هر بسته خرما با ترازو دیجیتالی مدل (E1RR80, Switzerland) با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شد (Zhang *et al.*, 2002).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول

برای این منظور از دستگاه شکست‌سنج (رفرکتومتر، مدل ATC1 E, ATAGO، ساخت ژاپن) استفاده شد و عدد به‌دست‌آمده به‌صورت درصد (بریکس) بیان شد (Khan *et al.*, 2008).

اندازه‌گیری pH

میزان ۱۰ گرم از نمونهٔ پودرشده را با آب‌مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و pH آن با استفاده از pH متر دیجیتالی (PL-500,Taiwan) محاسبه شد (AOAC, 2000).

ارزیابی ظرفیت پاداکسندهٔ کل

ظرفیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) میوه‌ها، با خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد ۲و۲دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) تعیین شد. از روش Brand Williams *et al.* (1995)، برای اندازه‌گیری ظرفیت پاداکسندگی محلول حاصل در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر استفاده شد.

ارزیابی فلاونوئید

میزان ترکیب‌های فلاونوئیدی با استفاده از روش رنگ‌سنجی کلریدآلومینیوم تعیین شد و جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر، England UV-3200 Model Cecil 2501) خوانده شد (Chang *et al.*, 2002).

ارزیابی آنزیم پراکسیداز

برای اندازه‌گیری میزان کمی این آنزیم از روش Chance & Maehly (1955) استفاده شد و جذب نمونه‌ها به مدت یک دقیقه با فواصل ۱۰ ثانیه در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر جذب آن خوانده شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی با روش Martínez-Hernández *et al.* (2013) تجزیه‌وتحلیل شد. ویژگی‌های حسی به‌وسیلهٔ آزمون نظرسنجی گروهی (پانل) انجام شد و در آن صفاتی مانند طعم، عطر و تصمیم به خرید توسط چندین ارزیاب (زن و مرد) نیمه آموزش‌دیده بررسی شد.

درصد آفات

شمار میوه‌های آفت‌زده و درصد آفت هرکدام از آن‌ها اندازه‌گیری شد، نمونه‌گیری با میزان اختلاف شمار میوه‌های سالم اولیه و میوه‌های آفت‌زده شده در هر بسته محاسبه شد و به‌صورت درصد بیان شد.

تجزیهٔ میکروبی

هر نمونه خرما را با ۱۰ میلی‌لیتر محلول رقیق‌کننده سرم فیزیولوژی به مدت ۱۵ دقیقه شستشو داده شد و به میزان ۰/۱ میلی‌لیتر با میکروپیپت روی محیط کشت بلادآگار (Blood Agur) (برای آزمون میکروبی شمارش کلی باکتری‌ها)، محیط کشت پی‌دی‌ای (Potato dextrose Agur) (برای آزمون میکروبی شمارش مخمر) (Leboffe & Pierce, 2010) و محیط کشت سابرود دکستروز آگار (Sabouraud dextrose Agur) (برای آزمون میکروبی شمارش قارچ) منتقل شد و در سه تکرار به شکل سطحی کشت داده شد. پس از ۴۸-۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری در اتاقک رشد (انکوباتور) ۳۰°C، شمار پلیت‌هایی که آلوده شده بودند شمارش شد و توسعهٔ کلنی بر پایهٔ شمار در هر یک از تیمارها در مقایسه با نمونهٔ شاهد مشخص شد. شمار پرگنهٔ (کلنی) تشکیل‌شده برحسب Log cfu/g گزارش شد.

تجزیهٔ آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری داده با استفاده از نرم‌افزار ۹/۴ SAS و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار اکسل (Excel, 2013) انجام گرفت.

نتایج و بحث

بنابر نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۱)، برهمکنش دُزهای مختلف پرتودهی و رقم تفاوت معنی‌دار در سطح ($p<۰/۰۱$) نشان دادند.

