

Research Article

Plant Prod., 2020, 43(3), 409-418  
DOI: 10.22055/ppd.2019.28168.1703

ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## Effect of Different Concentrations of Spermidine at Different Harvesting Times on the Quality of Apricot Fruits "Shahroudi" Cultivar

Jassim Taha<sup>1</sup> and Jafar Hajilo<sup>2\*</sup>

- 1- M.Sc. Graduate of Horticulture,, University of Tabriz of Agricultural Science, Department of Horticultural Science, Tabriz, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran (j\_hajilou@tabrizu.ac.ir)

Received: 8 January, 2019

Accepted: 2 October, 2019

### Abstract

#### Background and Objectives

Apricot is one of the most important horticultural crops because of its attractive taste and nutritive value. Different cultivars of apricot contain highly variable content of ascorbic acid, carotenoids, and phenolic compound, which are good sources of antioxidant. Fruit quality is an important trait for consumers and producers. The purpose of this work was to estimate the effects of pre-harvest application of polyamines on quality characteristics of apricot fruits at the end of fruit ripening process.

#### Materials and Methods

The experiment was carried out as a factorial based on the randomized complete block design (three concentrations of spermidine at three harvesting time) with four replications. The selected branches of trees were sprayed as a pre-harvesting application method by three concentrations of spermidine (0, 2, and 3 milli molar) 7 days before commercial harvesting time. Fruits were harvested during harvesting times (3 days interval) and then some fruit characteristics such as total soluble solids (TSS), total acidity (TA), vitamin C, firmness of fruit tissue, pH of fruit extract, total phenol, flavonoid, and total antioxidant capacity were measured in the laboratory of flower biology and fruit growth development at the department of horticulture, faculty of agriculture, university of Tabriz.

#### Results

The results showed that the effects of different harvesting times were significant regarding all traits. The best results were observed in 3 mM spermidine and this treatment improved all the measured characteristics of fruit. The highest value of total antioxidant capacity (3.01%), vitamin C (3.29%), and fruit firmness (3.27%) were found in 3 mM spermidine at three harvesting times. In some characteristics such as TSS and TA, there was no significant difference between 2 and 3 mM spermidine, but among treated and non-treated fruit a full significant difference was observed. We assume that the second harvesting time can be the best harvesting time regarding fruit quality parameters. During fruit ripening, the amount of TSS and TA increased, while



firmness, total phenolic, and flavonoids compounds and total antioxidant capacity decreased gradually.

### **Discussion**

Fruit physicochemical properties are very important for understanding the product behaviour during the harvesting, transporting, packaging, and storing of fruit crops. The results of this study showed that the pre-harvesting application of polyamines delayed the ripening and increased the quality of fruit during the different harvestings times.

**Keywords:** Harvesting time, Pre-harvesting treatment, Quality characteristics, Total antioxidant capacity

Plant Prod., 2020, 43(3), 409-418  
DOI: 10.22055/ppd.2019.28168.1703

ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر کیفیت میوه زردآلو رقم شاهرودی طی مراحل مختلف برداشت

جسیم طه<sup>۱</sup> و جعفر حاجی‌لو<sup>۲\*</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- \*نویسنده مسئول: استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (J\_hajilou@tabrizu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸

### چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر تیمار قبل از برداشت اسپرمیدین در مراحل مختلف رسیدگی میوه زردآلوی رقم شاهرودی با توجه به زمان‌های برداشت بود. میوه‌های زردآلو با سه تیمار اسپرمیدین (صفر، ۲ و ۳ میلی‌مولار) در سه زمان برداشت در مزرعه تحقیقات خلعت پوشان وابسته به دانشگاه تبریز (سیزدهم، شانزدهم و نوزدهم تیرماه ۱۳۹۶) در چهار تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی تیمار شدند. صفات کیفی اندازه‌گیری شده شامل مواد جامد محلول کل (TSS) اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، ویتامین ث، سفتی بافت میوه، pH، عصاره میوه، فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بودند. نتایج نشان داد صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند و در زمان‌های مختلف برداشت تغییر کردند. تیمار سه میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین نتیجه را در میان تیمارها به خود اختصاص داد و باعث شد صفات کیفی اندازه‌گیری شده بهبود یابند. تیمار سه میلی‌مولار اسپرمیدین در طول هر سه مرحله بیشترین تأثیر را روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (۳/۰۱ درصد)، ویتامین ث (۲۹/۳ درصد) و سفتی بافت (۲۷/۳ درصد) میوه داشت. میان تیمار دو و سه میلی‌مولار اسپرمیدین در صفاتی مانند TSS و TA اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. در میان برداشت‌ها، برداشت دوم (برداشت تجاری) از نظر حفظ کیفیت میوه‌ها بهترین برداشت بود و باعث شد که صفات ارزیابی شده در تعادل باشند.

