بهینه‌سازی مصرف SO_2 در تولید برگه زردآلو

فرزاد گودرزی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۲۵)

چکیده

برای بهینه‌سازی کاربرد گوگود در خشک کردن زردآلو، ۴ تیمار: سولفیت زنی و خشک کردن، سولفیت زنی- آنزیم بری و خشک کردن، آنزیم بری- سولفیت زنی و خشک کردن و در نهایت، سولفیت زنی- خشک کردن تا ۵۰ درصد رطوبت اولیه - آنزیم بری و خشک کردن نهایی مورد بررسی قرار گرفت. سطوح گوگرد مورد استفاده از ۰ تا ۱۵۰۰ ppm گاز SO_2 و دمای خشک کن ۵۰ تا ۷۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. کیفیت برگه‌های تولیدی برمبنای میزان سفتی بافت و تیرگی رنگ ارزیابی شد. از یک روش سطح پاسخ (Response surface analysis) جهت تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده گوگرد عامل عمده در کنترل کیفیت برگه بوده و در حضور آن، نقش دما تعیین کننده‌ای نداشت. میزان گوگرد مصرفی اثر معنی‌داری بر مدت زمان خشک شدن محصول نداشت. آنزیم بری به شکل معنی‌داری زمان لازم برای خشک شدن محصول را کاهش داد، اما تأثیر مؤثر و مستقیمی بر رنگ و یا سفتی بافت محصول نداشت. در همه تیمارها، با افزایش دمای خشک کردن، درصدگوگرد باقی‌مانده در محصول کاهش یافت. آنزیم‌بری محصول پس از سولفیت‌زنی، میزان گوگرد باقی‌مانده در محصول را به طور معنی‌داری کاهش داد. سولفیت زنی و خشک کردن، همراه با مصرف ۹۰۰ ppm گاز SO_2 در دمای ۵۰ تا ۶۸ درجه سانتی‌گراد منجر به تولید محصولی با متوسط سفتی بافت ۱/۴۴ N/m^2 و تیرگی رنگ ۰/۰۷۱ Od گردید.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن زردآلو، سولفیت زنی، آنزیم بری، سفتی بافت، رنگ بافت

مقدمه

امروزه صنعت خشکبار در جهان بسیار بیشتر از گذشته رونق یافته و به یک تجارت ۱۴۲۰ میلیون دلاری بدل شده است. در این بین دستیابی به بازارهای مصرف و افزایش درآمد تولید کنندگان بخش کشاورزی منوط به افزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی و فرآورده‌های آنها است(۱۴).

تولیدات باغبانی ایران به جهت شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناسب از کیفیت بسیار خوب و مزیت نسبی مناسبی برای تولید برخوردار بوده و می تواند در تجارت جهانی قابل رقابت باشد. ایران پس از ترکیه دومین کشور تولید کننده زردآلو به شمار می‌رود، با این حال سالانه تنها ۸ الی ۱۴ هزار تن برگه زردآلو تولید و کمتر از یک سوم آن را صادر می‌کند. به لحاظ ارزش نیز متأسفانه برگه تولیدی ایران قیمتی کمتر از ۱ دلار دارد، حال آن‌که برگه تولیدی ترکیه حدود ۲ و فرانسه ۴/۵ دلار قیمت دارد. مطابق آمار سازمان خوار و بار جهانی سهم ایران از تجارت برگه زردآلو طی ۵ سال اخیر به طور متوسط ۲/۵ تا ۴ میلیون دلار بوده است(۱۳). این ارقام حکایت از پایین بودن کیفیت برگه‌های تولیدی ایران دارد. در حقیقت در صادرات

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: goodarzifarzad@gmail.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

برگه منافع بخش کشاورزی ایران از دو جهت دستخوش زیان است، نخست حجم پایین صادرات علی‌رغم تولید میوه فراوان و دوم قیمت نازل محصولات تولیدی به سبب کیفیت نه چندان مناسب. عمده‌ترین علل عدم پذیرش و یا پذیرش به قیمت بسیار نازل برگه ایران در بازارهای جهانی عبارت‌اند از سنتی بودن ساختار باغات، برداشت نامناسب میوه، عدم یک‌نواختی در ظاهر زردآلوی تولیدی و محصول نهایی، وجود انواع مواد خارجی و آلودگی‌های میکروبی در محصول، نامناسب بودن درصد رطوبت و نهایتاً وجود مقدار فراوان SO_2 در محصول. به این ترتیب در حالی که تلاش وافری برای افزایش درآمدهای غیر نفتی کشور در جریان است، ارزش افزوده قابل توجهی در بخش باغبانی کشور از دست می‌رود(۲ و ۱۴) .

گوگردزنی یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال مؤثرترین روش‌ها در تولید خشکبار است. علت استفاده گسترده از ترکیبات گوگردی در غذاها را می‌توان به حلالیت بالای این ترکیبات در آب، نقش ممانعت کنندگی آنها در رشد کپک‌ها و باکتری‌ها، غیر فعال کردن واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی و کمک به حفظ ویتامین C و دیگر ترکیبات حساس به اکسایش غذا نسبت داد(۵). در کنار این مزایا، خارج نمودن گوگرد اضافی از غذا نیز آسان است. با این حال کاربرد ترکیبات گوگردی اثرات منفی نیز بر روی غذا و مصرف کننده دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: از بین بردن ویتامین B۱، ایجاد بو و طعم نامطلوب در غذا در غلظت‌های بالا، ایجاد مشکلات تنفسی برای افراد مبتلا به آلرژی. در برخی گزارش‌ها نیز بروز عوارضی چون جلوگیری از تقسیم میتوز، کاهش رشد سلولی و ایجاد اختلالات کروموزومی در مصرف کنندگان به کاربرد ترکیبات گوگردی نسبت داده شده است. حداکثر مصرف روزانه قابل قبول SO_2 برابر ۰/۷ mg/kg خواهد بود. بنابراین برای یک فرد بالغ با وزن معمولی (۶۰kg)، سطح مصرف مجاز روزانه ۴۲ mg خواهد بود(۱ و ۶).

