بهینه‌سازی زمان برداشت و مدت نگهداری در سردخانه جهت بهبود خصوصیات کیفی انگور

علی‌رضا قدس‌ولی [1] ، محسن مختاریان[2]*، حمید بخش آبادی[3]

[1] استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان، ایران
[2] دانشجوی دوره دکترای تکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران
[3] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۲۱

چکیده

در این تحقیق بهینه‌سازی خصوصیات کیفی انگور در طی نگهداری در سردخانه به کمک روش پاسخ سطح مورد بررسی قرار گرفت. اثرات دو عامل زمان برداشت در محدوده‌ی ۵ تا ۳۵ روز و زمان نگهداری در سردخانه در محدوده ۰ تا ۱۸۰ روز روی پارامترهای شاخص رسیدگی، دکستروز، مواد جامد محلول کل، pH و اسیدیته انگور رقم سرخ فخری شاهرود به کمک طرح مربع مرکزی بررسی گردید. علاوه بر این، بررسی نتایج نشان داد شرایط بهینه برای فرآیند انبارمانی زمانی ایجاد می‌شود که زمان برداشت ۱۸ روز و زمان نگهداری در انبار ۱۲۳ روز باشد. در شرایط بهینه شاخص رسیدگی، دکستروز، مواد جامد محلول کل، pH و اسیدیته به ترتیب ۵۲/۸، ۲۷۷/۰۶، ۱۶/۹، ۴/۱۲ و ۰/۳۲ محاسبه گردید. همچنین لازم به ذکر است که، زمان برداشت به مدت ۵ روز و نگهداری در انبار به مدت ۱۶۰ روز به عنوان بدترین شرایط نگهداری انگور عنوان گردید.

واژه‌های کلیدی: نگهداری، بهینه‌سازی، خصوصیات کیفی، انگور.

*مسوول مکاتبه: mokhtarian.mo@gmail.com

۱- مقدمه

اهمیت مصرف میوه‌ها و سبزیجات به علت کاهش سرطان، کاهش میزان مرگ و میر و بیماری‌های قلبی است (۷) و همچنین مصرف میوه‌ها و سبزی‌ها باعث کاهش فشار خون و افزایش مقاومت در برابر امراض می‌شود (۸). وجود سردخانه‌ها، صنایع تبدیلی و بازهای مصرف بخش عظیمی از این محصولات را جذب می‌نماید ولی به دلیل عدم تکافوی ظرفیت کافی این‌گونه صنایع و مراکز مصرف و نگهداری و تولید بیش از ظرفیت ماده اولیه، آمار ضایعات در این مرحله افزایش می‌یابد (۲۲).

انگور یک میوه نافرازگرا با فعالیت فیزیولوژیکی کم بوده و در طول دوره‌ی پس از برداشت به کاهش آب و آلودگی‌های قارچی به ویژه کپک خاکستری *Botrytis cinerea* بسیار حساس است (۲۱). همه انگورهای خوراکی به جنس Vitis (مو) و به خانواده Vitaceae تعلق دارند که بیش از ۶۵ درصد میوه انگور به صورت تازه مصرف می‌شود (۱۳). یکی از عوامل مهم در زنجیره نگهداری مواد غذایی از زمان تولید تا هنگام مصرف، استفاده از سرما برای نگهداری فراورده‌های باغی می‌باشد (۲). عمر نگهداری میوه‌ها به شدت تحت تأثیر شرایط تولید در مزارع و یا باغات و برداشت آن‌ها و نیز درجه حرارت و رطوبت انبار می‌باشد. زمان رسیدن انگور عمدتاً توسط شرایط درجه حرارتی تعیین می‌گردد که قطعاً با تغییر ترکیبات بیوشیمیایی انگور ارتباط داشته و در نتیجه میزان محصول نهایی حاصل از فرایند را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۷). اتمسفرهایی با ۱۰ درصد دی اکسید کربن و بالاتر، بروز و شیوع پوسیدگی را در حبه‌های انگور کنترل می‌کند (۱۱). گاز دی اکسید گوگرد از پوسیدگی ناشی از رشد کپک‌ها جلوگیری می‌کند (۱۴). پرکینتز و همکاران ۱۹۹۲ گزارش کردند که عمر انباری رقم‌های انگور ونوس و ساترن بدون ضدعفونی کردن آن‌ها با دی اکسید گوگرد ۴ تا ۶ هفته است (۲۰). بنکمار در سال ۱۹۸۹ با بررسی روی شرایط نگهداری انگور در داخل سردخانه صفر درجه سانتی‌گراد و با رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد بیان نموده‌اند که میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، میزان قند انورت وزن صد حبه کاهش می‌یابد (۱۰). در سال ۲۰۰۷ محققین بیان داشتند که در حین نگهداری میوه در سردخانه‌ها با گذشت زمان، میزان اسیدیته قابل تیتر به علت رسیده‌تر شدن میوه‌ها کاهش می‌یابد (۱۶). دانشمندان در سال ۱۹۹۳ گزارش کردند که زمان نگهداری انگورها با استفاده از ورقه‌های گریپ کارد در دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد بیشتر از ۲ ماه است (۷). از روش‌های نوین نگهداری انگور می‌توانیم به استفاده از پوشش‌های خوراکی مانند کیتوزان که باعث جلوگیری از کاهش وزن و تغییرات نامطلوب در رنگ میوه انگور می‌شود و همچنین استفاده از نور UV-C برای کنترل رشد کپک‌ها در طول نگهداری میوه انگور، اشاره نماییم (۱۵). پارک و همکاران امکان استفاده از فیلم‌های ضد میکروبی کیتوزانی، همراه با فیلم‌های پلی اتیلنی با چگالی پایین را در نگهداری انگورها مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که اگر مقدار کیتوزان در ماتریکس فیلم کافی باشد، از رشد میکروبی جلوگیری می‌کند. (۱۹). محققین دیگری در سال ۲۰۰۶ بیان داشتند که استفاده از اتمسفر کنترل شده خصوصیات کیفی انگورها را تا ۶۰ روز پس از برداشت همچنان خوب نگه می‌دارد (۲۳). از آنجا که میزان نگهداری انگور در انبارهای سرد نسبت به میوه‌های دیگر کمتر می‌باشد که مهم‌ترین علت آن ناکافی بودن اطلاعات در مورد نحوه نگهداری انگور تازه خوری است لذا تحقیق حاضر با هدف بهینه‌سازی خصوصیات کیفی انگور در طی نگهداری در سردخانه به کمک روش پاسخ سطح ، انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