کلیدواژه‌ها: تیمارهای قبل برداشت، زمان برداشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، ویژگی‌های کیفی

### مقدمه

بازاررسانی محصولات کشاورزی نیازمند استفاده از روش‌های مختلف مراقبت در قبل و بعد از برداشت میوه است تا کیفیت میوه به مدت طولانی تری حفظ شود. ترکیبات طبیعی مانند پلی‌آمین‌ها می‌توانند در فرمولاسیون‌های کشاورزی در قبل از برداشت و پس از برداشت مورد استفاده قرار گیرد که معمولاً از نظر اقتصادی به صرفه می‌باشند (Serrano et al., 2004). پلی‌آمین‌ها

محصولات باغی به خصوص میوه‌ها، در طول برداشت و بعد از برداشت دچار خسارت‌های زیادی می‌شوند که جبران این خسارت‌ها بسته به میوه متفاوت می‌باشد. امروزه محققان به منظور افزایش کیفیت میوه‌ها دنبال ترکیباتی هستند که به سادگی در دسترس، و برای سلامتی انسان و محیط مضر نبوده در عین حال گران قیمت نباشند. بنابراین،

این‌رو می‌توان پلی‌آمین‌ها را به‌صورت قبل از برداشت برای حفظ کیفیت میوه‌ها استفاده کرد. در این تحقیق اثر تیمار قبل از برداشت اسپرمیدین در طی سه زمان مختلف برداشت روی بعضی از صفات کیفی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه زردآلو (رقم شاهرودی) مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی

این تحقیق در تیر ماه سال ۱۳۹۶ در آزمایشگاه بیولوژی گلدهی و فیزیولوژی و رشد و نمو میوه، گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گرفت، مواد گیاهی از کلکسیون درختان هسته‌دار ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انتخاب شدند. در این آزمایش درختان زردآلوده سه ساله رقم شاهرودی (پیوندشده روی پایه‌های بذری). پس از انتخاب اتیکت گذاری شدند، سپس میوه‌ها با سه غلظت مختلف اسپرمیدین (صفر، ۲ و ۳ میلی‌مولار) یک هفته قبل از رسیدن تجاری محلول‌پاشی شده و با فاصله سه روز از هم میوه‌ها برداشت شدند، سپس میوه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منقل شدند و بعضی از پارامترهای کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه اندازه‌گیری شدند.

### اندازه‌گیری صفات کیفی

#### سفتی بافت

سفتی بافت با استفاده از دستگاه پترومتر (Penetrometer, Italy) مدل FT 011، در سه عدد میوه در هر تکرار از دو سمت مقابل هم و بعد از برداشتن پوست میوه انجام شد. سفتی بافت بر اساس نیروی لازم جهت نفوذ میله (تا محل مشخص شده) در میوه تعیین و بر حسب نیوتن بیان شد.

#### مواد جامد محلول کل (TSS)

میزان مواد جامد محلول کل (بریکس) با دستگاه رفرآکتمتر (Refractometer) مدل PAL-1 اندازه‌گیری گردید.

#### اسیدیته قابل تیتراسیون کل

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون کل از روش

ترکیبات بیولوژیکی فعال با وزن مولکولی پایین و دارای گروه‌های ازت دار خطی و چربی دار هستند که تقریباً در همه موجودات زنده یافت می‌شوند و در طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان، تحریک تقسیم سلولی، سنتز DNA و پروتئین‌ها، شکستن رکود غده‌ها و جوانه‌زنی بذور، کنترل ریشه‌زایی، جنین‌زایی، پیری و ریزش بافت‌ها و اندام‌ها، گل‌انگیزی و نمو اندام‌های زایشی، تشکیل، رشد و رسیدن میوه‌ها و واکنش به تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده) نقش ایفا می‌کنند. از اثرات اصلی آن‌ها در میوه‌ها می‌توان به تأخیر در تغییر رنگ، افزایش سفتی میوه، تأخیر در تولید اتیلن و کاهش تنفس، القاء مقاومت به بیماری‌ها و کاهش علائم سرمازدگی اشاره کرد (Galston and Sawhney, 1990).