براین اساس مطالعات فراوانی در راستای حذف یا به حداقل رساندن مصرف ترکیبات گوگردی در خشکبار صورت گرفته است. سن هاجی طی مطالعات خود روی خشک کردن زرد آلو گزارش نمود که انجام فرایندهای آنزیم بری و سولفور زنی با محلول حاوی ۱۰۰۰ ppm گاز SO_2 و سپس خشک کردن در دمای کمتر از $70^{\circ}C$ سبب تولید محصولی با کمترین تیرگی شد. مدت زمان تیمار کردن نمونه‌ها با محلول‌های بی سولفیت سدیم و یا گاز گوگرد تأثیری در زمان خشک کردن محصول نداشت(۱۶). مطالعات مک‌بین نشان داد که میوه‌های زودرس به دلیل میزان قند کمتر و اسید بیشتر نیاز به سولفورزنی طولانی‌تری دارند. این میوه‌ها سرعت جذب سولفور کمی دارند و برعکس میوه‌های با قند بالاتر دی‌اکسید سولفور را سریع‌تر جذب کرده زیرا مکان‌های اتصال بیشتری در دسترس دارند(۱۲). داهلنبورگ در تحقیقی به بررسی اثر افزایش دمای سولفورزنی بر کیفیت برگه‌ها پرداخته و دریافت که با افزایش دمای سولفورزنی بر میزان تیرگی محصول طی نگه‌داری اضافه می‌شود(۸). نچوگلود به بررسی امکان استفاده از هیدروکسید مس و هیدروکسید کلسیم برای بهبود کیفیت خشکبار و کاهش مقدار مصرفی SO_2 پرداخت اما ارتباط معنی‌داری بین هیدروکسیدهای مس و کلسیم با کاهش SO_2 و افزایش عمر ماندگاری محصول نیافت(۱۳).

رتک با مقایسه SO_2 باقی‌مانده در برگه‌های زردآلو تولید شده به روش‌های خشک‌کردن آفتابی، سایه و ماشینی، چنین بیان نمود که در خشک‌کردن ماشینی مقدار SO_2 باقی‌مانده در محصول بالاتر خواهد بود و کمترین میزان در روش سایه‌ای حاصل می‌شود. در خشک‌کردن سایه‌ای رنگ محصول بیشتر تیره می‌شود اما روش‌های مختلف در زمان رسیدن به مقدار دانسیته نوری (Od)(Optical density) ۰/۳، اختلافی با یکدیگر ندارند(۱۵).

قدس‌ولی برای گوگرد زدن برگه‌ها، استفاده از محلول‌های گوگردی را بهتر از اتاق دود دانست، زیرا میزان گوگرد باقی‌مانده در محصول کمتر خواهد بود. وی استفاده از محلول تیوسولفات ۷-۶ درصد را برای کاهش زمان غوطه وری میوه در محلول پیشنهاد کرد(۲). عین‌افشار در مطالعه‌ای به مقایسه دو

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

روش گوگردزنی و مایکروویو برای آلودگی‌زدایی خشکبار پرداخته و استفاده از روش ماکروویو را به جای گوگردزنی پیشنهاد نمود(۳).

در این مطالعه تلاش شده است با به کارگیری توام روش‌هایی مانند آنزیم بری و دماهای مختلف خشک کردن، ضمن تولید محصولی با سفتی و رنگ بافت مناسب و یکنواخت، میزان SO_2 مصرفی و باقی‌مانده در برگه تا حد امکان کاهش داده شود.

مواد و روش‌ها

یک رقم زردآلودی دیررس (رقم نادری ملایر با تاریخ گل دهی دهه اول اردیبهشت) تهیه و تا انجام آزمایش‌ها دریخچال با دمای $4\pm1\ ^{\circ}C$ نگه‌داری گردید.نمونه‌ها به چهار قسمت مساوی تقسیم و هر قسمت پس از طی مراحل آماده سازی (شستشو، دونیم شدن و هسته‌گیری) توسط یکی از ۴ تیمار:

الف) سولفیت زنی و سپس خشک کردن نمونه‌ها: (Sulfiting and drying ;SD)

ب) سولفیت زنی، آنزیم بری و سپس خشک کردن نمونه‌ها: (Sulfiting,blanching and drying ;SBD)

ج) آنزیم بری، سولفیت زنی و سپس خشک کردن نمونه‌ها: (Blanching, sulfiting and drying ;BSD)

د) سولفیت زنی، خشک‌کردن اولیه، آنزیم بری و سپس خشک کردن نهایی نمونه‌ها

(Sulfiting,initial drying,blanching and final drying ; SD1BD2)

فراوری شدند. برای خشک کردن نمونه‌های آماده شده از یک دستگاه خشک کن کابینتی آزمایشگاهی Suuny مدل M5140 ساخت ژاپن استفاده گردید. دمای خشک کردن نمونه‌ها ۵۰، ۵۶، ۶۲، ۶۸ و ۷۴ درجه سانتی‌گراد و حد نهایی خشک شدن، کاهش رطوبت نمونه‌ها به سطح ۱۴تا ۱۸٪ بود.

تیمارهای سولفور به کار رفته در فرایند سولفیت‌زنی نمونه‌ها شامل محلول‌هایی با غلظت ۰،۳۰۰،۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰، ۹۰۰، ۱۱۰۰ و ppm ۱۵۰۰ سولفیت بود و در سه تکرار به اجرا درآمد. مطابق آزمایش‌ها محلول حاوی ۱/۵ گرم در لیتر متابی‌سولفیت‌سدیم، غلظتی معادل ppm ۱۰۰۰ گاز SO_2 را داراست(۱۱).