درصد کاهش وزن

همان‌گونه که در مقایسهٔ میانگین مربوطه (شکل ۱) مشاهده می‌شود در هر سه رقم تیمار پرتودهی نقش مؤثری در جلوگیری از کاهش وزن خرما نشان داده است. اگرچه در رقم پیارم این تأثیر به‌طور قابل‌توجهی مشهود است. بیشترین درصد کاهش وزن مربوط به رقم پیارم بوده است. در رقم زاهدی تفاوت معنی‌داری بین دُزهای مختلف پرتودهی در سطح احتمال ۱درصد مشاهده نشد. کاهش وزن به‌طور عمده به دلیل از دست دادن آب سطح میوه‌ها است که درنتیجهٔ تنفس بالای میوه است (Sammi & Masud, 2007).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس صفات فیزیکوشیمیایی و میکروبی پس از چهار ماه انبارداری

Table 1. Analysis of variance for physicochemical and microbial parameters after 4 months

S.O.V	df	weight loss (%)	pH	T.S.S (%)	flavonoid (mg CEQ/100gFW)	ATC (mgFW)	POD (U/mgFW)
Treatment (A)	3	0.003**	0.31**	174.88**	16.8**	39.16**	0.24**
Cultivar (B)	2	0.02**	2.41**	39.16^{ns}	1002.28**	129.33**	2.63**
AB	6	0.001**	0.10*	27.75^{ns}	2.77**	4.79**	0.07**
Error	24	0.00003	0.03	12.56	0.44	1.28	0.007
C.V. (%)		3.91	3.49	5.28	4.09	5.93	10.15

ادامه جدول ۱. تجزیهٔ واریانس صفات فیزیکوشیمیایی و میکروبی پس از چهار ماه انبارداری

Continued table 1. Analysis of variance for physicochemical and microbial parameters after 4 months

S.O.V	df	Pests (%)	Sensory evaluation			Fungi (log cfu/g)	Bacteria (log cfu/g)
			Flavor	Smell	Decided to buy		
Treatment (A)	3	622.73**	0.08*	0.44**	1.60**	1.80**	0.73**
Cultivar (B)	2	249.62**	12.73**	12.37**	14.69**	4.06**	3.41**
AB	6	97.85**	0.23**	0.06*	0.55**	0.72**	0.87**
Error	24	0.27	0.03	0.02	0.06	0.03	0.003
C.V. (%)		6.52	4.68	4.47	7.99	12.08	13.76

** و *: به ترتیب نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

**, *; Significantly difference at 1 and 5% of probability levels, respectively.

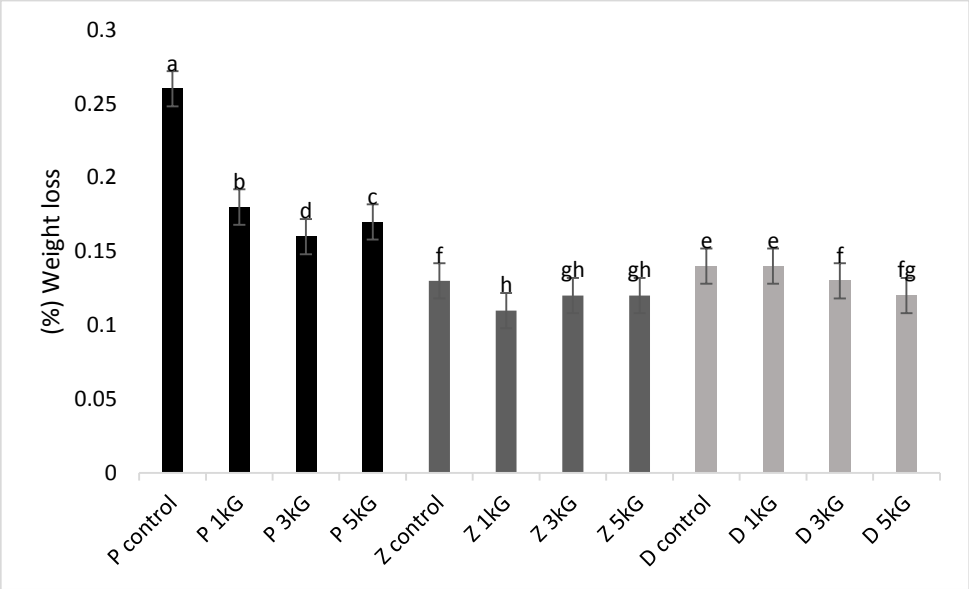
همسان نتایج این پژوهش، نتایج دیگر محققان نشان دادند، تیمار پرتودهی گاما به‌طور قابل‌توجهی موجب جلوگیری از کاهش وزن میوهٔ خرما می‌شود (El-Salhy & Fatemah 1998; Vincent & Lingered 2008; Saharan & Mehta, 2002; EL Deeb *et al.*, 2012). Abd El Bar *et al.* (2015) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، سرعت از دست‌دهی آب در میوه‌های شاهد بیشتر از خرماهای تیمارشده با پرتودهی گاما بوده است.