پلی‌آمین‌ها پیش ماده تعداد زیادی از متابولیت‌های ثانویه از جمله آلکالوئیدهای تروپان و فرم‌های اتصالی سینامیک اسید هستند که نقش اساسی در مکانیسم‌های دفاعی گیاه ایفا می‌کنند. پلی‌آمین‌ها به انواع مختلف پروتئین‌ها از جمله آنزیم‌های متعددی که فعالیت آن‌ها مستقیماً به واسطه اتصال پلی‌آمین‌ها تنظیم می‌شود، اتصال می‌یابند (Fahimi, 1997).

پلی‌آمین‌ها با تشکیل یک زنجیره آمید به‌صورت ترکیبی در می‌آیند، که برای تنظیم غلظت پلی‌آمین‌های درون سلولی اهمیت دارند (Asna Ashrai and Zakai, 2008)، این ترکیبات به عنوان شروع‌کننده چرخه‌های انتقال علائم یا تنظیم‌کننده رشد عمل می‌کنند که باعث ایجاد مقاومت در مقابل عوامل نامساعد می‌گردند و به‌طور کلی چون محصولات برداشت‌شده بیشتر در معرض عوامل نامساعد هستند وجود پلی‌آمین‌ها و ترکیبات کمپلکس آن‌ها برای حفظ ساختار سلول و ایجاد مقاومت در مقابل عوامل نامساعد ضروری می‌باشد (Bagni and Tassoni, 2001).

معمولاً غلظت پلی‌آمین‌ها طی پیری بافت کاهش می‌یابد و به نظر می‌رسد این کاهش دلیل شروع یا تشدید تولید اتیلن از طریق تحریک تولید ACC استاز و یا افزایش حساسیت بافت به اتیلن باشد (Valero et al., 2002) از

تهیه شده DPPH (۶۰ میکرومول در لیتر) اضافه شد و در شرایط تاریکی در دمای اتاق ورتکس گردید. بعد از ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی جذب نمونه ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه گیری شد.

### تجزیه آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار (فاکتور اول شامل سطوح مختلف اسپرمیدین و فاکتور دوم سه زمان برداشت) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS24 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

### نتایج و بحث

#### TSS، pH و TA

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اسپرمیدین می‌تواند بر همه صفات در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی داری ایجاد کند، اما اثر متقابل تیمار و زمان برداشت فقط در صفات سفتی، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل اثر معنی دار داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که TSS و pH توسط اسپرمیدین به‌طور قابل توجهی نسبت به شاهد کاهش می‌یابند اما میزان TA در طول دوره‌های برداشت در تمامی میوه‌ها کاهش یافت، اما با تیمار اسپرمیدین میزان اسیدیته کل افزایش یافت ولی بین تیمار دو و سه میلی مولار اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۲).

نقش پلی‌آمین‌ها در کاهش TSS و pH ممکن است به دلیل کاهش میزان تنفس (Valero et al., 2002) و سنتز اتیلن (Barman et al., 2011) باشد که پس از آن فرآیند رسیدن به تأخیر می‌افتد. نتایج مشابهی در هلو (Zokaee Khosroshahi and Esna-Ashari, 2008) و گلابی (Hosseini et al., 2017) گزارش شده است. افزایش TA در میوه‌های تیمار شده ممکن است به این دلیل باشد که افزایش تنفس و تولید اتیلن منجر به مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترا تنفسی می‌شود احتمال دارد که کاربرد پلی‌آمین‌ها منجر به کاهش مصرف اسیدهای آلی شده و در

تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد (Horwitz et al., 1975).

#### pH عصاره میوه

pH عصاره میوه با استفاده از pH متر مدل HI 9811 اندازه گیری شد.

#### اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

برای اندازه‌گیری ویتامین ث میوه‌ها از روش تیتراسیون با رنگ ۲ و ۶ دی کلروفل ایندوفنل ناتریوم (AOAC, 1984) استفاده شد. برای این منظور ده گرم میوه با مخلوط کن برقی به همراه چند میلی‌لیتر اسید متافسفریک سه درصد کاملاً له گردیده مخلوط کن با اسید متافسفریک سه درصد شستشو داده و حجم کل مخلوط با اسید متافسفریک به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. بعد از عبور دادن از صافی ده میلی‌لیتر از محلول باقی‌مانده را برداشته و با رنگ دی کلروفل ایندوفنل ۰/۰۴ درصد تیتراژ گردید. پایان تیتراسیون زمان ظهور رنگ ارغوانی کم‌رنگ به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه بود. میزان اسید آسکوربیک بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه بیان شد.

#### محتوای ترکیبات فنلی

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی در عصاره متانولی با استفاده از معرف Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2002) صورت گرفت. عصاره میوه‌ها با فولین سیوکالتو و محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد مخلوط و بعد از دو ساعت نگهداری در تاریکی و دمای اتاق، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از اسید گالیک تهیه گردید.

