بررسی عوامل مؤثر بر جذب دی اکسید گوگرد در گوجه‌فرنگی‌های آماده شده برای خشک‌کردن آفتابی

میرخلیل پیروزی‌فرد[۱]

چکیده

به منظور بررسی اثر غلظت محلول متابی سولفیت سدیم (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد)، مدت زمان غوطه‌ور سازی در محلـول (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ دقیقه)، هم‌زدن محلول شامل: هم‌زدن مداوم، ۲/۵ دقیقه یک‌بار، ۵ دقیقه یک‌بار و هم نزدن (I , II , III , IV) و pH محلول (۴/۶۲، ۳/۶۲، ۳/۴۲) بر میزان جذب SO_2 توسط گوجه‌فرنگی‌های رقم ریوگراند خشک شـده بـه روش آفتـابی، آزمایـشی در چـارچوب طـرح آمـاری کرت‌های کاملاً تصادفی به‌ترتیب با ۵، ۴، ۴ و ۳ تیمار با چهار تکرار انجام شد. نتیجهٔ بررسی‌ها نشان داد که افزایش غلظت محلول، افزایش مدت زمان غوطه‌ورسازی در محلول، اجرای عمل هم‌زدن مداوم و کاهش pH، مقدار جذب SO_2 را افزایش می‌دهد. چگونگی افزایش SO_2 در گوجه‌فرنگی‌ها، تحت تأثیر هر یک از عوامل فوق از طریق جدول و منحنی ارائه شده است. مدل‌های رابطـه بـین میـزان جـذب SO_2 و غلظت محلول متابی سولفیت سدیم، مدت زمان غوطه‌ور سازی و اثر pH ارائه شد. آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها به روش دانکـن نشان داد که این افزایش‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.

واژه‌های کلیدی: گوجه‌فرنگی، رقم ریوگراند، خشک کردن آفتابی، جذب دی اکسید گوگرد، متابی سولفیت سدیم

مقدمه

مناطق مختلف کشورمان به واسطه شرایط آب و هوایی حاکم بر آن برای خشک کردن آفتابی میوه‌ها و سبزی‌هـا بـسیار مناسـب است. میوه‌هایی مانند انگور، زردآلو و گوجه سبز را می‌توان بـه روش نـام بـرده خـشک نمـود. در سـال‌هـای اخیـر، بـه ایـن محصولات، گوجه فرنگی نیز اضافه شـده اسـت. بـه دلیـل بـالا بودن میزان رطوبت گوجه‌فرنگـی، هزینـه خـشک کـردن آن در خشک کن بالا بوده و در برخی کشورها نیز گوجـه فرنگـی بـه صورت آفتابی خشک می‌شود (۶، ۸ و ۹).

مهم‌ترین تغییر نامطلوب که در ماده غذایی خشک شـده بـه وجود می‌آید "قهوه‌ای شدن رنـگ" اسـت (۱۱). قهـوه‌ای شـدن رنـگ، قبـل از خـشک شـدن، هنگـام خـشک کـردن و هنگـام انبارکردن ظاهر می‌شـود (۵ و ۷). در قهـوه‌ای شـدن رنـگ، دو عامل آنزیمی و غیر آنزیمی مؤثر است (۱۰). برای جلـوگیری از

۱. استادیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

قهوه‌ای شدن، به ویژه قبل از خشک شدن، میوه‌ها و سبزی‌ها تحت فرایند گوگرد زنی قرار می‌گیرد. دی اکسید گوگرد، هنگام خشک کردن و انبار کردن از قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی جلوگیری نموده (۱۷) و ضمن کاهش خطر آلودگی میکروبی، از اسید اسکوربیک و کاراتنوئیدها محافظت می‌کند. از این رو، هنگام خشک کردن میوه‌هایی مانند زرد آلو، سیب و سبزی‌هایی مانند گوجه فرنگی استفاده می‌شود (۱۹).