رقم انگور مورد بررسی در این تحقیق رقم سرخ فخری شاهرود بود و مواد شیمیایی سولفات مس، هیدروکسید سدیم، الکل ۹۶ درصد، فنل فتالئین و تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. تجهیزات مورد استفاده عبارت بودند از رفراکتومتر دستی (مدل Atago، ساخت سوئد)، pH متر (ساخت سوئیس، مدل: Meterohm 691) و ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان).

۲-۲- شرایط سردخانه‌ای

در این مطالعه، جهت نگهداری نمونه‌های جمع‌آوری شده از باغ، از سردخانه‌ی تعاونی باغداران منطقه شاهرود (سردخانه توحید) بهره‌گیری شده است. میزان درجه حرارت سالن‌های این سردخانه جهت نگهداری انگور سرخ فخری شهیدی شاهرود ۱- ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ۹۴-۹۰ درصد بود.

ضدعفونی سالن‌ها با گوگرد قبل از ورود انگور شروع و تا اواخر اردیبهشت سال بعد ادامه یافت.

۲-۳- نمونه برداری

برای نمونه برداری از باغ، یکی از باغ های منطقه شاهرود مد نظر قرار گرفت و از آن طی ۴ مرحله نمونه‌برداری شد. یک نمونه در زمان قبل از رسیدن محصول انگور (حدود اواخر شهریور ماه)، دو نمونه در هنگام رسیدن انگور (اواسط مهرماه) و یک نمونه در زمان پس از رسیدن انگور (اواخر مهرماه). فواصل نمونه‌برداری به صورت هفتگی بود. از این باغ به طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته مو انتخاب و برای هر مرحله نمونه برداری، ۳ جعبه ۱۰-۷ کیلوگرمی نمونه اخذ و به سالن‌های سردخانه انتقال داده شدند.

نمونه‌برداری از سردخانه، به صورت هر ۱۵-۱۰ روز یک بار تا آخر دی ماه و هر یک ماه یک بار تا پایان فروردین سال بعد انجام گرفت.

۲-٤- روش‌های آزمایشگاهی

برای اندازه‌گیری اسیدیته از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد و اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید تارتاریک بیان شد برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس تیتر شد (۹).

pH عصاره با استفاده از دستگاه pH متر (ساخت سوئیس، مدل: Meterohm 691) و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید (۱۸).

مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی در دمای اتاق و بر حسب درجه بریکس قرائت گردید.

اندیس رسیدگی(طعم)[1] میوه‌های انگور از طریق نسبت مواد جامد کل محلول به اسیدیته قابل تیتر، مورد اندازه گیری قرار گرفت. این اندیس به صورت معادله‌ی زیر بیان می‌گردد:

$$I_{maturity} = \frac{S}{A} \quad (1)$$

در این معادله، S مواد جامد محلول کل (درجه‌ی بریکس) و A اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید تارتاریک) می‌باشد. که میزان مواد جامد کل توسط رفرکتومتر دستی اندازه گیری گردید (۱۲).

برای اندازه‌گیری قندها از روش حجمی لین-آینون استفاده شد که اساس آن احیاء محلول فهلینگ می‌باشد. در این طرح میزان قند بر حسب دکستروز بیان شده است (۶).