#### فلاونوئید کل

به روش کلرومتری بر اساس روش (Chang et al., 2002) اندازه‌گیری شد برای تهیه منحنی استاندارد کورستین استفاده شد و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت شد.

#### ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

با استفاده از روش DPPH اندازه‌گیری شد (Brand-Williams et al., 1995). ۲۵ میکرولیتر از عصاره متانولی، ۲۵ میکرولیتر آب مقطر به ۱۹۵۰ میکرولیتر محلول تازه

دو میلی‌مولار اسپرمیدین در برداشت اول و کمترین سفتی را شاهد در برداشت سوم داشتند (شکل ۱). افزایش سفتی با تیمار پلی‌آمین ممکن است به دلیل توانایی این ترکیبات با اتصال به مواد پکتیکی و ایجاد استحکام دیواره سلولی (Perez-Vicente et al., 2002) و مهار فعالیت پلی‌گالاکتروناز و اندو پلی‌گالاکتروناز و پکتین استراز باشد (Khan and Singh, 2007). نتایج هم‌سویی در آلو ژاپنی (Khan and Singh, 2010) در مورد افزایش سفتی گزارش شده است.

نتیجه مقدار TA نسبت به شاهد در میوه‌های تیمار شده بیشتر می‌باشد که نتایج مشابه در میوه‌های انار گزارش شده است (Mirdehghan et al., 2007).

### سفتی بافت میوه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سفتی بافت میوه با افزایش غلظت اسپرمیدین افزایش یافت به طوری که در میان تیمارها بیشترین سفتی مربوط به تیمار سه میلی‌مولار اسپرمیدین در برداشت اول (۳/۲۷ درصد) و بعد از آن تیمار

**Table 1. Analysis of variance, the effect of pre-harvest treatment of spermidine on measured traits in apricot fruit "Shahroodi" cultivar at three harvesting time**

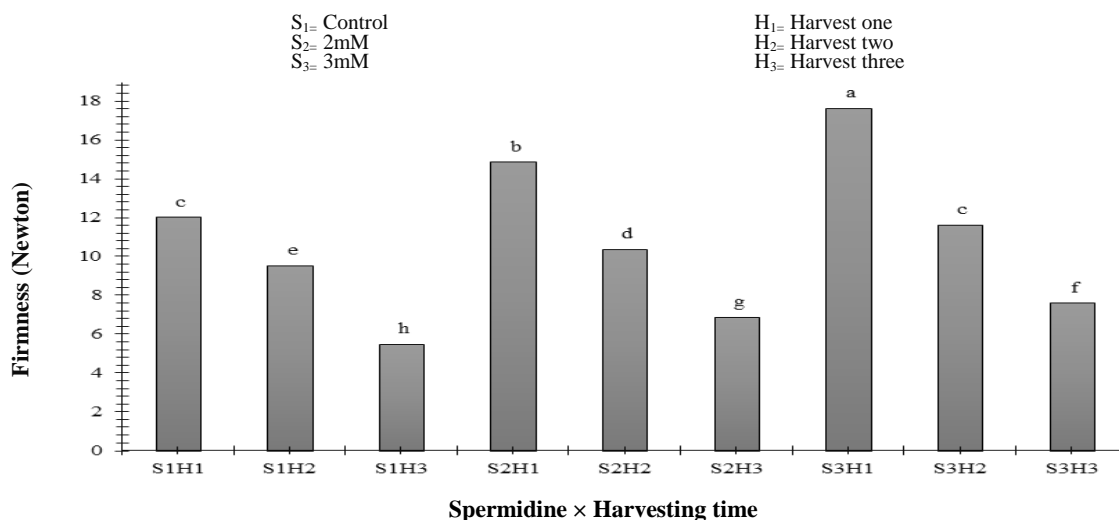
Sources of variance	df	Means squares							
		TSS	TA	pH	Firmness	Vitamin C	Total phenol	Flavonoids	Antioxidant capacity
Block	3	0.308 <sup>ns</sup>	0.010 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	0.168 <sup>ns</sup>	13.130 <sup>ns</sup>	0.370 <sup>ns</sup>	0.589 <sup>ns</sup>
Treatment	2	3.814 <sup>**</sup>	0.034 <sup>**</sup>	0.166 <sup>**</sup>	32.021 <sup>**</sup>	34.489 <sup>**</sup>	3673.248 <sup>**</sup>	6.090 <sup>**</sup>	28.061 <sup>**</sup>
Harvest	2	15.259 <sup>**</sup>	0.066 <sup>**</sup>	0.760 <sup>**</sup>	200.949 <sup>**</sup>	1.948 <sup>**</sup>	2021.903 <sup>**</sup>	3.551 <sup>**</sup>	83.497 <sup>**</sup>
Harvest × Treatment	4	0.261 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.016 <sup>**</sup>	4.242 <sup>**</sup>	0.138 <sup>ns</sup>	46.407 <sup>**</sup>	0.527 <sup>ns</sup>	1.679 <sup>**</sup>
Error	24	0.434	0.004	0.002	0.155	0.073	7.019	0.305	0.243
C.V.(%)	-	2.97	7.90	1	3.68	3.67	1.43	12.28	0.54