عمل گوگرد زنی به صورت قرار دادن میوه‌ها در یک اتاقک که با محیط بیرون به طور کامل ایزوله شده با سوزاندن گوگرد یا به صورت فروبردن میوه‌ها در محلول متابی سولفیت سدیم و یا پتاسیم انجام می‌گیرد. استفاده از روش دوم ضمن جلوگیری از آلوده شدن محیط به دلیل بالا بودن سرعت جذب فاز مایع، باعث صرفه‌جویی در زمان می‌شود. عواملی مانند رقم میوه و سبزی، غلظت بی سولفیت، درجه حرارت، pH و زمان فرو بردن در محلول بر روی میزان جذب دی اکسید گوگرد مؤثر است (۱۱، ۱۳ و ۱۴).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش گوجه فرنگی رقم ریوگراند که در مزارع دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه کشت شده بود مورد استفاده قرار گرفت و گوجه فرنگی‌ها پس از برداشت در گروه علوم و صنایع غذایی مورد فرایند واقع شد. در آزمایش، گوجه‌فرنگی‌های سالم، رسیده و قرمز رنگ برای استفاده انتخاب شد. گوجه‌فرنگی‌ها، شسته، درجه‌بندی و ردیف شده به صورت طولی به دو نیمه بریده و به داخل محلول متابی سولفیت سدیم فرو برده و سپس بر روی طبق‌های چوبی تا رطوبت ۸ درصد خشک شد. نسبت گوجه فرنگی‌ها به محلول ۱ به ۳ بوده است. گوجه فرنگی‌ها طوری زیر آفتاب پهن شدند که قسمت برش خورده آنها رو به آفتاب بود. گوجه فرنگی‌ها در دمای حداقل ۲۴ درجه و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۲-۳۰ درصد (۲) خشک شد. مدت زمان خشک شدن ۸-۷ روز بود.

به منظور جلوگیری از تغییرات شیمیایی و مبارزه با حشرات مضر خاص خشکبار، نمونه‌ها تا انجام آزمایش‌های مربوطه در داخل کیسه‌هایی از جنس پلی اتیلن سنگین (HDPE) که نسبت به نفوذ بخار آب بسیار مقاوم است، قرار داده شد و پس از ایجاد خلاء کامل با استفاده از روش حرارتی، درب بندی شد.

به منظور بررسی اثر غلظت محلول، مدت زمان غوطه‌ور سازی در محلول، هم‌زدن محلول، pH محلول بر میزان جذب SO_2 توسط گوجه‌فرنگی‌ها، طرح آزمایش زیر به عمل آمد. از هر ۱۶ کیلوگرم گوجه‌فرنگی تازه، ۱ کیلوگرم گوجه‌فرنگی خشک به دست آمد و آزمایش‌ها بر روی این گوجه فرنگی‌ها انجام گرفت.

به منظور بررسی اثر غلظت دی اکسید گوگرد جذب شده به گوجه فرنگی‌ها ضمن اجرای هم‌زدن مداوم، در محلول‌های متابی سولفیت سدیم با غلظت ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد به مدت ۲/۵ دقیقه قرار داده شدند. به‌منظور بررسی اثر مدت زمان غوطه‌ور سازی در محلول، گوجه فرنگی‌ها به مدت ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ دقیقه در محلول متابی سولفیت سدیم با غلظت ۶ درصد قرار گرفت و در تمامی این مدت عمل هم‌زدن مداوم اجرا شد.

هم‌چنین برای بررسی اثر هم‌زدن، گوجه فرنگی‌ها در محلول متابی سولفیت سدیم با غلظت ۶ درصد قرار داده شد و چهار روش هم‌زدن زیر اجرا شد.

الف) غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه و بدون هم‌زدن

ب) غوطه‌وری درمحلول متابی سولفیت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه و هر ۵ دقیقه هم‌زدن

ج) غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه و هر ۲/۵ دقیقه هم‌زدن

د) غوطه‌وری در محلول متابی سولفیت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه و هم‌زدن مداوم

جهت بررسی اثر pH، به داخل محلول متابی سولفیت با غلظت ۶ درصد (pH = ۴/۶۲)، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسید سیتریک اضافه و pH محلول به ترتیب به ۳/۶۲ و ۳/۴۲ تنظیم گردید و گوجه فرنگی‌ها در داخل این محلول‌ها ضمن اجرای عمل هم‌زدن مداوم به مدت ۴ دقیقه نگه‌داشته شد.

میزان رطوبت نمونه‌ها بر اساس روشAOAC (۴) و نیز روش تری‌پاتی و همکارانش (۱۸)، درصد مواد جامد محلول در آب، pH، اسیدیته کل قابل تیتر (برحسب اسید سیتریک بدون آب) بر اساس روش AOAC (۴)، میزان دی اکسید گوگرد براساس روش جمراوغلو و همکاران (۷) و استاندارد ملی (۳) انجام گرفت .