۲-۵- بهینه سازی و طراحی آزمایش

در این پژوهش تکنیک پاسخ سطح برای تعیین نقاط بهینه فرآیند انبارمانی انگور در سردخانه مورد استفاده قرار گرفت. در فرآیند بهینه سازی زمان برداشت محصول بعد از رسیدن (x_1) و زمان نگهداری در سردخانه (x_2) به عنوان متغیرهای مستقل فرآیند انتخاب گردید. شاخص رسیدگی (y_1)، دکستروز (y_2)، بریکس (y_3)، غلظت یون هیدروژن (pH) (y_4) و اسیدیته (y_5) به عنوان متغیر پاسخ فرآیند در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه تحلیل آماری از طرح مربع مرکزی نما مرکز[2] شامل ۱۳ آزمایش با ۵ تکرار در نقاط مرکزی بکار گرفته شد (جدول ۲). مقادیر کد شده و واقعی متغیرهای مستقل مورد استفاده در فرآیند بهینه سازی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جهت آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار آماری Design Expert نسخه ۶/۰۱ استفاده گردید. داده‌های تجربی با کمک یک مدل چند جمله‌ای درجه دو برازش داده شد. این مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_k = \beta_{k0} + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ki} x_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{kii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=i+1}^{3} \beta_{kij} x_i x_j + \varepsilon_k \quad (2)$$

در این معادله β_{kn} ضرایب ثابت مدل و X_i متغیر های مستقل مورد استفاده در فرآیند بهینه سازی ویژگی‌های کیفی انگور در طی نگهداری در سردخانه می‌باشد. ارزیابی بهترین مدل بهینه سازی از طریق بررسی آزمون فقدان برازش مدل مذکور بود. به طوری که مدلی که آزمون فقدان برازش را غیر معنادار نمود به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید.

۳- نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس بهینه‌سازی شاخص رسیدگی انگور در طی نگهداری در سردخانه نشان داد که اثرات خطی، درجه‌ی دوم و اثر متقابل فاکتورهای زمان برداشت محصول و زمان نگهداری، کاملاً معنادار است ($p<۰/۰۱$). نتایج این فاکتورها در جدول ۳ نشان داده شده است.

1 - Maturity index

2 - Face-Centred Central Composite Design (CCF)

جدول ۱- مقادیر کد شده و واقعی فرآیند بهینه سازی

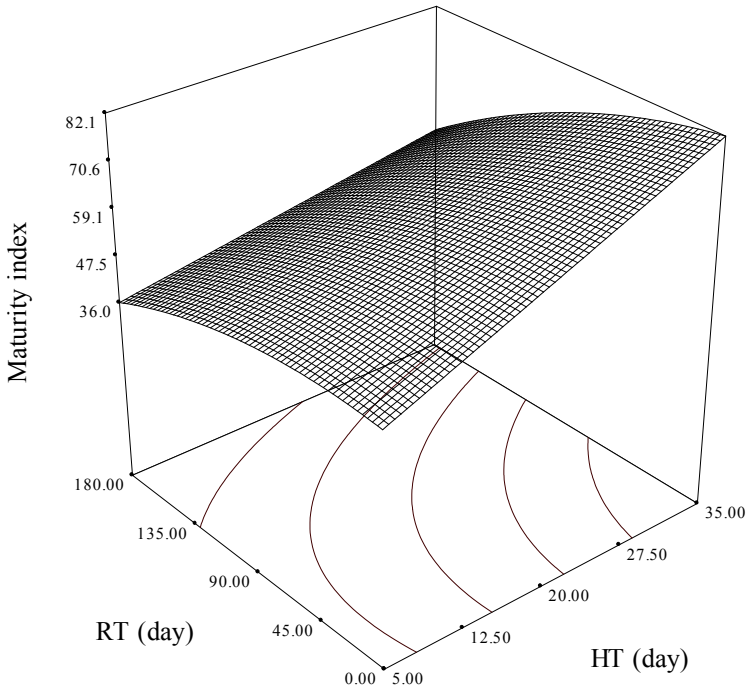
متغیرها (روز)	مقادیر کد شده و واقعی متغیرهای فرآیند	
	پایین	بالا
زمان برداشت محصول بعد از رسیدن (x_1)	۵	۳۵
زمان نگهداری در سردخانه (x_2)	۰	۱۸۰

جدول ۲- متغیرهای مستقل و غیر مستقل در بهینه سازی شاخص‌های کیفی انگور در طی فرآیند سردخانه گذاری