ns, \*, \*\* Non significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

**Table 2. Effect of pre-harvesting treatment of spermidine on measured traits in apricot fruit "Shahroodi" cultivar**

Treatments	Mean of comparison							
	TSS	TA	pH	Firmness	Vitamin C	Total phenol	Flavonoids	Antioxidant capacity
0	16.275 <sup>a</sup>	0.738 <sup>a</sup>	4.56 <sup>a</sup>	9.02 <sup>c</sup>	5.47 <sup>c</sup>	166.12 <sup>c</sup>	3.93 <sup>b</sup>	88.60 <sup>c</sup>
mM 2	15.425 <sup>b</sup>	.828 <sup>b</sup>	4.42 <sup>b</sup>	10.70 <sup>b</sup>	7.82 <sup>b</sup>	188.07 <sup>b</sup>	4.25 <sup>b</sup>	90.06 <sup>b</sup>
mM 3	15.028 <sup>b</sup>	.833 <sup>b</sup>	4.32 <sup>c</sup>	12.29 <sup>a</sup>	8.76 <sup>a</sup>	200.70 <sup>a</sup>	5.29 <sup>a</sup>	91.61 <sup>a</sup>

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level (Duncan's Multiple Range Test).



**Figure 1. Effect of pre-harvesting treatment of spermidine levels on firmness of apricot fruit "Shahroodi" cultivar at different harvesting times**

## ویتامین ث

میزان فنل کل میوه داشتند، به طوری که تیمار سه میلی مولار اسپرمیدین دارای بیشترین تأثیر بر روی فنل کل میوه بود (جدول ۲). همچنین اثر متقابل بین تیمار وزمان‌های برداشت نشان داد که بیشترین میزان فنل کل مربوط به تیمار سه میلی مولار اسپرمیدین در برداشت اول و کمترین میزان آن در تیمار شاهد در برداشت سوم مشاهده شد (شکل ۲).

نتایجی مشابهی در تیمار قبل از برداشت انگور (Jhalegar et al., 2014)، کیوی فروت (Champa et al., 2014) و پس از برداشت زردآلو (Koushesh saba et al., 2012) گزارش شده است. به نظر می‌رسد میزان کاهش تدریجی فنل‌ها در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های تیمار شده به دلیل کاهش فعالیت پلی فنول اکسیداز و تأخیر در فرآیند تنفسی میوه‌ها باشد (Kusano et al., 2007).

## فلاونوئید کل

تأثیر تیمارهای مختلف اسپرمیدین و زمان‌های مختلف برداشت بر روی محتوای فلاونوئیدهای کل میوه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، اما اثر متقابل تیمار و زمان‌های برداشت معنی دار نبود (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار اسپرمیدین و زمان برداشت‌ها بر میزان ویتامین ث معنی دار بوده اما اثر متقابل آن‌ها معنی دار نبود (جدول ۱). همچنین، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار سه میلی مولار اسپرمیدین نسبت به تیمار شاهد بیشترین تأثیر را در افزایش ویتامین ث میوه‌ها داشت (۳/۲۹ درصد). بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به برداشت دوم (برداشت تجاری) میوه بود، در برداشت سوم دوباره میزان ویتامین ث میوه‌ها کاهش پیدا کرد (جدول ۲). افزایش مقدار ویتامین ث با غلظت‌های اسپرمیدین ممکن است به دلیل سرکوب فعالیت آسکوربات اکسیداز یا ممانعت از تولید اتیلن و افزایش سفتی میوه و کاهش تنفس باشد، که کاربرد قبل از برداشت پلی آمین‌ها در میوه لیچی (Mitra and Sanyal, 1990) و تیمار پس از برداشت پلی آمین در میوه هلو (Togrul and Arslan, 2004) گزارش شده است، اما هنوز اثر پلی آمین‌ها در مورد فعالیت آسکوربات اکسیداز در میوه زردآلو هنوز به خوبی روشن نشده است.