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی اثر غلظت، مدت زمان غوطه‌ور سازی، هم‌زدن و pH محلول بر میزان جذب SO_2 توسط گوجه فرنگی‌های خشک شده به روش آفتابی، آزمایش در چارچوب طرح آماری کرت‌های کاملاً تصادفی به ترتیب با پنج، چهار، چهار، سه تیمار و چهار تکرار انجام شد. برای انجام تجزیه تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS، از روش‌های تجزیه واریانس و رگرسیون خطی ساده استفاده شد. آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

برای تعیین برخی از خصوصیات گوجه فرنگی‌های رقم ریوگراند مورد استفاده در این طرح، پس از شستشو و سورتینگ، آزمایش‌های ماده خام به‌عمل آمد. در نتیجه این آزمایش‌ها، گوجه‌فرنگی‌ها دارای عرض متوسط ۵۰/۴۲ میلی‌متر، طول متوسط ۷۰/۰۲ میلی‌متر، وزن متوسط ۱۱۰/۲ گرم، بریکس متوسط ۴/۷۵، pH متوسط ۴/۵۳ و اسیدیته متوسط ۰/۴۹ گرم برصد گرم (برحسب اسید سیتریک بدون آب) بوده است که این ارقام با نتایج تحقیقات پیروزی فرد (۱) مطابقت دارد.

اثر غلظت محلول بر میزان جذب SO_2

در بررسی اثر غلظت محلول متابی سولفیت سدیم بر میزان جذب SO_2 توسط گوجه فرنگی‌ها ملاحظه شد که با افزایش غلظت، میزان جذب SO_2 افزایش یافته و در غلظت‌های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد از محلول، میزان جذب SO_2 به ترتیب ۱۶۷، ۹۳۱، ۲۲۶۶، ۴۶۷۲ و ۷۰۳۵ ppm می‌باشد (جدول ۱).

راسلو و همکارانش (۱۳ و ۱۴) هنگام فروبردن زردآلوهای تازه در محلول متابی سولفیت سدیم با غلظت‌های متفاوت، وجود یک رابطه خطی بین غلظت محلول و میزان جذب SO_2 را بیان نمودند. با استفاده از رگرسیون خطی ساده، رابطه بین غلظت محلول و میزان جذب SO_2 به صورت معادله $y = -۲۲۲۸/۹ + ۸۷۳/۸۵ x$ با ضریب تبیین $R^2=۰/۹۶$ درصد به دست آمد که در آن y میزان جذب SO_2 و x مقدار غلظت محلول است که به صورت نمودار نشان داده شده است (شکل ۱).

با استفاده از رابطه فوق و ضریب تبیین بسیار بالا، این معادله می‌تواند در غلظت‌هایی‌که آزمایش نشده‌اند، میزان جذب SO_2 توسط گوجه فرنگی‌ها را با اطمینان بالا اندازه‌گیری نماید.

مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن نشان داد که بین میانگین‌های به دست آمده در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

بررسی و مقایسه میانگین‌ها بر طبق آزمون دانکن نیز نشان داد که بین تمامی گروه‌ها تفاوت وجود دارد و هیچ یک از میانگین‌ها در یک گروه قرار نمی‌گیرد (جدول ۱).

اثر مدت زمان غوطه‌ورسازی در محلول متابی سولفیت سدیم بر میزان جذب SO_2 (هم‌زدن مداوم و غلظت ثابت ۶ درصد)

در بررسی اثر مدت زمان غوطه‌ور سازی در محلول متابی سولفیت سدیم بر میزان جذب SO_2 توسط گوجه فرنگی‌ها ملاحظه گردید که با افزایش مدت زمان غوطه ور سازی، میزان جذب SO_2 افزایش یافته و در مدت زمان‌های ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ دقیقه، میزان جذب SO_2 به ترتیب ۱۹۲۱، ۲۷۸۷، ۵۰۱۷ و ۶۲۰۲ ppm می‌باشد (جدول ۲).

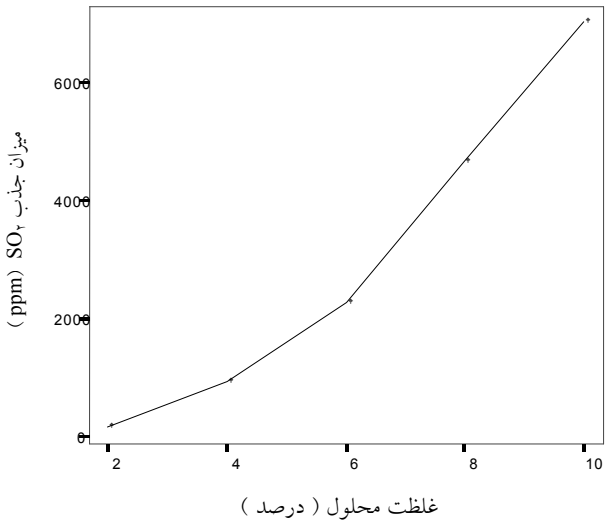
همان طوری که ملاحظه می‌شود، با افزایش مدت زمان غوطه‌ورسازی در محلول، میزان جذب SO_2 افزایش یافته است