متغیرهای مورد بررسی			پاسخ‌ها			
شماره آزمون	زمان برداشت (x_1)	زمان نگهداری (x_2)	شاخص رسیدگی	دکستروز	بریکس	pH	اسیدیته
۱	۲۰	۹۰	۵۸/۹۲	۲۷۴	۱۶/۵	۴/۲	۰/۲۸
۲	۲۰	۱۸۰	۴۷/۲۲	۲۸۹	۱۷	۴/۰۲	۰/۳۶
۳	۲۰	۹۰	۵۴/۹۲	۲۸۰	۱۸/۵	۴/۳	۰/۳۳
۴	۵	۰	۴۸/۱۴	۲۵۴	۱۳	۴/۱۴	۰/۲۷
۵	۳۵	۹۰	۷۱/۴۲	۳۱۰	۲۰	۴/۲۱	۰/۲۸
۶	۲۰	۹۰	۶۲/۹۲	۲۶۸	۱۴/۵	۴/۱	۰/۲۳
۷	۲۰	۹۰	۵۶/۹۲	۲۷۷	۱۷/۵	۴/۲۵	۰/۳۰۵
۸	۲۰	۰	۶۴	۲۷۴	۱۶	۴/۳۳	۰/۲۵
۹	۵	۹۰	۵۰	۲۷۴	۱۸	۴	۰/۳۶
۱۰	۳۵	۱۸۰	۴۸/۸۸	۳۱۰	۲۲	۳/۹۷	۰/۴۵
۱۱	۵	۱۸۰	۳۳/۳۳	۲۶۰	۱۶	۳/۸۸	۰/۴۸
۱۲	۲۰	۹۰	۵۸/۴۲	۲۷۴/۷۲	۱۶/۷۵	۴/۲۱	۰/۲۸۶
۱۳	۳۵	۰	۸۳/۳۳	۲۸۹	۱۷/۵	۴/۳۹	۰/۲۱

نتایج حاکی از آن بود که زمان برداشت محصول تأثیر بیشتری را نسبت به زمان انبارمانی، بر شاخص رسیدگی داشت (مجموع مربعات برابر با ۸۶۷/۸۴). افزایش زمان برداشت منجر به افزایش معناداری در شاخص رسیدگی نمونه داشت به طوری که افزایش زمان برداشت از ۵ روز به ۳۵ روز سبب افزایش میزان شاخص رسیدگی از ۴۳/۷ تا ۷۴/۴ گردید. علت این افزایش را می‌توان به افزایش میزان قند در طول رسیدن میوه نسبت داد که با نتایج شرایعی و همکاران مطابقت داشت (۳). این حالت به وضوح در شکل ۱ مشاهده می‌گردد. از طرف دیگر نتایج نشان داد که تأثیر زمان نگهداری در سردخانه بر روند تغییرات شاخص رسیدگی، تأثیر کاملاً عکس داشت (شکل ۱). به طوری که با افزایش زمان نگهداری در سردخانه از ۴۵ تا ۱۸۰ روز میزان شاخص رسیدگی از ۶۶/۷ تا ۴۳/۷ کاهش یافت.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، اثرات خطی، درجه دوم و اثر متقابل فاکتورهای بهینه‌سازی ویژگی‌های کیفی انگور در طی برداشت و انبارمانی معنادار گردید ($p<0/01$). به طوری که زمان برداشت محصول بیشترین تأثیر را بر خصوصیات کیفی انگور داشت (جدول ۵).



شکل ۱- نمودار سه بعدی اثر متقابل تأثیر زمان برداشت محصول (HT) و زمان انبارمانی (RT) روی شاخص رسیدگی انگور

جدول ۳- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ در بهینه سازی شاخص رسیدگی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال P
مدل	۱۷۶۹/۵	۴	<۰/۰۰۰۱
x_1	۸۶۷/۸۴	۱	<۰/۰۰۰۱
x_2	۷۲۶/۸۸	۱	<۰/۰۰۰۱
x_2^2	۷۸/۳۴	۱	۰/۰۲
x_1x_2	۹۶/۴۳	۱	۰/۰۱۲۳
باقی‌مانده‌ها	۷۴/۶۳	۸	–
آزمون فقدان برازش	۳۹/۶۳	۴	$^{n.s}$۰/۴۵۳۵
خطای خالص	۳۵	۴	–
کل	۱۸۴۴/۱۳	۱۲	–

x_1: زمان برداشت، x_2: زمان نگهداری در سردخانه

جدول ٤- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ در بهینه سازی دکستروز

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال P
مدل	۲۷۳۴/۱۷	۲	۰/۰۰۰۲
x_1	۲۴۴۰/۱۷	۱	<۰/۰۰۰۱
x_2	۲۹۴	۱	۰/۰۴۹۶
باقی‌مانده‌ها	۵۸۹/۶۸	۱۰	–
آزمون فقدان برازش	۵۱۰/۹۳	۶	$^{n.s}$۰/۰۸۸۹
خطای خالص	۷۸/۷۵	۴	–
کل	۳۳۲۳/۸۴	۱۲	–

x_1: زمان برداشت، x_2: زمان نگهداری در سردخانه.

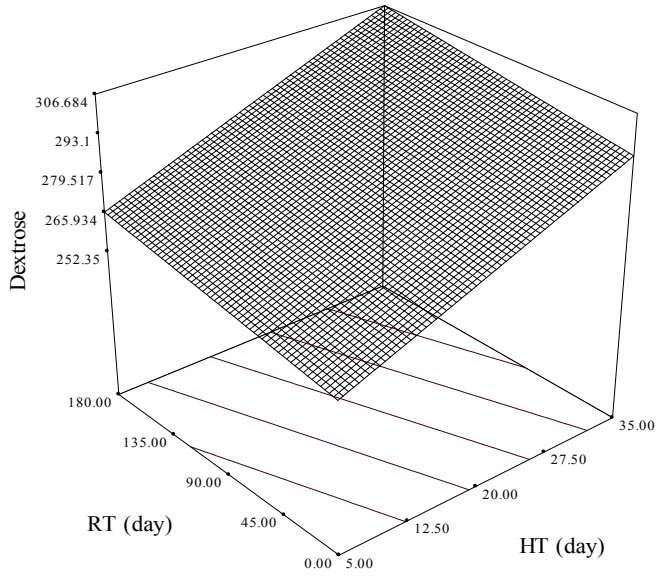
جدول ٥- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ در بهینه سازی مواد جامد محلول کل