مواد جامد محلول

نتایج گویای آن است که، تأثیر تیمار بر مواد جامد محلول در سطح آماری ۱درصد معنی‌دار شد (جدول۱). پرتودهی گاما با افزایش دُز پرتودهی در میوهٔ خرما به‌طور قابل‌توجهی موجب بهبود مواد جامد محلول میوه شد. نتایج این پژوهش با نتایج بررسی‌های دیگر محققان همخوانی دارد (El-Salhy, 1998). آنان عنوان کردند که، مواد جامد محلول در خرمای پرتودهی‌شده نسبت به خرمای شاهد در سطح بالاتری قرار داشت. مواد جامد محلول، در طعم و بافت میوه مؤثر بوده و باعث شیرینی محصول می‌شود (Guerreiro *et al.*, 2016; Mortazavi *et al.*, 2010) و اغلب تحت تأثیر میزان قند میوه است (Adam *et al.*, 2014).

pH

بنابر جدول ۱ برهمکنش تیمار و رقم در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. مقایسهٔ رقم‌ها نشان داد، رقم دیری pH کمتری نسبت به رقم پیارم و زاهدی داشت. مقایسهٔ رقم‌های پرتودهی شده با شاهد نشان داد، به‌جز رقم زاهدی، pH در دو رقم دیگر تفاوت قابل‌توجهی نداشته است. بااین‌حال، در میوه‌های پرتودهی شده رقم زاهدی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). pH یا غلظت یون‌های H^+ در مزه تأثیر ندارد و اهمیت آن بیشتر به دلیل تأثیر بر واکنش‌های آنزیمی و فعالیت ریزجانداران یا میکروارگانیسم‌ها (مخمرها و باکتری‌ها) است (Garcia *et al.*, 2004). پرتودهی خرما موجب افزایش pH در خرما شده است. در نهایت، کاهش شمار ریزجانداران در خرماهای پرتودهی‌شده می‌تواند دلیلی بر تغییرپذیری خفیف‌تر pH در این گروه از خرما باشد (Al Jasser, 2010).



شکل ۱. تأثیر برهمکنش تیمار پرتودهی و رقم بر درصد کاهش وزن میوهٔ خرما
(حرف‌های یکسان بیان‌گر نبود اختلاف آماری در سطح ۱ درصد است).

Figure 1. Effect of interaction of irradiation treatment and cultivar on weight loss percentage of date fruits
(The same letters indicate no statistical difference at 1% level)

ظرفیت پاداکسندهٔ کل و فلاونوئید

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها برهمکنش دُزهای مختلف پرتودهی و رقم بر میزان پاداکسنده و فلاونوئید میوهٔ خرما در سطح ۱درصد معنی‌دار بود. بنابر جدول ۲ نتایج نشان داد، شاهد در هر سه رقم کمترین میزان پاداکسنده و فلاونوئید را داشته است و تیمار پرتودهی نقش مؤثری در بهبود پاداکسنده و محتوای فلاونوئید میوهٔ خرما داشته است. فعالیت پاداکسندگی به طیف گسترده‌ای از ترکیب‌های فنلی در خرما شامل، پی-کوماریک، فرولیک و سیناپیک‌اسید، فلاونوئیدها و پروسیانیدین‌ها نسبت داده می‌شود (Guo *et al.*, 2003). عصارهٔ میوهٔ خرما خاصیت پاداکسندگی قوی و فعالیت ضدجهش‌زایی بالایی دارد (Vayalil, 2002; Mansouri *et al.*, 2005). فرایند پرتودهی گاما، موجب بهبود بخشیدن به برخی ترکیب‌های غذایی میوه مانند حفظ ظرفیت پاداکسندگی می‌شود (Dixit *et al.*, 2010; Cabo Verde *et al.*, 2013). حفظ ظرفیت پاداکسندگی گیاه پس از پرتودهی به‌طور عمده در ارتباط با افزایش فعالیت آنزیم‌هایی (مانند فنیل‌آلانین آمونیا-لیاز و پراکسیداز) یا به دلیل افزایش جذب از بافت‌های قابل‌جذب توسط بسپارزایی (دپلیمریزاسیون) و از هم‌پاشیدن پلی‌ساکاریدهای دیوارهٔ یاخته‌ای است (Alothman *et al.*, 2009). فلاونوئید جز ترکیب‌های مهم فنلی گیاه است. برتری‌های بالقوهٔ سلامت این ترکیب‌های پلی‌فنلی به‌عنوان ترکیب‌های مهم در رژیم غذایی هستند (Rice-Evanc *et al.*, 1996). پرتوگاما، با اعمال تنش‌های خفیف اکسایشی به یاخته، باعث تجمع ترکیب‌های پاداکسنده از جمله ترکیب‌های فلاونوئیدی می‌شود (Sang *et al.*, 2006). همسان این پژوهش، افزایش در فعالیت سامانهٔ دفاعی پاداکسندگی ایجادشده توسط پرتودهی در دیگر محصولات کشاورزی گزارش شده است (Song *et al.*, 2006; Jeong *et al.*, 2003).