جدول ۱. اثر غلظت محلول (مدت زمان ۲/۵ دقیقه، هم‌زدن مداوم) بر میزان جذب SO_2

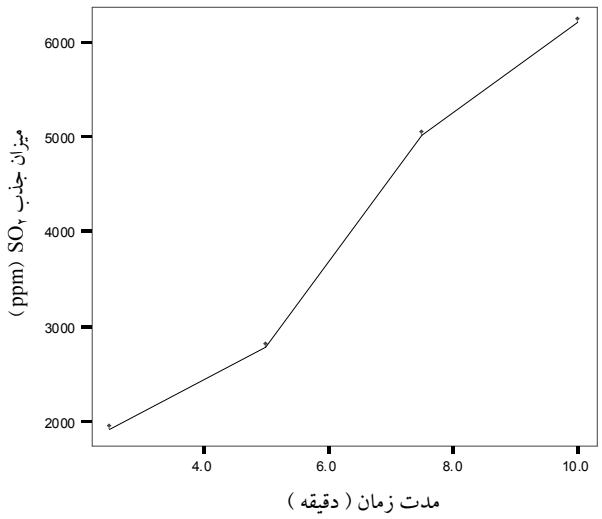
غلظت (درصد)	SO_2 جذب شده (ppm)
۲	۱۶۷ [e]
۴	۹۳۱ [d]
۶	۲۲۶۶ [c]
۸	۴۶۷۲ [b]
۱۰	۷۰۳۵ [a]

جدول ۲. اثر مدت زمان غوطه‌ورسازی در محلول بر میزان جذب SO_2 (هم‌زدن مداوم)

مدت زمان (دقیقه)	SO_2 جذب شده (ppm)
۲/۵	۱۹۲۱ [d]
۵	۲۷۸۷ [c]
۷/۵	۵۰۱۷ [b]
۱۰	۶۲۰۲ [a]



شکل ۱. اثر غلظت محلول بر میزان جذب SO_2 (مدت زمان ۲/۵ دقیقه – هم‌زدن مداوم)



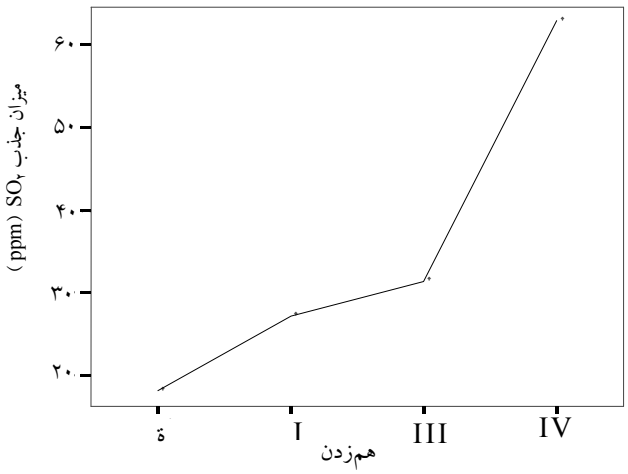
شکل ۲. اثر مدت زمان غوطه‌ور سازی در محاول بر میزان جذب SO_2 (هم‌زدن مداوم)

(شکل ۲). چنانکه پس از ۲/۵ دقیقه نگه‌داری در محلول، میزان جذب SO_2، ۱۹۲۱ ppm بوده و در اثر ۱۰ دقیقه غوطه‌ورسازی در محلول، میزان جذب SO_2 به ۳/۲ برابر افزایش و به ۶۲۰۲ ppm رسیده است. بر طبق جدول آنالیز واریانس Anova چون p=۰/۰۰ است، بین میانگین اثر تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد و بر طبق این آزمون مشخص گردید که هیچ یک از میانگین تیمارها در یک گروه قرار نمی‌گیرد (جدول ۲). با استفاده از رگرسیون خطی ساده، رابطه بین مدت زمان غوطه‌ور سازی در محلول و میزان جذب SO_2 به صورت معادله $y = ۲۱۳/۵ + ۶۰۲/۹۲ x$ با ضریب تبیین $R_2 = ۰/۹۷$ درصد به

جدول ۳. اثر هم‌زدن بر میزان جذب SO_2

روش هم‌زدن	SO_2 جذب شده (ppm)
I	۱۸۱۳[a]
II	۲۷۱۰[b]
III	۳۱۳۵[c]
IV	۶۲۸۸[d]



شکل ۳. اثر هم‌زدن بر میزان جذب SO_2

دست آمد که در آن y میزان جذب SO_2 و x مدت زمان غوطه‌ور سازی در محلول است.