سفتی بافت برگه‌های تولیدی توسط دستگاه Instron مدل H5K-S ساخت شرکت هانسفیلد(Hounsfield, LTD) انجام شد. روش اندازه‌گیری بدین صورت بود که ۱ عدد برگه زردآلو به شکلی که سطح مقعر آن رو به بالا باشد درون محفظه دستگاه قرار گرفته و سپس توسط یک سیلندر مسطح (پروب) با قطر ۰/۱ اینچ ۲ محل مختلف آن سوراخ می‌شد.سرعت فرود پروب در این آزمایش ۱ سانتی‌متر در دقیقه و عمق نفوذ(Load Cell) آن ۲/۵ سانتی‌متر انتخاب شد. این عمل برای ۳ عدد برگه و در ۳ تکرار انجام شده و در نهایت میانگین حداکثر نیروی ثبت شده توسط دستگاه برای ۱۸ مرتبه آزمایش(F)، به کمک رابطه $H=F/(\pi DL)$ که در آن D قطر پروب و L ضخامت نمونه بود تصحیح وبه عنوان سفتی بافت نمونه‌ها بر حسب نیوتن بر متر مربع (H)ثبت می‌گردید(۸).

برای اندازه‌گیری تیرگی بافت برگه‌ها ۱۰ گرم نمونه خشک شده در یک بالن ۲۵۰cc برای مدت ۲۴ ساعت در تماس با ۱۰۰cc محلول ۵۰٪ حجمی اتانول قرار می‌گرفت. سپس محتوای ظرف از کاغذ واتمن شمارهٔ ۲ عبور داده شده و میزان دانسیته نوری عصاره صاف شده به وسیلهٔ دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۴۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شد. آزمایش در سه تکرار به اجرا در آمده و میانگین به عنوان تیرگی تیمار ارزیابی می‌گردید(۸ و۱۷).

برای هر تیمار، منحنی خطوط هم تراز(Contour lines) (در نمودارهای صفحه‌ای از اتصال مجموعه نقاطی که مقادیر مولفه مورد نظر برای آنها یکسان است(نقاط هم ارزش) منحنی یا خطی به دست می‌آید که اصطلاحاً کنتور نامیده می‌شود. مجموعه چندین کنتور یک نمودار صفحه‌ای را تشکیل می‌دهد (شکل۱ تا ۴) رنگ و سفتی بافت محصول با استفاده از روش Response surface analysis و نرم افزار Slide Writeرسم گردیده و مجموعه شرایطی که سبب تولید محصول با کیفیت مشابه می‌گردد تعیین شد. سپس در آن تیمار، مناسب‌ترین مجموعه سطوح دما و گوگرد مصرفی که منجر به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

تولید محصولی با کمترین میزان رنگ و سفتی بافت (بالاترین کیفیت) می‌شود، انتخاب گردید. از بین مجموعه شرایط ارایه شده ،کمترین سطح گوگرد مصرفی به همراه دمای متناظر آن به عنوان فاکتورهای شاخص معرفی شد.

برای انتخاب مناسب‌ترین روش تولید، میزان تیرگی رنگ، سفتی بافت و باقی‌مانده گوگرد در محصولات منتخب تیمارهای۴ گانه اندازه‌گیری گردید. در نهایت میزان تیرگی رنگ، سفتی بافت و باقی‌مانده گوگرد در برگه‌ها در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار با هم مقایسه و روشی که با مصرف کمتر گوگرد، محصولی با کیفیت بهتر ارائه داده به عنوان روش منتخب معرفی شد. ملاک انتخاب بهترین محصول، رنگ و سفتی بافت و میزان گوگرد باقی‌مانده کمتردر بافت محصول بود.

در این مطالعه اندازه‌گیری سولفید به روش مونیه – ویلیامز انجام گردید. مبنای این روش تقطیر انیدریدسولفورو موجود در نمونه در حضور یک اسید و در محیط گاز ازت، و جذب آن توسط یک اکسنده مانند ید است که به تولید اسید سولفوریک ختم می‌شود. در نهایت این اسید توسط سود ۰/۰۵ نرمال تیتر می‌شود. هر سی‌سی سود مصرفی معادل ۰/۰۰۱۶ گرم SO_2 خواهد بود(۴ و ۷).

آنزیم‌بری نمونه‌ها نیز توسط قرار دادن نمونه‌ها در معرض بخار آب به مدت ۱ دقیقه اجرا شد(۲).

برای مطالعه اثر تیمارهای آزمایشی روش تولید، سطوح گوگرد مصرفی و دمای خشک کردن بر زمان خشک شدن محصول تا رسیدن به محتوای رطوبت ۱۸٪ – ۱۴ ٪ و میزان گوگرد باقی‌مانده در محصول از برگه‌هایی استفاده شد که میزان سطوح گوگرد مصرفی در آنها ۰ ، ۳۰۰، ۷۰۰، ۱۱۰۰ و ۱۵۰۰ پی پی ام و دماهای به کار رفته برای خشک کردن آنها ۵۰ ، ۶۲ و ۷۴ درجه سانتی‌گراد بود.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای فرآیند بر کیفیت رنگ برگه‌ها