## فنل کل

غلظت‌های مختلف اسپرمیدین اثرات معنی داری بر

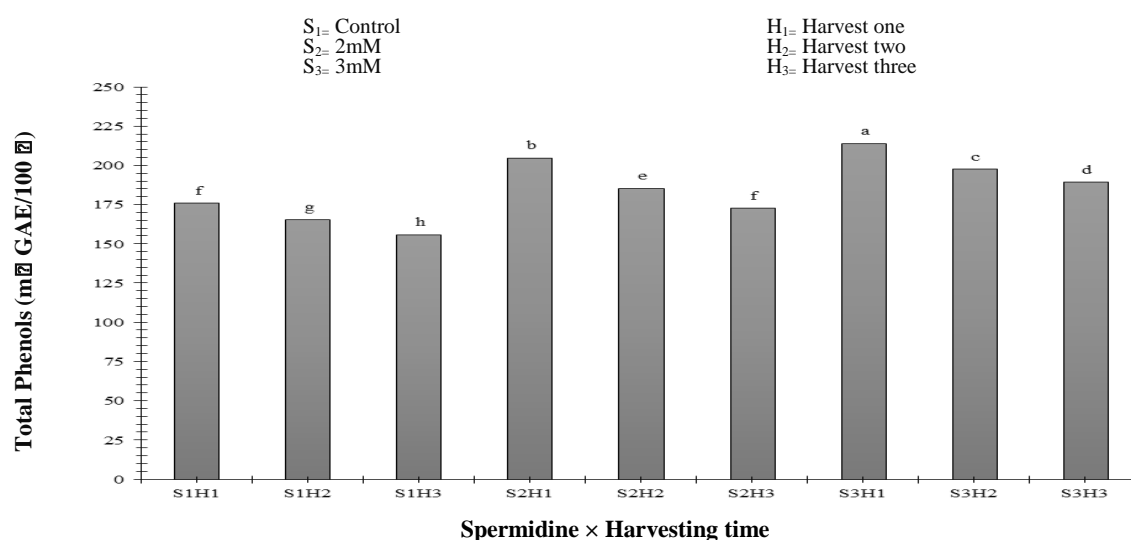


Figure 2. Effect of interaction between pre-harvesting treatment of spermidine (0.2 and 3 mM) and different harvesting time on total phenol content of apricot fruit "Shahrood" cultivar

فعالیت مهار رادیکال DPPH به ترتیب مربوط به سه میلی‌مولار (۹۱/۶۱) و شاهد (۸۸/۶۰) بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار و زمان‌های برداشت بر میزان درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار می‌باشد (شکل ۳)، به طوری که بیشترین میزان فعالیت مربوط به سه میلی‌مولار اسپرمیدین در برداشت دوم (۹۴/۰۵) و کمترین میزان فعالیت مربوط به تیمار شاهد در برداشت سوم (۸۵/۶۸) مشاهده شد. در میوه انبه گزارش کرده‌اند که تیمار پس از برداشت پلی‌آمین‌ها باعث حفظ بیشتر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل می‌شود (Razzaq et al., 2014).

میوه‌های با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا معمولاً آنتی‌اکسیدان‌های بیشتری دارند و بیشتر این آنتی‌اکسیدان‌ها به‌عنوان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها شناخته شده‌اند (Guo et al., 2003)، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که محتوای فنل کل به‌طور مستقیم با فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط است که این همبستگی در انبه (Palafox-Ghasemnezhad and Carlos et al., 2012) و زردآلو (Shiri, 2010) گزارش شده است. نتایج ما نشان داد که میزان فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با تیمار اسپرمیدین به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق تیمار اسپرمیدین باعث افزایش اسیدیته کل، سفیدی، ویتامین C، فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل گردید. همچنین این تیمار باعث کاهش مقدار pH و TSS گردید. در طول سه برداشت تیمار اسپرمیدین بیشترین تأثیر را روی افزایش فنل، سفیدی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محتوای فلاونوئیدهای کل میوه‌ها با افزایش غلظت اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و کم‌ترین و بیش‌ترین محتوای فلاونوئیدهای کل به ترتیب در تیمار شاهد و سه میلی‌مولار (جدول ۲) مشاهده شد. میانگین محتوای فلاونوئیدهای کل میوه‌ها، در برداشت‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۵/۰۹، ۴/۳۳ و ۴/۰۴ میلی‌گرم معادل کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بود که با افزایش روند رسیدن میوه از محتوای فلاونوئیدهای کل (با توجه به زمان‌های برداشت) کاسته شده است (جدول ۳). میوه‌های نارس نسبت به میوه‌های رسیده فلاونوئید بیشتری دارند (Castillo et al., 1992) از آنجایی که نقش پلی‌آمین‌ها در مورد به تأخیر انداختن فرآیند رسیدن میوه به اثبات رسیده است در این پژوهش با تیمار اسپرمیدین میزان فلاونوئید هم بیشتر می‌باشد.

### ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

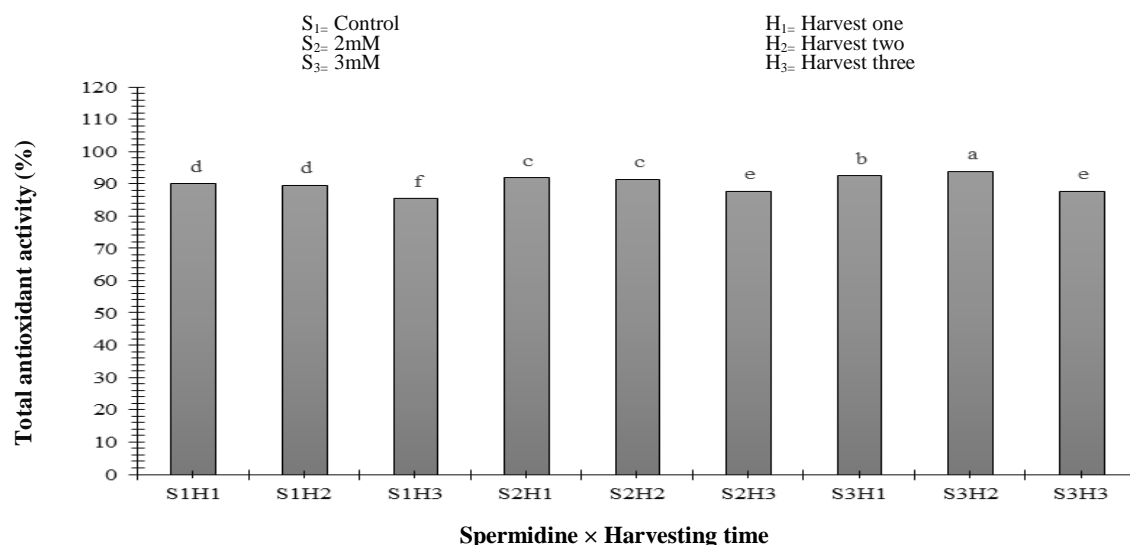
تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین در زمان‌های مختلف برداشت بر مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با پیشرفت فرآیند رسیدگی میوه روی درخت، فعالیت مهار رادیکال DPPH و یا به عبارتی درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های زردآلو به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در برداشت‌های اول و آخر مشاهده گردید. همچنین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشترین تأثیر را از سه میلی‌مولار، در میان تیمارهای مختلف اسپرمیدین گرفته است، به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان

**Table 3. Effect of different harvesting times on measured traits in apricot fruit “Shahroudi” cultivar**  
Mean of comparison

Harvests	TSS (% Brix)	TA (%)	pH	Firmness (Newton)	Vitamin C (mg/100g)	Total phenol (mg GAE/100gFW)	Flavonoids (μMQ/100μE)	Antioxidant capacity (%DPPH <sub>50</sub> )
Harvest one	14.467 <sup>c</sup>	0.867 <sup>a</sup>	4.20 <sup>c</sup>	14.84 <sup>a</sup>	6.98 <sup>c</sup>	198.73 <sup>a</sup>	5.09 <sup>a</sup>	91.71 <sup>a</sup>
Harvest two	15.725 <sup>b</sup>	0.812 <sup>c</sup>	4.40 <sup>b</sup>	10.52 <sup>b</sup>	7.78 <sup>a</sup>	183.21 <sup>b</sup>	4.33 <sup>b</sup>	91.86 <sup>a</sup>
Harvest three	16.717 <sup>a</sup>	0.721 <sup>c</sup>	4.70 <sup>a</sup>	6.66 <sup>c</sup>	7.30 <sup>b</sup>	172.95 <sup>c</sup>	4.03 <sup>b</sup>	87.21 <sup>b</sup>

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level (Duncan's Multiple Range Test).