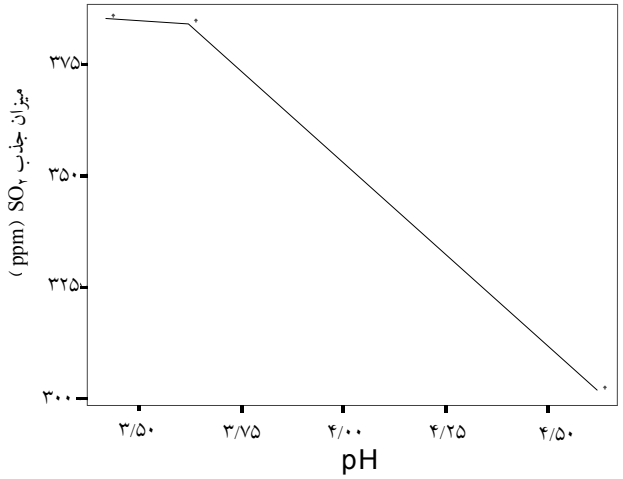
اثر هم‌زدن بر میزان جذب SO_2

بررسی اثر هم‌زدن (سیرکولاسیون)، بر میزان جذب SO_2، نشان داد که وقتی گوجه فرنگی‌ها در محلول ۶ درصد متابی سولفیت سدیم قرار دارند، هم‌زدن روی میزان جذب SO_2 مؤثر بوده است (جدول ۳). همچنان که، مقدار جذب SO_2 در نمونه‌هایی که به مدت ۱۰ دقیقه به صورت مداوم همزده شدند، حداکثر (۶۲۸۸ ppm) بود، در حالی‌که این مقدار در مورد گوجه‌فرنگی‌هایی که بدون هم‌زدن به مدت ۱۰ دقیقه در محلول نگه‌داری شدند، حداقل (۱۸۱۳ ppm) بوده است. یعنی با اجرای

جدول ۴. اثر pH محلول بر میزان جذب SO_2

pH محلول	SO_2 جذب شده (ppm)
۴/۶۲	۳۰۲۰[a]
۳/۶۲	۳۸۴۰[b]
۳/۴۲	۳۸۵۱[c]

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نیستند.



شکل ۴. اثر pH بر میزان جذب SO_2

عمل هم‌زدن، میزان جذب SO_2 حدود ۳/۵ برابر افزایش یافته است (جدول ۳ و شکل ۳). تحلیل واریانس (Anova) نشان می‌دهد که بین میانگین‌های به دست آمده، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که بین تمامی گروه‌ها تفاوت وجود داشته و هیچ یک از میانگین‌ها در یک گروه قرار نمی‌گیرند (جدول ۳).

اثر pH محلول بر میزان جذب SO_2

بررسی اثر pH محلول بر میزان جذب SO_2 نشان داد که اضافه کردن اسید به محلول متابی‌سولفیت سدیم، میزان جذب SO_2 توسط گوجه‌فرنگی‌ها را افزایش می‌دهد (جدول ۴ و شکل ۴).

چنانکه میزان جذب SO_2 در محلول فاقد اسید ppm ۳۰۲۰ و در محلول‌هایی که ۰/۲۵ و ۰/۵۰ درصد اسید اضافه شده است، این میزان به ترتیب ۳۸۴۰ و ppm ۳۸۵۱ بوده است (جدول ۴). تحلیل واریانس نشان داد که بین میانگین اثر تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تیماری که اسید اضافه نشده است در یک گروه جداگانه و تیمارهایی که اسید اضافه شده هر دو در یک گروه قرار دارند (جدول ۴). از سوی دیگر بین تیمارهایی که در محلول حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسید قرار گرفته، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. استافورد و بولین (۱۵) در تحقیقی، برای بررسی اثر pH بر میزان جذب SO_2، زردآلوهای خشک را در محلول ۵ درصد متابی سولفیت قرارداده و با افزودن اسید سیتریک و در نتیجه با کاهش pH بیان کردند که این امر، جذب SO_2 را به میزان زیادی افزایش داده است. در تحقیق دیگری استافورد و بولین (۱۶) با قرار دادن زردآلوهای تازه در محلول با pH پایین، ملاحظه کردند که میزان جذب SO_2 افزایش می‌یابد.