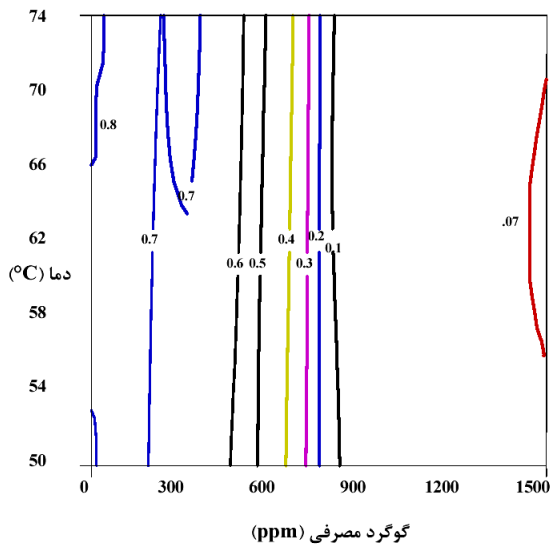
نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری میزان رنگ برگه‌ها در شکل‌های ۱ تا ۴ منعکس شده است. دقت در این نمودارها نشان می‌دهد که در مقادیر کمتر از ppm ۵۰۰ گوگرد، تیمار B.S.D محصولی با کمترین رنگ تولید نموده است و محصول تولیدی به وسیله سایر روش‌ها دارای رنگ تیره‌تری می‌باشد. تیرگی رنگ در تیمار S.D و در شرایط بدون گوگرد، در دمای بیشتر از ۶۴ درجه به بیشترین حد خود می‌رسد. این وضعیت هنگام مصرف گوگرد در مقادیری بالاتر از ppm ۵۰۰ تغییر کرده و با افزایش آن تا ppm۸۵۰ رنگ محصول تولیدی به شدت کاهش یافته و در همه تیمارها به حدود ۰/۱ واحد دانسیته نوری (Od) می‌رسد. وجود خطوط نزدیک و به هم فشرده در منحنی‌های هم رنگ (Contour) نشان دهنده کاهشی سریع در تیرگی رنگ برگه‌های تیمارهای مختلف است. هم چنین این منحنی‌ها نشان می‌دهند که مقادیر بیش ازppm ۸۵۰ گوگرد، تأثیر چندانی در کاهش رنگ برگه‌ها ندارد، به طوری که در همه تیمارها، افزایش میزان گوگرد مصرفی تا ppm ۱۵۰۰ ، منجر به کاهش رنگ برگه‌ها از ۰/۱ به حداقل ۰/۰۷(Od) شد. در تیمار SD1BD2 با مصرف ppm ۱۵۰۰ گوگرد و دمای بالاتر از ۶۸ درجه، میزان رنگ برگه‌ها مجدداً افزایش یافته و به ۰/۱ (Od) رسید.

عدم وجود خطوط هم تراز رنگ قابل توجه در فاصله ۹۰۰ تا ppm ۱۵۰۰ گوگرد در همه تیمارها نشانگر عدم وجود تغییرات قابل توجه در میزان رنگ برگه‌ها است. کمترین میزان گوگردی که کمترین رنگ را در محصول تیمارهای ۴گانه ایجاد کرد در تیمار SD ppm۱۴۵۰در دمای خشک کردن $^{\circ}C$ ۷۰ – ۵۴، در تیمارBSD ppm ۱۱۰۰ در دمای $^{\circ}C$ ۶۴ – ۵۰، در تیمارSBD ppm ۱۲۰۰ در دمای $^{\circ}C$ ۶۴ – ۵۰ و در نهایت در تیمار SD1BD2 ppm ۱۱۰۰ در دمای $^{\circ}C$ ۶۶ – ۵۰ برآورد گردید.

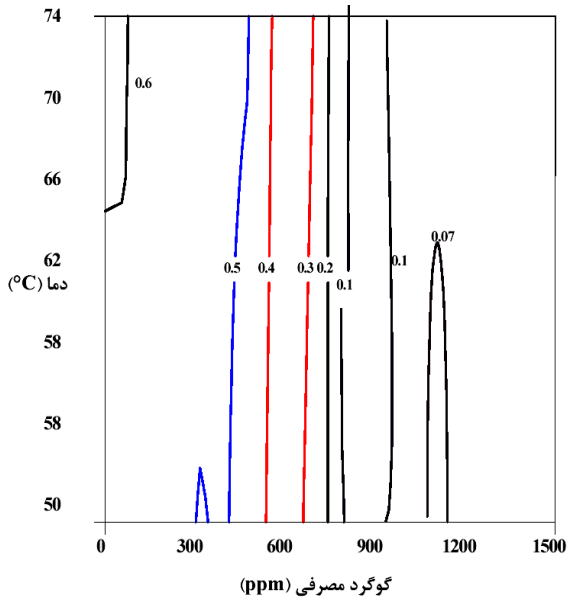
خطوط هم‌تراز رنگ این تیمارها نشان می‌دهدکه رنگ نهایی محصول عمدتاً تحت تأثیر میزان گوگرد مصرفی است و افزایش دما تأثیر زیادی در میزان رنگ برگه‌ها ندارد. این وضعیت خصوصاً برای مقادیر بیش از ppm ۴۰۰ گوگرد در تمامی تیمارها صدق می‌کند. استفاده از فرآیند آنزیم‌بری نیز تنها

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

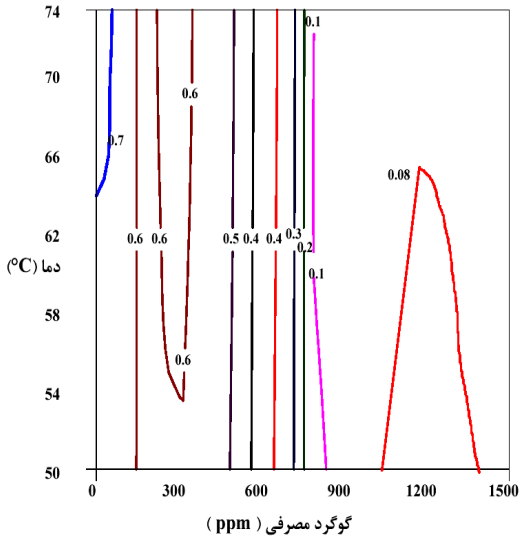
[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]



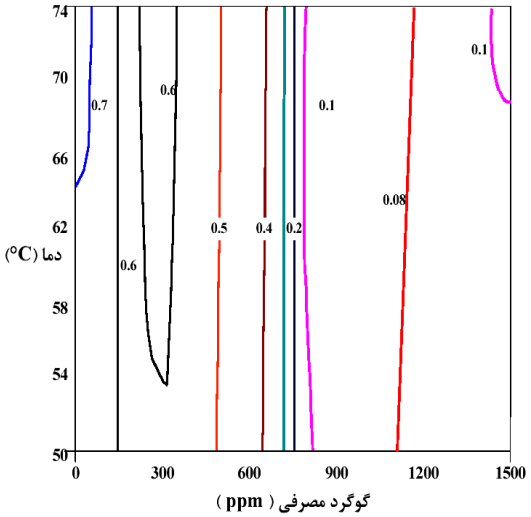
شکل۱. خطوط هم تراز رنگ برای نمونه‌های تهیه شده به روش SD (در مقادیر بیش از ۸۵۰ppm گوگرد تراکم خطوط هم رنگ به حداقل رسیده و خطوط به صورت یک صفحه افقی تغییر وضعیت می‌دهند.)