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال P
مدل	۵۱/۳۵	۷	$^{n.s}$۰/۰۹۴۸
x_1	۲	۱	۰/۳۷۵۴
x_2	۰/۵	۱	۰/۶۴۷۳
x_1^2	۵/۹۳	۱	۰/۱۵۴۸
x_2^2	۲/۹۶	۱	۰/۲۹۰۲
x_1x_2	۰/۵۶	۱	۰/۶۲۸۰
$x_1^2x_2$	۲/۵۲	۱	۰/۳۲۴۷
$x_1x_2^2$	۳/۵۲	۱	۰/۲۵۳۳
باقی‌مانده‌ها	۱۰/۵۷	۵	–
آزمون فقدان برازش	۱/۸۲	۱	$^{n.s}$۰/۴۱۳۲
خطای خالص	۸/۷۵	۴	–
کل	۶۱/۹۲	۱۲	–

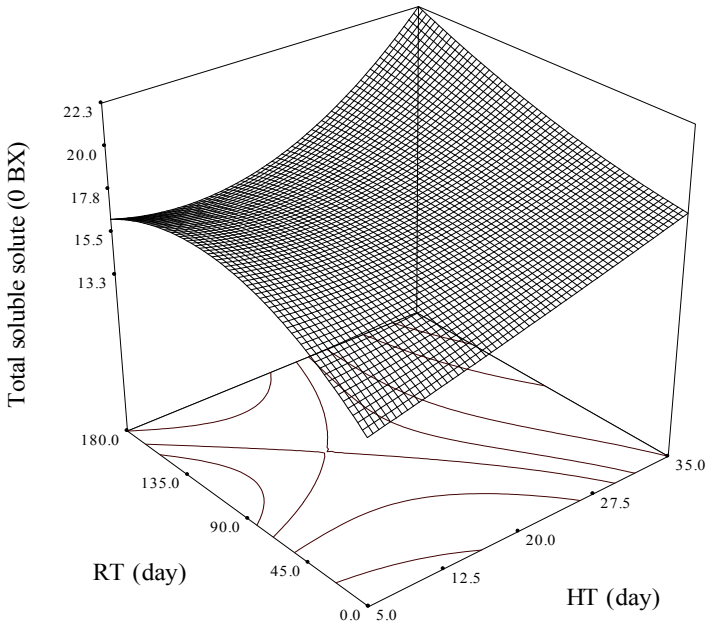
x_1: زمان برداشت، x_2: زمان نگهداری در سردخانه.

مجموع مربعات بدست آمده برای اثرات خطی زمان برداشت و زمان نگهداری در سردخانه به ترتیب ۲ و ۰/۵ محاسبه گردید. مقادیر احتمال P برای این دو فاکتور به ترتیب ۰/۳۷۵۴ و ۰/۶۴۷۳ محاسبه شد. شکل ۳ نمودار سه بعدی اثرات زمان برداشت و زمان نگهداری در انبار را برای بهینه‌سازی مواد جامد محلول کل نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل پیداست، با افزایش زمان برداشت میزان مواد جامد محلول کل افزایش می‌یابد. با افزایش مدت زمان نگهداری در انبار نیز میزان مواد جامد محلول افزایش یافت. شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری در طول رسیدن انگور که موجب تغییر مزه و تغییر در بافت محصول می‌شود از علل عمده افزایش مواد جامد محلول می‌باشد. نتایج این بخش با نتایج جلیلی مطابقت داشت (۴).

نتایج آنالیز مدل سطح پاسخ بهینه سازی میزان دکستروز نشان داد که فقط اثرات خطی فاکتورهای زمان برداشت محصول و زمان نگهداری، کاملاً معنادار می‌باشد ($p<۰/۰۱$) (جدول ۴). نتایج حاکی از آن بود که افزایش زمان برداشت سبب افزایش میزان قند دکستروز نمونه‌های انگور گردید که علت آن شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری به ویژه قندهای دیواره سلولی می‌باشد (۵). به طوری که افزایش زمان برداشت از ۵ تا ۳۵ روز سبب افزایش میزان قند دکستروز از ۲۶۱ تا ۲۹۷ گردید (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار سه بعدی اثر متقابل تأثیر زمان برداشت محصول (HT) و زمان انبارمانی (RT) روی مقدار دکستروز