درصد آفات

بنابر نتایج جدول ۱ برهمکنش تیمار و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. با افزایش دُز پرتودهی درصد آفات در نمونه‌های تیمارشده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آفات مورد نظر در این پژوهش شامل شب‌پره (*Plodia interpunctella*) و کرم خرما (*Ectomyelois ceratomiae*) بودند. دُز پرتودهی ۵ kG در هر سه رقم خرما به‌طور کامل درصد آفات را مهار کرد (جدول ۲). رقم دیری کمترین درصد آفات را داشت و مشخص شد پرتودهی با دُزهای بالا بهترین تأثیر در از بین بردن تخم، لارو و حشرات بالغ دارد (Hasaballa & Boshra, 1992; Boshra & Ahmed, 1996).

جدول۲. مقایسهٔ میانگین برهمکنش تیمار پرتودهی و رقم در صفات اندازه‌گیری‌شده

Table 2. Mean comparison of interaction of irradiation treatment and cultivars on over 4th storage periods

Treatment	pH	Pests (%)	Flavonoid (mg CEQ/100gFW)	ATC (mgFW)	POD (U/mgFW)
Piarom control	5.18±0.10^{a}	23.26±0.03^{a}	23.43±0.13^{c}	18.45±0.63^{c-e}	1.08±0.07^{c}
Piarom 1kG	5.36±0.12^{a}	22.22±0.01^{b}	27.07±0.47^{b}	26.68±0.48^{a}	1.06±0.10^{c}
Piarom 3kG	5.27±0.07^{a}	0.00±0.00^{e}	27.80±0.70^{b}	22.40±0.64^{b}	1.44±0.05^{b}
Piarom 5kG	5.34±0.11^{a}	0.00±0.00^{e}	28.97±0.43^{a}	23.28±0.65^{b}	1.75±0.07^{a}
Zahidi control	4.65±0.13^{b}	22.22±0.02^{b}	9.87±0.44^{f}	13.72±0.62^{g}	0.34±0.02^{g}
Zahidi 1kG	5.46±0.09^{a}	11.11±0.02^{c}	11.37±0.26^{de}	17.27±0.74^{d-f}	0.38±0.02^{g}
Zahidi 3kG	5.46±0.07^{a}	5.55±0.01^{d}	11.10±0.15^{de}	17.34±0.92^{d-f}	0.45±0.04^{fg}
Zahidi 5kG	5.35±0.12^{a}	0.00±0.00^{e}	11.40±0.36^{de}	16.85±0.86^{ef}	0.56±0.02^{ef}
Deiri control	4.36±0.07^{b}	5.55±0.02^{d}	9.70±0.15^{f}	16.31±0.47^{f}	0.53±0.02^{f}
Deiri 1kG	4.61±0.13^{b}	5.55±0.04^{d}	10.57±0.33^{ef}	19.36±0.44^{c}	0.68±0.02^{de}
Deiri 3kG	4.56±0.09^{b}	0.00±0.00^{e}	11.90±0.45^{d}	18.80±0.69^{cd}	0.71±0.02^{d}
Deiri 5kG	4.41±0.07^{b}	0.00±0.00^{e}	12.00±0.32^{d}	18.56±0.49^{c-e}	0.71±0.02^{d}

میانگین‌های با حرف‌های همسان در هر ستون در سطح ۱ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD range tests at 1% level.