شکل۲. خطوط هم تراز رنگ برای نمونه‌های تهیه شده به روش BSD (بیشترین تأثیرگذاری گوگرد و در نتیجه تراکم خطوط هم رنگ در محدوده ۴۰۰ تا ۸۰۰ ppm دیده می‌شود.)



شکل۳. خطوط هم تراز رنگ برای نمونه‌های تهیه شده به روش SBD (در مقادیر بالای مصرف گوگرد، انجام آنزیم‌بری پس از سولفیت‌زنی تأثیر زیادی در کاهش رنگ محصول ندارد.)



شکل۴. خطوط هم تراز رنگ برای نمونه‌های تهیه شده به روش SD_1BD_2 (کاربرد گوگرد بالاتر از ppm ۱۴۰۰ و دمای بیش از ۶۶ درجه سبب تیره‌تر شدن رنگ محصول می‌شود.)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

در مقادیر کمتر از ppm ۵۰۰ گوگرد مؤثر بوده و هنگام به‌کار بردن مقادیر بیش از ppm ۵۰۰ گوگرد و خصوصاً در محدوده ppm ۹۰۰-۸۰۰ ، فرایند آنزیم‌بری تأثیری قابل توجهی در میزان رنگ برگه‌ها نداشت. جاسلین و همکاران نیز در گزارش خود تأثیر آنزیم‌بری بر رنگ محصول را در مقادیر ppm۱۰۰۰ - ۸۰۰ گوگرد قابل اغماض دانستند(۱۰). به نظر می‌رسد وجود مقدار بالای گوگرد در محیط، باعث غیر فعال شدن مکانیسم‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی در میوه شده(۱، ۱۷ و۲۰)، لذا انجام فرایند آنزیم‌بری برای غیر فعال کردن حرارتی آنزیم‌ها تأثیر بیشتری بر کاهش رنگ نداشته است.

اثر تیمارهای فرایند بر سفتی بافت برگه‌ها

با افزایش میزان گوگرد مصرفی، از میزان سفتی بافت برگه‌ها کاسته شد (شکل‌های ۵ تا ۸). این کاهش سفتی در تیمارهایی که میزان مصرف گوگرد در آنها بین ۵۰۰ تا ppm ۸۵۰ بود با شیب تندی صورت پذیرفت. وجود خطوط متراکم در نمودارهای همتراز تیمارهای مربوطه نشانگر همین موضوع است. .با مصرف گوگرد در مقادیر بیشتر از ppm ۸۵۰، سفتی بافت با شیب ملایم‌تری کاهش یافت. به عبارت دیگر کاستن از میزان سفتی بافت برگه‌ها نیازمند مصرف مقدار زیادتری گوگرد است. خشک کردن در دماهای کم، منجر به تولید محصولی با سفتی کمتر شد، حال آن که در دماهای میانی (۶۸ تا ۷۰ درجه) محصولی با سفتی بالاتر ایجاد شد. در حقیقت استفاده از دماهای میانی جهت خشک کردن محصول، مستلزم به کارگیری مقدار گوگرد بیشتری بود. بروز پدیده Case hardening هنگام خشک کردن میوه در دماهای بالا این نتیجه را توجیه می‌کند(۱، ۱۸ و۱۹). این نتایج، گزارش داهلنبورگ را تأیید می‌کند(۸).

دقت در شکل‌های سفتی بافت نشان می‌دهند که تیمارهای SD1BD2 و SD هنگام مصرف مقادیر گوگرد بالاتر از ppm ۸۰۰، محصولی با کمترین سفتی بافت را تولید می‌کنند. در این میان تیمار نخست کمترین سفتی را ایجاد کرد. با این حال در مقادیر گوگرد ppm ۱۱۰۰ و محدوده دمایی کمتر از ۶۰ و بیشتر از ۷۰ درجه میزان سفتی بافت این دو تیمار بسیار نزدیک به یکدیگر خواهد بود.

نتایج به دست آمده نشان داد که اجرای عملیات آنزیم‌بری در تیمارهای SBD یا BSD سبب سفتی بافت محصول نهایی گردیده است. ضمن آن که میزان سفتی بافت در تیمار SBD بیشتر از BSD است. آنزیم‌بری سبب حذف بخشی گوگرد جذب در بافت شده و تفاوت در سفتی بافت این دو تیمار را باعث شده است. در هر دو تیمار با افزایش مصرف گوگرد، سفتی بافت کاهش می‌یابد. در مقادیر کمتر از ppm ۴۰۰ گوگرد، اجرای عملیات آنزیم‌بری به کاهش سفتی بافت نمونه‌های هر ۴ تیمار کمک می‌کند.