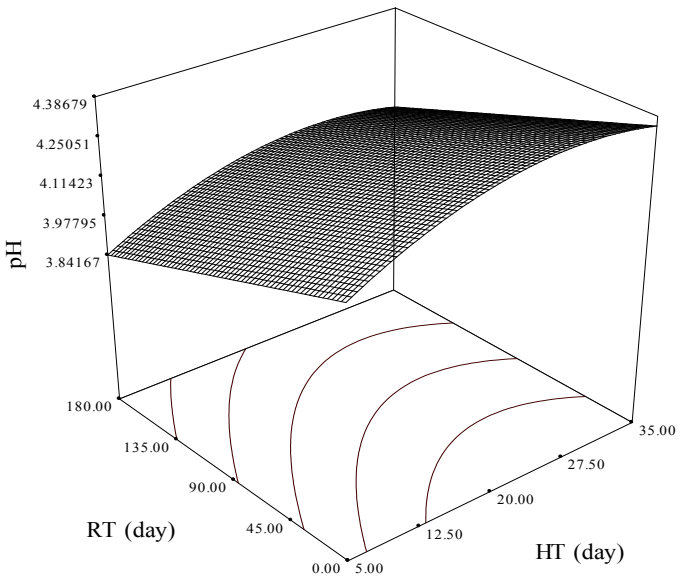


شکل ۳- نمودار سه بعدی اثر متقابل تأثیر زمان برداشت محصول (HT) و زمان انبارمانی (RT) روی مواد جامد محلول کل

نتایج آنالیز واریانس بهینه‌سازی میزان غلظت یون هیدروژن (pH) در طی انبارمانی انگور در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن بود که اثرات خطی و درجه‌ی دوم فاکتورهای زمان برداشت و زمان نگهداری در سردخانه معنادار گردید ($p<۰/۰۱$). نتایج نشان داد که افزایش زمان نگهداری در سردخانه علت افزایش pH را می‌توان به فعل و انفعالاتی که منجر به پیری میوه می‌شود و همچنین تبدیل اسیدها به مواد دیگری، مانند قندها نسبت داد (۱). همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شده است، نتایج مدل سطح پاسخ حاکی از آن بود که اثرات خطی، درجه دوم و اثر متقابل فاکتورهای بهینه‌سازی ویژگی‌های کیفی انگور در طی برداشت و انبارمانی معنادار گردید ($p<۰/۰۱$). نتایج نشان داد که زمان نگهداری در سردخانه محصول بیشترین تأثیر را در بر خصوصیات کیفی انگور داشت (جدول ۷). نتایج حاکی از آن بود که افزایش زمان نگهداری در سردخانه سبب افزایش میزان اسیدیته گردید این نتیجه موید این نکته است که گاز دی اکسید گوگرد احتمالاً باعث کاهش میزان تنفس در میوه شده و از تبدیل اسیدهای آلی به قندها جلوگیری کرده است. به طوری که با افزایش زمان نگهداری از ۴۵ تا ۱۸۰ روز انبارمانی میزان اسیدیته از ۰/۳۳ تا ۰/۴۳ افزایش یافت.

سبب کاهش چشمگیری در pH نمونه داشت. با توجه به اینکه pH یکی از عوامل بسیار مهم در نگهداری و رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد، بنابراین تعیین pH بهینه در طی نگهداری و پس از برداشت دارای اهمیت می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش زمان برداشت، سبب افزایش میزان pH نمونه گردید (شکل ۴).

نتایج مدل‌های بدست آمده برای بهترین حالت برازش همراه با ضرایب آن، برای شاخص‌های مختلف کیفی انگور در جدول ۸ نشان داده شده است. در پایان مقادیر شاخص‌های کیفی نگهداری انگور در سردخانه بهینه‌سازی گردید. نتایج نشان داد که شرایط بهینه، متغیرهای زمان برداشت و زمان نگهداری در سردخانه به ترتیب در بهترین حالت ۱۸ و ۱۲۳ روز بدست آمد. همچنین مقادیر بهینه پاسخ‌ها برای شاخص رسیدگی، دکستروز، مواد جامد محلول کل، غلظت یون هیدروژن (pH) و اسیدیته به ترتیب ۵۲/۸، ۲۷۷/۰۶، ۱۶/۹، ۴/۱۲ و ۰/۳۲ (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید تارتاریک) محاسبه گردید. مطلوبیت بدست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخ‌ها مورد بررسی ۱ می‌باشد.



شکل ٤- نمودار سه بعدی اثر متقابل تأثیر زمان برداشت محصول (HT) و زمان انبارمانی (RT) روی pH

جدول ٦- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ در بهینه سازی pH

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال P
مدل	۰/۲۵	۳	۰/۰۰۰۱
x_1	۰/۰۵	۱	۰/۰۰۴۱
x_2	۰/۱۶	۱	<۰/۰۰۰۱
x_1^2	۰/۰۳۴	۱	۰/۰۱۱۸
باقی‌مانده‌ها	۰/۰۳۱	۹	–
آزمون فقدان برازش	۹/۳۲×۱۰$^{-۳}$	۵	$^{n.s}$۰/۸۶۵۷
خطای خالص	۰/۰۲۲	۴	–
کل	۰/۲۸	۱۲	–

x_1: زمان برداشت، x_2: زمان نگهداری در سردخانه.