با استفاده از رگرسیون خطی ساده، رابطه بین pH محلول و میزان جذب SO_2 به صورت معادلهٔ $y = ۶۴۲۱/۷ - ۷۳۳/۶۳ x$ با ضریب تبیین $R_2 = ۰/۹۸$ درصد به دست آمد که یک رابطه خطی ساده است که در آن y میزان جذب SO_2 و x مقدار pH محلول می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین محترم سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت محترم جهاد کشاورزی که تمامی اعتبارات اجرای این طرح را تأمین نمودند، کمال سپاسگزاری را داریم.

منابع مورد استفاده

۱. پیروزی فرد، م. خ. ۱۳۸۰. بررسی و تحقیق به منظور تعیین واریته‌های مناسب گوجه فرنگی برای تولید رب گوجه فرنگی و تهیهٔ برگهٔ خشک گوجه فرنگی. طرح مشترک دانشگاه ارومیه و وزارت جهاد کشاورزی، ارومیه.

۲. سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۸۳. گزارش‌های شهریور - مهر ۱۳۸۳. اداره کل هواشناسی استان آذربایجان غربی، ارومیه.

۳. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۴۸. روش اندازه‌گیری انیدرید سولفورو در میوه‌های خشک شده. شماره استاندارد ۵۶۹، ایران .

4. Anon. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Chemists. K. Helerich (Ed.), Published by AOAC. Inc.,
5. Baloch, A. K., K. A. Buckle and R. A. E. Dwards. 1973. Measurement of non-enzymatic browning of dehydrated carrot. J. Sci. Food Agric. 24: 389-398.
6. Bassuoni, A. M. A. and A. M. Tayeb. 1982. Solar drying of tomatoes in the form of sheets. In Proceedings of Third International Drying Symposium. Vol. 1., J. C. Ashworth (Ed.), Birmingham, UK.
7. Cemeroglu, B. and J. Acar. 1986. Meyve- Sebze Isleme Teknolojisi. Gida Teknolojisi Dernegi, Yayin No: 6. 512 p.
8. Grupta, R. G. and N. Naft. 1984. Drying of tomatoes. J. Food. Sci. Technol. 21: 372.
9. Hawlader, M. N. A., M. S. Uddin, J. C. HO and A. B. W. Teng. 1991. Drying characteristics of tomatoes. J. Food . Eng . 14: 259-268.
10. Lee, F. A. 1975. Water and Solutions. In Basic Food Chemistry. The AVI Pub. Company Inc., Westport , C.T.
11. Reynolds, S. 1993. Packaging and Storing Dried Foods. Third Edition published. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences.
12. Rockland, L. B. and G. F. Stewart. 1981. Water activity: influences on food quality. Academic Press, NY., pp . 306-311.
13. Rosello, C., A. Berna, L. Sonties, J. Canellas and A. Mulet. 1989. Effects of dipping time, concentration and pH

values of the bisulfite in the apricots. Vol. 1. Physical Properties and Process Control. Elselver Sci. pub., New York.
14. Rosello, C., J. Conel-LAS, L. Santiesteban and A. Mulet. 1993. Simulation process of the absorption process of sulphure dioxide in apricots . lebensm . Wiss. U. Technol . 26: 322-328.
15. Stafford, A. E. and H. R. Bolin. 1972a. Absorption of aqueous bisulfite by apricots. J. Food Sci. 37: 941-943.
16. Stafford, A. E. and H. R. Bolin. 1972b. Improves fruit resulfuring. Food Eng. 44 : 128 – 130.
17. Taylor, S. L., N. A. Higley and R. K. Bush. 1986. Sulphides in foods: uses, analytical methods, residues, fate, exposure assesment, metabolism, toxicity and hypersensitivity. Adv. in Food Res. 30: 1-70.
18. Tripathi, R. N. and N. Nath. 1989. Effect of starch dipping on quality of dehydrated tomato slices. J. Food Sci. Technol. 26(3): 137-141.
19. Wedzichaqa, B . L. 1987. Review: Chemistry of sulphure dioxide in vegetable dehydration. Int. J. Food Sci. Technol. 22: 433 - 450.