وجود انحراف در خطوط هم تراز سفتی بافت هر تیمار نشانگر اثر حرارت بر سفتی بافت است. انحرافات این خطوط از خط راست در مقادیر کمتر از ppm ۵۰۰ گوگرد بیشتر است این امر نشان دهنده تأثیرگذاری بیشتر دمای خشک کردن بر کیفیت برگه‌ها در مقادیر پائین گوگرد است. حال آن که در مقادیر بالاتر گوگرد، نقش دما تا حد زیادی کمرنگ شده و تحت تأثیر میزان مصرف گوگرد قرار می‌گیرد. اثر دما بر سفتی بافت محصول بیش از اثر دما بر رنگ محصول است. زیرا عامل رنگ به شدت تحت تأثیر گوگرد و وقوع واکنش‌های آنزیمی یا غیر آنزیمی در میوه قرار دارد. نظرات علیزاده و ودزیچا این موضوع را تأیید می‌کند(۱و۲۰)

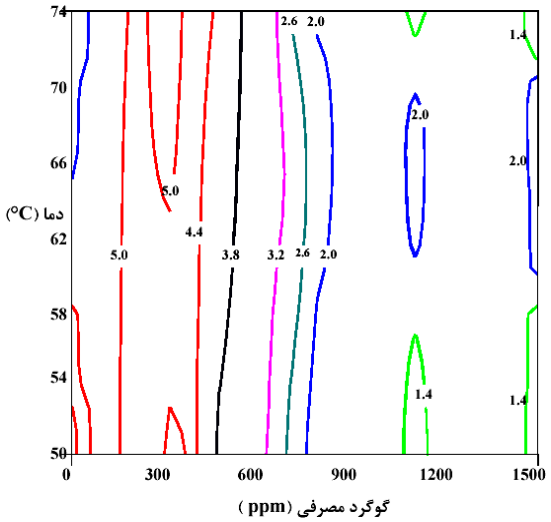
بر اساس همپوشانی سطوح خطوط هم تراز رنگ و سفتی بافت هر تیمار، شرایط مناسب فراوری برگه‌ها برای هر تیمار به شرح ذیل انتخاب و در جدول ۱ آورده شده است.

اثر تیمارهای فرایند بر مدت زمان خشک شدن و میزان باقی‌مانده گوگرد در محصول

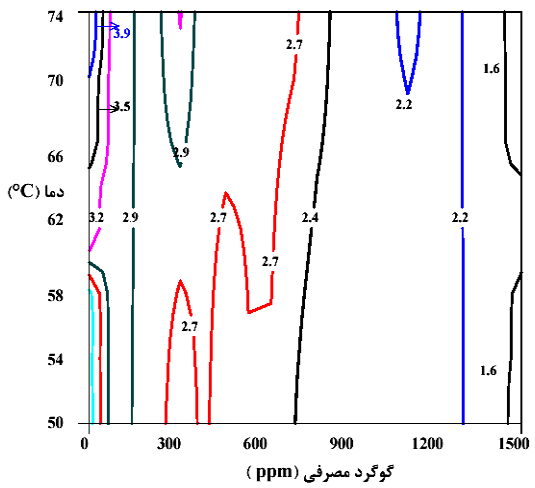
اثر تیمارهای دمای و نوع فرایند خشک کردن بر مدت زمان لازم برای کاهش رطوبت محصول به حدود ۲۰٪ در سطح ۵٪ معنی‌دار بود ولی سطوح گوگرد مصرفی اثر معنی‌داری را بر این عامل نشان نداد(جدول۲). مطابق این نتایج روش‌های SBD و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

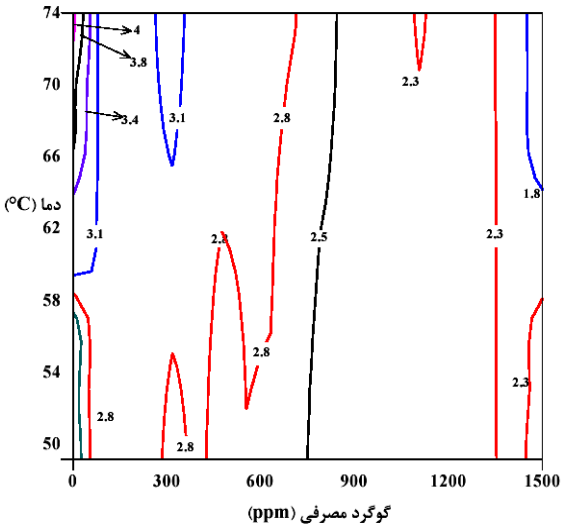
[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]



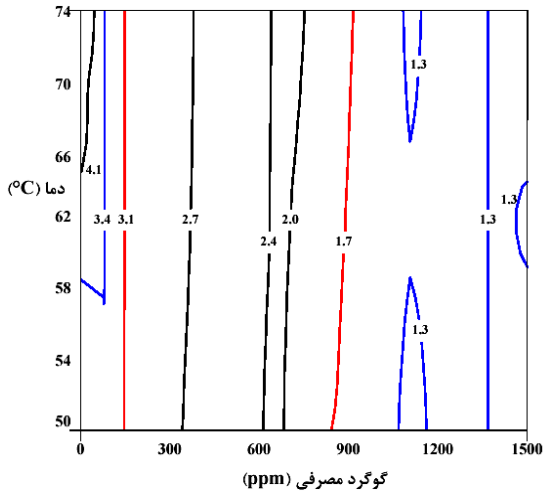
شکل۵. خطوط هم‌تراز سفتی بافت نمونه‌های تهیه شده به روش SD (در دماهای کمتر از ۵۸ یا بیشتر از ۷۰ درجه، همراه با مقادیر گوگرد بیش از ppm ۸۰۰ کمترین سفتی بافت حاصل می‌شود.)



شکل۶. خطوط هم‌تراز سفتی بافت نمونه‌های تهیه شده به روش BSD (فرایند آنزیم‌بری هم‌زمان با مصرف مقادیر بالای گوگرد، سفتی بافت محصول را نسبت به دیگر روش‌ها به میزان کمتری کاهش می‌دهد.)



شکل۷. خطوط هم‌تراز سفتی بافت نمونه‌های تهیه شده به روش SBD (انجام آنزیم‌بری پس از سولفیت‌زنی، به دلیل حذف بخشی از گوکرد محصول باعث افزایش سفتی بافت شده است.)