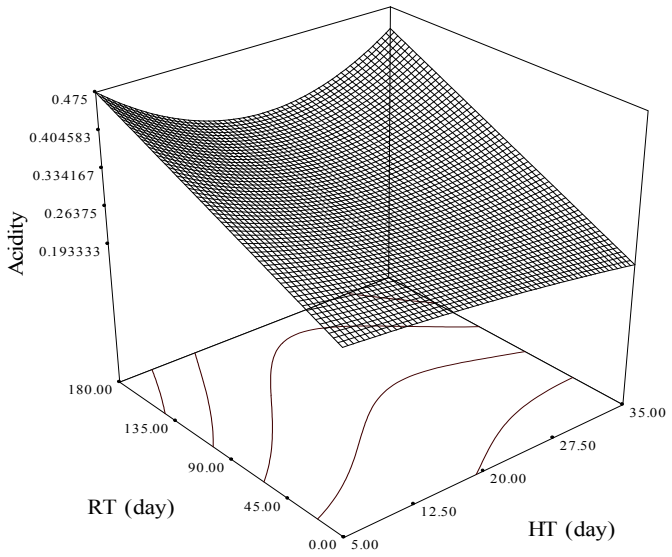
جدول ۷- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ در بهینه سازی اسیدیته

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال P
مدل	۰/۰۷	۵	۰/۰۰۲۲
x_1	۴/۸۲×۱۰$^{-۳}$	۱	۰/۰۷۶
x_2	۶/۰۵×۱۰$^{-۳}$	۱	۰/۰۵۲۵
x_1^2	۸/۱×۱۰$^{-۳}$	۱	۰/۰۳۰۷
x_1x_2	۲/۲۵×۱۰$^{-۴}$	۱	۰/۶۶۶۶
$x_1^2x_2$	۴/۴×۱۰$^{-۳}$	۱	۰/۰۸۶۹
باقی‌مانده‌ها	۷/۷۹×۱۰$^{-۳}$	۷	–
آزمون فقدان برازش	۲/۳۲×۱۰$^{-۳}$	۳	$^{n.s}$۰/۶۶۶
خطای خالص	۵/۴۷×۱۰$^{-۳}$	۴	–
کل	۰/۰۷۸	۱۲	–

x_1: زمان برداشت، x_2: زمان نگهداری در سردخانه.

جدول ۸- نتایج مدل‌های بدست آمده برای هر یک از شاخص‌های کیفی انگور در طی نگهداری در سردخانه

مدل	R^2	R^2 adj	SD	C.V.
$y_1 = +42.57 + 1.13x_1 + 0.06\ x_2 - 6.08\ E\text{-}04\ x_2^2 - 3.63\ E\text{-}03\ x_1x_2$	۰/۹۵۹۵	۰/۹۳۹۳	۳/۰۵	۵/۳۸
$y_2 = +245.62 + 1.34\ x_1 + 0.078\ x_2$	۰/۸۲۲۶	۰/۷۸۷۱	۷/۶۸	۲/۷۵
$y_3 = +12.6 + 0.13\ x_1 + 0.098\ x_2 + 4.02E\text{-}04\ x_1^2 - 3.9E\text{-}04\ x_2^2 - 4.8E\text{-}03\ x_1\ x_2 + 6.7E\text{-}05\ x_1^2\ x_2 + 1.3E\text{-}05\ x_1\ x_2^2$	۰/۸۲۹۳	۰/۵۹۰۳	۱/۴۵	۸/۴۷
$y_4 = +4.06 + 0.024\ x_1 - 1.83E\text{-}03\ x_2 - 4.6E\text{-}04\ x_1^2$	۰/۸۸۸۳	۰/۸۵۱	۰/۰۵۹	۱/۴۲
$y_5 = +0.27 - 1.07\ E\text{-}03\ x_1 + 1.63E\text{-}03\ x_2 - 3.3E\text{-}05\ x_1^2 - 1.08E\text{-}04\ x_1x_2 + 2.84E\text{-}06\ x_1^2x_2$	۰/۸۹۹۶	۰/۸۲۷۹	۰/۰۳۳	۱۰/۶



شکل ۵- نمودار سه بعدی اثر متقابل تأثیر زمان برداشت محصول (HT) و زمان انبارمانی (RT) روی اسیدیته

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش از روش سطح پاسخ برای تعیین نقاط بهینه شاخص‌های کیفی انگور در طی نگهداری در سردخانه مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای فرآیند انبارمانی شامل زمان برداشت و زمان نگهداری در سردخانه بود. نتایج نشان داد که اثرات خطی، درجه‌ی دوم و اثر متقابل فاکتورهای زمان برداشت محصول و زمان نگهداری، بر شاخص رسیدگی انگور کاملاً معنادار می‌باشد. به علاوه نتایج حاکی از آن بود که اثرات خطی و درجه‌ی دوم فاکتورهای زمان برداشت و زمان نگهداری در سردخانه بر pH کاملاً معنادار بود. پس از بهینه‌سازی نهایی، نتایج نشان داد که شرایط بهینه زمانی ایجاد می‌گردد که متغیرهای فرآیند یعنی زمان برداشت و زمان نگهداری به ترتیب ۱۸ و ۱۲۳ روز باشد. همچنین شرایط بهینه برای پارامترهای مورد بررسی زمانی ایجاد می‌گردد که شاخص رسیدگی، دکستروز، مواد جامد محلول کل، pH و اسیدیته به ترتیب ۵۲/۸، ۲۷۷/۰۶، ۱۶/۹، ۴/۱۲ و ۰/۳۲ باشد. مطلوبت بدست آمده در شرایط بهینه برای متغیرها و پاسخ‌های مورد بررسی ۱ گزارش گردید.