آنزیم پراکسیداز

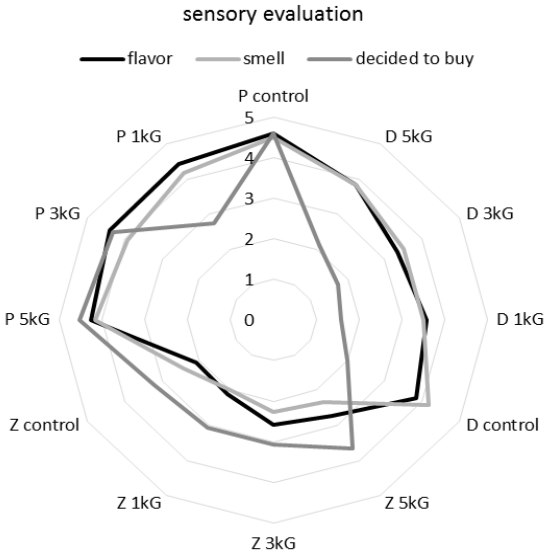
بنابر نتایج مقایسهٔ میانگین برهمکنش تیمار و رقم در این پژوهش مشخص شد تیمار پرتودهی موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر سه رقم با افزایش دُز پرتودهی شده است (جدول ۲). فعالیت اصلی پراکسیداز، اکسایش (اکسیداسیون) ترکیب‌های فنلی در حضور پراکسید هیدروژن است (Robinson, 1991). آنزیم پراکسیداز در فرایند قهوه‌ای شدن دخالت دارد (Dogan *et al.*, 2007; Al-Najada & Mohamed, 2014). برخلاف بسیاری از میوه‌ها، قهوه‌ای شدن آنزیمی توسط پراکسیداز ممکن است یک ویژگی اساسی میوهٔ خرما در مرحلهٔ تیمار باشد (Al-Najada & Mohamed, 2014). علت بالاتر بودن پراکسیداز در میوه‌های خرمای پرتودهی شده ممکن است به دلیل افزایش فعالیت سامانهٔ دفاعی دانست. پراکسیدازها در ساختمان دیوارهٔ ساختمان گیاهی مانند اکسایش گیاهی، چوب‌پنبه‌ای شدن و لیگنینی شدن در یاخته‌های گیاه میزبان علیه بیماری‌زاهای گیاهی فعالیت دارند (Kolattukudy *et al.*, 1992; (Chittoor *et al.*, 1999.

ارزیابی حسی

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، برهمکنش دُزهای مختلف پرتودهی و رقم، بر صفات طعم و تصمیم به خرید میوهٔ خرما در سطح ۱درصد معنی‌دار بود. مقایسهٔ رقم‌ها نشان داد، خرمای رقم پیارم نسبت به رقم زاهدی و دیری در فراسنجه (پارامتر)های اندازه‌گیری‌شده صرف‌نظر از پرتودهی، از نگاه ارزیاب‌ها پذیرفته‌تر بود و به‌طورکلی، تمایل به خرید در این رقم بیشتر بود. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود پرتودهی در دُز ۵kG و۳ بهترین نتیجه را در ارزیابی حسی در بر داشت. ویژگی حسی هر مادهٔ غذایی به‌طور قابل‌توجهی در ارتباط با پذیرش یا عدم پذیرش مصرف‌کننده است. بنابراین ارزیابی حسی غذا با استفاده از ارزیاب‌کننده‌ها به‌طورمعمول توسط کارشناس غذا برای کمک به ارزیابی پذیرش هر محصول غذایی جدید انجام می‌پذیرد (Dzogbefia & Djokoto, 2006). نتایج این پژوهش با نتایج بررسی‌های Iqtedar *et al.* (2015) همخوانی دارد.

آلودگی کلی قارچ و باکتری‌ها

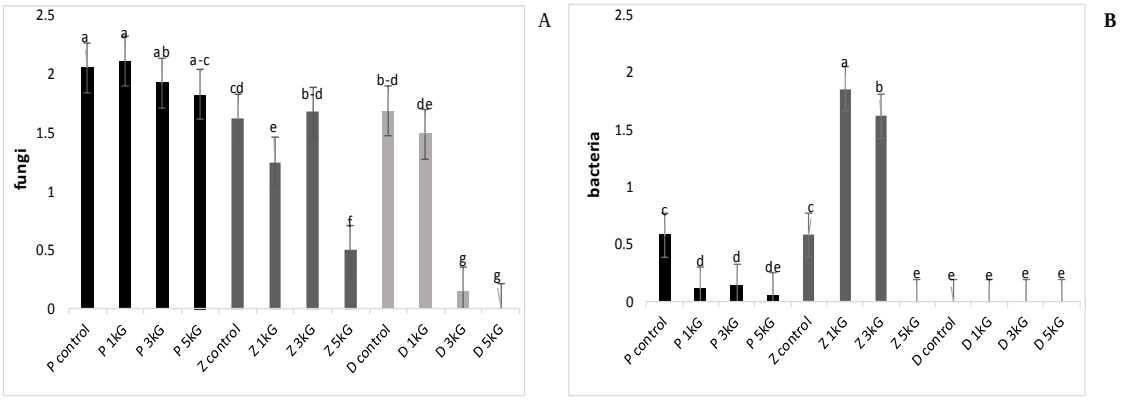
بنابر نتایج مقایسهٔ میانگین (شکل ۳) مشخص شد که، شمار کلنی قارچ در رقم پیارم تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشته است. و نسبت به دو رقم دیگر سطح آلودگی بالاتری دارد. در رقم زاهدی و دیری با افزایش دُز پرتودهی شمار کلنی قارچ کاهش‌یافته است (به‌استثنای ۳kG در رقم زاهدی).