شکل۸. خطوط هم‌تراز سفتی بافت نمونه‌های تهیه شده به روش SD_1BD_2 (درمقادیر بیش از ppm ۹۰۰. گوگرد، سفتی بافت محصول تقریباً ثابت است.)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

جدول ۱. شرایط مناسب تولید برگه زردآلو توسط تیمارهای مختلف فراوری

عامل / تیمار	SD	BSD	SBD	SD_1BD_2
گوگرد مصرفی (ppm)	۹۰۰–۱۱۰۰	۱۴۵۰	۱۴۵۰	۱۰۵۰–۱۱۲۰
دمای خشک کردن (°C)	۶۸< یا ۶۰>	>۶۶	>۶۶	۵۰ – ۵۶

جدول۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر زمان خشک شدن و درصد حذف گوگرد از محصول نهایی

تیمارهای آزمایشی	سطح گوگرد (ppm)				دمای خشک کن (°C)			روش فراوری			
	۳۰۰	۷۰۰	۱۱۰۰	۱۵۰۰	۵۰	۶۲	۷۴	SD	SBD	BSD	SD1BD2
درصد حذف گوگرد*	۷۱/ ۵ a	۷۴/ ۴ a	۷۷/۰۵ b	۸۰/ ۳ c	۹۱/ ۳ c	۷۲/ ۱ b	۶۴/ ۰۴a	۷۳/۳۳ a	۷۹/ ۸ c	۷۴/ ۷ab	۷۵/۳۸ b
زمان خشک شدن* (ساعت)	۱۷/۸۵ a	۱۷/۸۶ a	۱۸ a	۱۷/۸۲ a	۲۲/۵ c	۱۷/۴ b	۱۳/۷ a	۱۸/۵ b	۱۶/۷ a	۱۶/۶a	۱۹/۷c

*: میانگین‌های هر تیمار به طور مجزا مورد مقایسه آماری قرار گرفته و اعداد دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

BSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما این دو روش، نسبت به روش SD و SD_1BD_2 سریع‌تر بودند. لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که آنزیم‌بری به شکل معنی‌داری زمان خشک شدن محصول را کوتاه می‌کند. با افزایش درجه حرارت، سرعت خشک شدن نمونه‌ها نیز به شکل معنی‌داری افزایش یافت.علت این امر تخریب دیواره‌های سلولی میوه در اثر حرارت آنزیم‌بری و در نتیجه امکان حذف سریع‌تر آب از بافت تخریب شده میوه است(۱۶).

هر سه تیمار روش فراوری ، گوگرد مصرفی ودمای خشک کردن ، میزان گوگرد باقی‌مانده در محصول را به شکل معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهند(جدول۲). با افزایش دما از میزان اتلاف گوگرد محصول کاسته شد. تبدیل سولفیت به سولفات در دماهای بالا می‌تواند توجیهی برای این وضعیت باشد. زیرا مقدار فراریت سولفیت بیش از سولفات است و در دماهای پایین خشک کردن، به دلیل آن که بخش اعظم گوگرد محصول به شکل سولفیت باقی می‌ماند مقدار فراریت آن بیشتر خواهد بود(۱و۱۹). لذا استفاده از دماهای پایین طی خشک کردن محصول باعث کاهش قابل توجه و معنی‌دار در میزان گوگرد باقی‌مانده در محصول پس از خشک شدن می‌شود(۱۰). مصرف بیش از ۷۰۰ppm گوگرد، اتلاف آن را به شکل معنی‌داری افزایش داد ولی در مقادیر کمتر، اختلافی در میزان اتلاف گوگرد در محصولات مختلف دیده نشد. اعمال فرایند آنزیم‌بری پس از گوگردزنی سبب اتلاف بیشتر در گوگرد اولیه موجود در نمونه‌ها شد. بیشترین میزان اتلاف گوگرد در روش SBD و کمترین آن در روش SD مشاهده گردید. بین تیمارهای SD با BSD و BSD با SD1BD2 اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

تغییرات سفتی بافت، رنگ و باقی‌مانده گوگرد برگه‌های منتخب طی دوره نگه‌داری

برای اجرای این بخش از مطالعه، برگه‌هایی در ۶ شرایط مختلف تولید(جدول۳) و اندازه‌گیری‌های ماهانه روی تغییرات رنگ و سفتی بافت و میزان باقی‌مانده گوگرد در آنها صورت گرفت.

نتایج حاصل نشان داد که روش‌های تولید و مدت نگه‌داری اثر معنی‌داری بر تغییرات رنگ، سفتی بافت و میزان گوگرد محصول در سطح ۵٪ داشته است. از ماه سوم، اختلاف معنی‌داری در میزان تیرگی برگه‌ها پدید آمده و با گذشت زمان نگه‌داری، میزان تیرگی برگه‌ها افزایش یافت. رنگ برگه‌های

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

جدول۳. شرایط تولید برگه‌ها برای مطالعه اثرزمان نگه‌داری بر عامل‌های منتخب

شماره روش	روش تولید	میزان گوگرد مصرفی (ppm)	دمای خشک کردن($^{\circ}C$)
۱	SD	۹۰۰	۵۰
۲	SD	۹۰۰	۶۸
۳	SBD	۱۴۵۰	۶۸
۴	BSD	۱۴۵۰	۶۸
۵	SD_1BD_2	۱۰۵۰	۶۸
۶	SD_1BD_2	۱۰۵۰	۵۰

جدول۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای روش فراوری و زمان نگه‌داری بر میزان اتلاف باقی‌مانده گوگرد موجود در بافت محصول (ppm)