٥- منابع

۱- اخوان، ش. ۱۳۷۴. گزارش بررسی‌های آنالیز فیزیولوژیکی انگور جهت بررسی خواص انباری، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان، بخش تحقیقات نهال و بذر.

۲-اس دی. هولدز ورث، ۱۳۷۴. *اصول نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها* (محمد شاهدی و مهدی کدیور)، دانشگاه شهرکرد.

۳- شرایعی، پ.، شاه بک، م. ع.، مختاریان، ع. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر ورقه‌های گریپ گارد بر کیفیت و کنترل آلودگی قارچی انگور در سردخانه. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*. جلد ۵. شماره ۲۰.

۴- جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۳. *فیزیولوژی بعد از برداشت (جابه جایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی)*. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۲۷۶ ص.

۵-راحمی، م. ۱۳۸۴. *فیزیولوژی پس از برداشت (مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه‌ها و سبزی‌ها و گیاهان زینتی)*. چاپ سوم .انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۳۷ ص.

۶- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۳. روش‌های آزمون آب میوه‌جات. شماره ۲۶۸۵.

7- Ames, B., Shigena, M., Hagen, M. K., and Oxidants, T. M. 1993. Antioxidants and the degenerative diseases of aging. Procedeeing Natural Academic Science. United State. 90: 7915-7922.

8- Ascherio, A., Rimm, E. B., Giovannucci, E. L., Colditz, G. A., Rosner, B., Willet, t. W. C., Sacks, F., and Stampfer, M. J. 1992. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US, men. *Circulation Research Journal*. 86: 1475-1484.

9- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. H. Y., Wang, C. Y., and González-Aguilar, G. A. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and

postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology*. 452: 166–173.
10- Benkhemar, O. 1989. cold storage preservation of six varieties of table grapes, cultivated in morocco, using SO_2 generator sachets, Bulletin. P:5-19.
11- Crisosto, C. H., Garner, D., and Crisosto, G. 2002. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of Red Globe table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 26:181-189.
12- Dissa, A. O., Desmorieux, H., Bathiebo, J., and Koulidiati, J. 2008. Convective drying characteristics of Amelie mango (Mangifera Indica L. cv. 'Amelie') with correction for shrinkage. *Journal of Food Engineering*. 88: 429-437.
13- Einset, J., Dratt, C., Janick, J., and Moore, J. N. 1975. Advances in Fruit Breeding.. Purdu University Oress, West Lafayette, Ind. pp: 130-153.
14- Franck, F. J., Latorre, B. A., Torres, R., and Zoffoli, J. P. 2005. The effect of preharvest fungicide and post-harvest sulfur dioxide use on post-harvest decay of table grapes caused by *Pencillium expansum*. *Post-harvest Biology and Technology*.37: 20-30.
15- Franco, N., Antonio, I., and Giuseppe, L. 1998. Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 13 :171–181.
16 –Gong, F., Zhang, Y., and Dong, W. 2007. Use of surface coatings with natamycin to improve the stoability of Hami melon and ambient temperature. *Postharvest Biology and technology*. 46:71-75.
17- Jasper, G. W., and Bor, S. L. 1986. Commerical fruit processing, second edition. AVI Publishing Co. Inc. westport, conn.
18- Khosroshahi, M. R., Ashari, M., and Ershadi, A. 2007. Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. *Horticultural Science*. 114: 27-32.
19- Park, S. I., Daeschel, M. A., and Zhao, Y. 2002. Functional properties of antimicrobial lysozyme-chitosan composite films, *Journal of Food Science*. 69, M215.
20- Perkins, P. M., Collins, J. K., Lioyed, J., and Striegler, R. K. 1992. Influence of package on post-harvest quality of (Oklahoma and Arkansas) table grapes. *American Journal of Enology and viticure*. 43(1) :79-82.
21- Retamales, J., Defilippi, B.G., Arias, M., Castillo, O., and Manriquez, D. 2003. High CO_2 controlled atmospheres reduce decay incidence in Thampson Seedless and Red Globe table grapes. *Postharvest Biology and Technology*.29: 177-182.
22- Waldron, K. W., Paker, M. L., Smith, A. C. 2003. Plant cell walls and food quality. *Comprehensive reviews in food science and safety*. Vol, 2: 113-139.
23-Yun, D., Ying, W., and Yunfei, L. 2006. Physiological responses and quality attributes of 'Kyoho' grapesto controlled atmosphere storage. *Journal of Food Science and Technology*. 39: 584–590