شکل ۲. تأثیر برهمکنش تیمار پرتودهی و رقم بر ارزیابی حسی میوهٔ خرما

Figure 2. Effect of interaction of irradiation treatment and cultivar on sensory evaluation of date fruits

*(P): Piarom, *(Z): Zahidi and *(D): Deiri



شکل ۳. تأثیر برهمکنش تیمار پرتودهی و رقم: الف) بر شمار کلنی قارچ میوهٔ خرما، ب) بر شمار کلنی باکتری میوهٔ خرما (حرف‌های یکسان بیان‌گر عدم اختلاف آماری در سطح ۱ درصد است).

Figure 3. Effect of interaction of irradiation treatment and cultivar on (A) the number of fungi colonies of date fruit, (B) the number of bacteria colonies of date fruit
(The same letters indicate no statistical difference at 1% level)

در بررسی آلودگی باکتریایی شامل کوکسی گرم مثبت، کوکسی گرم منفی، باسیل گرم مثبت، باسیل گرم منفی و باکتری اسپوردار نیز رقم‌های مختلف نتایج متفاوتی نشان دادند. رقم دیری در شاهد و تیمار هیچ‌گونه کلنی باکتری نشان نداد. در رقم پیارم به ترتیب با افزایش دُز پرتودهی شمارکلنی باکتری نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در رقم زاهدی باکتری‌های کوکسی گرم مثبت، باسیل گرم مثبت و باکتری اسپوردار در شاهد و دُزهای ۱و ۳ کیلوگرمی مشاهده شد. درحالی‌که در بالاترین دُز پرتودهی (۵kG) هیچگونه کلنی باکتری مشاهده نشد. قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر (*Aspergillus niger*)، موکور (*Mucor* sp.)، کلادوسپوریوم (*Cladosporium* sp.) رایزوموکور (*Rhizomucor* sp.) و آکرومونیوم (*Acremonium* sp.) از جمله قارچ‌های مورد بررسی در رقم‌های مختلف بودند که قارچ *Aspergillus niger*، و پس از آن *"Rhizomucors* عمده‌ترین قارچ شناسایی‌شده در هر سه رقم خرما بودند. میوهٔ خرمای خشک با ۲۰درصد رطوبت یا کمتر، به‌طور عمده میزان قارچ و مخمری کمتری دارد (Kader & Hussein, 2009). همسان نتایج این پژوهش، Yook *et al.* (2003) و Guerreiro *et al.* (2016) مشاهده کردند، پرتودهی گاما موجب کاهش شمار کلنی باکتری، قارچ و مخمر در کیم‌چی و کاهش جمعیت باکتری در گوجه‌فرنگی شده است. باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها از مهم‌ترین عامل‌های ایجادکنندهٔ بیماری‌های ناشی از مواد غذایی هستند (Loir *et al.*, 2003). نتایج تحقیقات نشان می‌دهند، پرتودهی گاما در مهار جمعیت آلودگی میکروبی خرما نقش بسزایی دارد. نتایج این پژوهش با Farag *et al.* (2013) و با گزارش‌های Mali *et al.* (2012) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد، تأثیر پرتودهی گاما بسته به رقم خرما و دُز پرتودهی متفاوت است. گرچه پرتودهی گاما در هر سه رقم نقش مؤثری در مدیریت و مهار آفات و آلودگی‌های قارچی و باکتریایی نشان داد، اما کمترین آلودگی و آفات در رقم دیری مشاهده شد. در رقم دیری با توجه به قابلیت مهار آفات و آلودگی باکتریایی و قارچی و از سویی حفظ ترکیب‌های مختلف خرما، دُز ۳ kG را می‌تواند توصیه کرد. اما برای رقم زاهدی برای مهار آفت و آلودگی همچنین قابلیت پذیرش بهتر، دُز بالاتر(۵kG) توصیه می‌شود. در رقم پیارم نیز دُز ۳ kG ازنظر مهار آفت و آلودگی باکتریایی و قابلیت پذیرش بالا، مؤثر واقع بود.