**Figure 3.** Effect of interaction between pre-harvesting treatment of spermidine (0.2 and 3 mM) and different harvesting time on total antioxidant capacity content of apricot fruit “Shahrood” cultivar

### سپاس‌گزاری

از تمامی دوستان عزیزم بخصوص آقای حامد نجفی و ولی شمشیری که در تنظیم این مقاله ما را مساعدت نمودند، تشکر ویژه‌ای داریم.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل داشت، بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت بیشترین تأثیر اسپرمیدین در برداشت دوم و با توجه به متعادل بودن بقیه پارامترها مثل قند و اسیدیت و غیره حاصل شد، بهترین زمان برداشت همان برداشت تجاری (برداشت دوم) بود.

### References

- AOAC. (1984). Official methods of analysis. *Association of official agricultural chemists*, 10(1), 844-847.
- Asna Ashraei, M. and Zakai Khosroshahi, M. R. (2008). *Polyamines and horticultural sciences*. Hamadan: Hamadan University Press. [In Farsi]
- Bagni, N. and Tassoni, A. (2001). Biosynthesis, oxidation and conjugation of aliphatic polyamines in higher plants. *Amino Acids*, 20(3), 301-317.
- Barman, K., Asrey, R. and Pal, R. (2011). Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 130(4), 795-800.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Castillo, J., Benavente, O. and Jose, A. (1992). Naringin and neohesperidin levels during development of leaves, flower buds, and fruits of *Citrus aurantium*. *Plant Physiology*, 99(1), 67-73.
- Champa, W. H., Gill, M., Mahajan, B. and Arora, N. (2014). Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. *Flame Seedless*. *Postharvest Biology and Technology*, 91(1), 57-63.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3), 178-182
- Fahimi, H. (1997). *Plant growth regulators*. Tehran: Tehran University Press. [In Farsi]
- Galston, A. W. and Sawhney, R. K. (1990). Polyamines in plant physiology. *Plant Physiology*, 94(2), 406-410.
- Ghasemnezhad, M. and Shiri, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian journal of environmental sciences*, 8(1), 25-33.

- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*, 23(12), 1719-1726.
- Horwitz, W., Senzel, A., Reynolds, H. and Park, D.L. (1975). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 10, 22-43.
- Hosseini, M., Fakhari, Z., Babalar, M. and Askari, M. (2017). Effect of pre-harvest putrescine treatment on quality and postharvest life of pear cv. Spadona. *Advances in Horticultural Science*, 31(1), 11-17.
- Jhalegar, M. J., Sharma, R. R., Pal, R. K. and Rana, V. (2012). Effect of postharvest treatments with polyamines on physiological and biochemical attributes of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Allison). *Fruits*, 67(1), 13-22.
- Khan, A. and Singh, Z. (2010). Pre-harvest application of putrescine influences Japanese plum fruit ripening and quality. *Food Science and Technology International*, 16(1), 53-64.
- Khan, A. S. and Singh, Z. (2007). 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. *Postharvest Biology and Technology*, 43(3), 298-306.
- Koushesh saba, M., Arzani, K. and Barzegar, M. (2012). Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), 8947-8953.
- Kusano, T., Yamaguchi, K., Berberich, T. and Takahashi, Y. (2007). Advances in polyamine research in 2007. *Journal of Plant Research*, 120(3), 345-350.
- Mirdehghan, S., Rahemi, M., Castillo, S., Martinez-Romero, D., Serrano, M. and Valero, D. (2007). Prestorage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf-life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 26-33.
- Mitra, S. and Sanyal, D. (1990). Effect of putrescine on fruit set and fruit quality of litchi. *Gartenbauwissenschaft*, 55(2), 83-84.
- Palafox-Carlos, H., Yahia, E., Islas-Osuna, M., Gutierrez-Martinez, P., Robles-Sánchez, M. and Gonzalez Aguilar, G. (2012). Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 135(2), 7-13.
- Perez-Vicente, A., Martinez-Romero, D., Carbonell, A., Serrano, M. A., Riquelme, F., Guillen, F. and Valero, D. (2002). Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* L.) storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25(1), 25-32.
- Razzaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. and Ullah, S. (2014). Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 96(1), 23-32.
- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Zuzunaga, M., Riquelme, F. and Valero, D. (2004). Calcium, polyamine and gibberellin treatments to improve postharvest fruit quality *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, 10, 55-68.
- Togrul, H. and Arslan, N. (2004). Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. *Food hydrocolloids*, 18(2), 215-226.
- Valero, D., Martinez-Romero, D. and Serrano, M. A. (2002). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 13(6-7), 228-234.
- Waterhouse, A. L. (2002). Determination of total phenolics. *Current protocols in food analytical chemistry*, 11(1), 3-8.
- Zokaee Khosroshahi, M. R. and Esna-Ashari, M. (2008). Effect of exogenous putrescine treatment on the quality and storage life of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1(3), 278-287.