REFERENCES

1. Adam, M. Y., Elbashir, H. A. & Ahmed, A. H. R. (2014). Effect of gamma radiation on tomato quality during storage and processing. *Journal of Biological Sciences*, 6(1), 20-25.
2. Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M. & Al-Othman, A. (2002). Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. *Food Chemistry*, 79, 215-220.
3. Al Jasser, M. S. (2010). Effect of storage temperatures on microbialload of some dates palm fruit sold in SaudiArabiamarket. *African Journal of Food Science*, 4, 359-363.
4. Al-Najadaa, A. R. & Mohamed, S. A. (2014). Changes of antioxidant capacity and oxidoreductases of Saudi datecultivars (*Phoenix dactylifera* L.) during storage. *Science Horticultural*, 170, 275-280.
5. Alothman, M., Bhat, R. & Karim, A. A. (2009). Effects of Radiation Processing on Phytochemicals and Antioxidants in Plant Produce. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 201-212.
6. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists 16th ed., Washington D.C.
7. Asha, P., Vadivu, S. K. & Rajeswari, N. (2011). Effect of gamma radiation on flexible food packaging material. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 2, 151-156.
8. Barreveld, W. H. (1994). Date palm products, Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO. *Agricultural Services Bulletin*, No 101. 216p. F.A.O., Rome.
9. Boshra, S. A. & Ahmed, Z. A. (1996). The Egyptian society of nuclrar sciences and applications. *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*, 26, 79p.
10. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
11. Benmeddour, Z., Mehinagic, E., Le Meurlay, D. & Louaileche, H. (2013). Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars: a comparative study. *Journal of Funct Foods*, 5, 346-354.
12. Chance, B. & Maehly, A. C. (1995). Assay of peroxidases. *Methods Enzymology*, 11,755-764.
13. Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in Propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.
14. Chittoor, J. M., Leach, J. E. & White, F. F. (1999). In: Datta, S. K., Muthukrishnan, S. (Eds.), *Induction of peroxidase during defense against pathogens.* (291p.) Pathogenesis: Related Proteins in Plants.
15. Cabo Verde, S., Trigo, M. J., Sousa, M. B., Ferreira, A., Ramos, C., Nunes, I. & Botelho, M. L. (2013). Effects of gamma radiation on raspberries: Safety and quality issues. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 76(4-5), 291-303.
16. Dixit, A., Bhatnagar, D., Kumar, V., Rani, A., Manjaya, J. & Bhatnagar, D. (2010). Gamma irradiation induced enhancement in isoflavones, total phenol, anthocyanin and antioxidant properties of varying seed coat colored soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 4298-4302.
17. Dogan, S., Turan, P., Dogan, M., Arslan, O. & Alkan, M. (2007). Variations of peroxidase activity among Salvia species. *Journal of Food Engineering*, 79, 375-382.
18. Dzogbefia, V. P. & Djokoto, D. K. (2006). Combined effects of enzyme dosage and reaction time on papaya juice extraction with the aid of pectic enzymes-a preliminary report. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 117-122.
19. EL Deeb, H. M., El- Naggar, M. A. & Megahed, M. I. (2012). Improving fruit quality and prolonging the marketable periods to reduce the infection with insect and fungi of some dry date fruits. In: *Proceedings of the Fifth International Date Palm Conference*, 139-150.
20. El-Salhy, F. T. A. (1998). *Effect of gamma rays on fruit storage of some date palm cultivars*. M.Sc. thesis, Moshtohor, Zagzig University, Egypt, 147p.
21. Fan, X., Toivonen, P. M. A., Rajkowski, K. T. & Sokorai, K. (2003). Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduced undesirable effects of irradiation on the quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Journal of Agriculture and Food Chemistery*, 51, 1231-1236.
22. Farag, S. E. A., Shaltoot, A., Emam, M., El Nawawey, M. & El Dien, A. E. (2013). Physicochemical-Microbiological Studies on Irradiated Date Fruits with Studying Migration Monomers of Packages Materials. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 5(1), 006-012.
23. Garcia, J. C., Valdivia, C. B. P., Martinez, Y. R. & Hernandez, M. S. (2004). Acidity changes and pH-buffering capacity of Nopalitos. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 169-174.
24. Guerreiro, D., Madureira, J., Silva, T., Melo, R., Santos, P. M. P., Ferreira, A., Trigo, M. J., Falcão, A. N., Margaça, F. M. A. & Verde, S. C. (2016). Post-harvest treatment of cherry tomatoes by gamma radiation: Microbial and physicochemical parameters evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 1-9.

25. Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. & Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719-1726.
26. Homayouni, A., Azizi, A., Keshtiban, A., Amini, A. & Eslami, A. (2015). Date canning: a new approach for the long time preservation of date. *Journal of Food Science Technology*, 52(4), 1872-1880.
27. Iqtedar, M., Sarfraz, B., Abdullah, R., Kaleem, A. & Naz, S. (2015). Effect of γ-irradiation doses on the sensory and microbial quality of dates (*Phoenix dactylifera*). *Biologia*, 61(2), 227-233.
28. Kader, A. A. & Hussein, A. (2009). *Harvesting and postharvest handling of dates*. ICARDA, Aleppo. 15p.
29. Khan, A. S., Singh, Z., Abbasi, N. A. & Swinny, E. E. (2008). Pre or post-harvest application of putrescine and low temperature storage affect fruit ripening and quality of Angelino plum. *Science of food and Agriculture*, 88, 1686-1695.
30. Leboffe, M. J. & Pierce, B. E. (2010). *Microbiology: Laboratory theory and application* (3rd ed). Morton Publishing Company. Colorado, U.S.A. 35- 176.
31. Loir, Y. L., Baron, F. & Gautier, M. (2003). Staphylococcus aureus and food poisoning. *Genetics and Molecular Research*, 2, 63-76.
32. Mali, A. B., Khedkar, K. & Lele, S. S. (2011). Effect of gamma irradiation on total phenolic content and in vitro antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels. *Food and Nutrition Sciences*, 2,428-433.
33. Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E. & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Chemistry*, 89, 411-420.
34. Martínez-Hernández, G. B., Artés-Hernández, F., Gómez, P. A., Formica, A. C. & Artés, F. (2013). Combination of electrolyzed water, UV-C and superatmospheric O_2 packaging for improving freshcut broccoli quality. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 125-134.
35. Mortazavi, S. M. H., Arzani, K. & Barzegar, M. (2010). Analysis of Sugars and Organic Acids Contents of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Barhee during Fruit Development. *Acta Horticulturae*, 882, 793-801.
36. Mortazavi, S. M. H., Arzani, K. & Barzegar, M. (2007). Effect of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Postharvest Quality and Shelf Life of Date Fruits in Khalal Stage. *Acta Horticulturae*, 736, 471-477.
37. Niakousari, M., Erjaee, Z. & Javadian, S. (2010). Fumigation characteristics of ozone in postharvest treatment of kabkab dates (*Phoenix dactylifera* L.) against selected insect infestation. *Journal of Food Protection*, 73(4), 763-768.
38. Pek, Z., Helyes, L. & Lugasi, A. (2010). Color changes and antioxidant content of vine and postharvest ripened tomato Fruits. *Horticultural Science*, 45, 466-468.
39. Rice-Evans, C. A., Miller, N. J. & Paganga, G. (1996). Structure– antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20, 933-956.
40. Robinson, D. S. (1991). *Peroxidase and their significance in fruits and vegetables*. In: Fox, P.F. (Ed.). (63p). Food enzymology NewYork.
41. Saharan, G. S. & Mehta, N. (2008). *Sclerotinia Diseases of Crop Plants: biology, Ecology and Disense Management.* (485p). Springer Science & business Media b.V. Publishing.
42. Sammi, G. S. & Masud, T. (2007). Effect of different packaging systems on storage life and quality of tomato during different ripening stages, *International Journal of Food Safety*, 9, 37-44.
43. Song, H. P., Kim, D. H., Jo, C., Lee, C. H., Kim, K. S. & Byun, M. W. (2006). Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. *Food Microbiol*ogy, 23, 372-378.
44. Vayalil, P. K. (2002). Antioxidant and antimutagenic properties of aqueous extract of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) Arecaceae. *Journal of Agriculture and Food Chem*istry, 50, 610-617.
45. Vincent, I. E. & Lingered, D. L. (2002). Hydrogen phosphate and ethyl format: fumigation of insect's infestation of dates and other dried fruits. *Journal of Economic Entomology*, 65, 1167p.
46. Yook, H. S., Kim, D. H., Song, H. P., Lee, H. J. & Byun, M. W. (2003). Effect of Gamma irradiation on the Fermentative Microorganisms and Lactate Dehydrogenase Activity in Kimchi at Different Fermentative Stages. *Journal of Food Science and Nutrition*, 8, 265-269.
47. Zhang, M., Tao, Q., Huan, Y., Wang, H. & Li Li, C. (2002). Effect of temperature control and high humidity on the preservation of JUFENG grapes. *International Agrophysics*, 16(4), 277-282.