زمان نگه‌داری (ماه) / روش تولید	۱	۲	۳	۴	۵	۶
زمان تولید (۰)	۳۲۳^{gh}	۹۳^{qrs}	۴۱۰^{a}	۳۳۸^{e}	۳۳۳^{ef}	۹۷^{q}
۱	۳۱۸^{hi}	۸۹^{qrst}	۴۰۶^{a}	۳۳۲^{efg}	۳۲۹^{efg}	۹۴^{qr}
۲	۳۱۳^{ij}	۸۴^{stu}	۳۹۷^{b}	۳۲۸^{fg}	۳۲۵^{fgh}	۹۲^{qrs}
۳	۳۰۴^{jk}	۸۲^{tuv}	۳۸۲^{c}	۳۱۷^{hi}	۳۱۲^{ij}	۸۷^{rst}
۴	۲۷۵^{m}	۷۵^{uvw}	۳۴۷^{d}	۲۸۹^{l}	۲۸۵^{l}	۸۰^{tuv}
۵	۲۵۲^{o}	۷۰^{wx}	۳۱۸^{hi}	۲۶۵^{n}	۲۶۲^{n}	۷۳^{vwx}
۶	۲۳۷^{p}	۶۴^{x}	۳۰۰^{k}	۲۵۱^{o}	۲۴۸^{o}	۶۷^{wx}

*: میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای روش فراوری و زمان نگه‌داری بر میزان تیرگی رنگ بافت محصول(Od)

زمان نگه‌داری (ماه) / روش تولید	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۰	۰/۰۷^{l}	۰/۰۷^{l}	۰/۰۸^{ij}	۰/۰۸^{ij}	۰/۰۷^{l}	۰/۰۷^{l}
۱	۰/۰۷^{l}	۰/۰۷^{l}	۰/۰۸^{ij}	۰/۰۸^{ij}	۰/۰۷^{l}	۰/۰۷^{l}
۲	۰/۰۷^{l}	۰/۰۷۱^{l}	۰/۰۸۱^{hij}	۰/۰۸۱^{hij}	۰/۰۷۱^{l}	۰/۰۷۱^{kl}
۳	۰/۰۷۱^{l}	۰/۰۷۳^{kl}	۰/۰۸۳^{fgh}	۰/۰۸۲^{ghi}	۰/۰۷۲^{kl}	۰/۰۷۱^{kl}
۴	۰/۰۷۴^{k}	۰/۰۷۹^{ij}	۰/۰۸۸^{c}	۰/۰۸۴^{efg}	۰/۰۷۳^{kj}	۰/۰۷۴^{k}
۵	۰/۰۷۹^{j}	۰/۰۸۸^{c}	۰/۰۹۶^{b}	۰/۰۸۸^{c}	۰/۰۷۸^{j}	۰/۰۷۸^{j}
۶	۰/۰۸۶^{cde}	۰/۰۹۵^{b}	۰/۱۰۵^{a}	۰/۰۹۶^{b}	۰/۰۸۵^{def}	۰/۰۸۷^{cd}

*: میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

جدول۶. مقایسه میانگین اثر زمان نگه‌داری بر میزان سفتی بافت محصول(N/m2)

تیمارآزمایشی	مدت زمان نگه‌داری پس از تولید (ماه)					
	۰ (زمان تولید)	۱	۲	۳	۴	۵	۶
میانگین سفتی* (N/m2)	۱/۴۶[a]	۱/۴۶ [a]	۱/۴۸ [ab]	۱/۴۹[b]	۱/۵۳ [c]	۱/۵۸[d]	۱/۶۴ [e]

*: میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول۷. مقایسه میانگین اثر روش فراوری بر میزان سفتی بافت محصول(N/m2)

تیمارآزمایشی	روش فراوری					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
میانگین سفتی* (N/m2)	۱/۴۴ [c]	۱/۴۷ [d]	۱/۸۵ [f]	۱/۶۵ [e]	۱/۳۴ [a]	۱/۳۹[b]

*: میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

تولیدی به روش‌های ۱، ۳ و ۴ برخلاف روش‌های ۲، ۵ و ۶ ، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان ندادند. در این بین، روش ۶ دارای بالاترین میزان رنگ و روش‌های ۱ و ۴ دارای کمترین میزان تیرگی رنگ در پایان دوره نگه‌داری بودند(جدول ۵).

مطالعه اثر عوامل زمان نگه‌داری و روش تولید بر میزان سفتی بافت برگه‌ها نشان داد که طی دو ماهه نخست نگه‌داری محصول تغییرات معنی‌داری در میزان سفتی بافت برگه‌ها نسبت به زمان تولید آنها بروز نکرد. اما از ماه سوم و خصوصاً از پایان ماه چهارم نگه‌داری، افزایش سفتی بافت نمونه‌ها آغاز شده و در پایان ماه ششم، برگه‌های کلیه تیمارها اختلاف معنی‌داری را از نظر تیرگی و سفتی بافت با برگه‌های زمان تولید نشان دادند(جدول۶).

اثر روش تولید بر میزان تیرگی برگه‌ها و اثر متقابل این عامل با مدت نگه‌داری در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. مطالعه این عامل نشان داد که روش ۵ کمترین و روش ۳ بیشترین میزان سفتی بافت را دارا بوده است. در پایان ماه ششم نگه‌داری نیز تیمار ۳ بالاترین و تیمار ۵ و ۱ کمترین میزان تیرگی رنگ را دارا بودند(جدول ۷).

روش‌های تولید اثر معنی‌داری روی میزان گوگرد باقی‌مانده در محصول داشت. بر این اساس برگه‌های تولیدی به روش‌های ۲ و ۶ کمترین میزان اتلاف بقایای گوگرد و برگه‌های تولیدی به روش‌های ۳ و ۴ بیشترین میزان اتلاف گوگرد را دارا بودند. این نتایج نشان می‌دهد که برگه‌هایی که در دماهای کمتر خشک گردیدند، ویا تحت فرایند آنزیم بری قرار گرفته‌اند حاوی مقادیر کمتری از گوگرد بودند. گزارش ارایه شده توسط رتک (۱۵) این موضوع را تأیید می‌کند. از بین تیمارهایی که در دمای ۶۸ درجه خشک شده‌اند، روش SD دارای کمترین باقی‌مانده گوگرد در محصول نهایی بود(جدول۴).

نتیجه‌گیری

بررسی مجموعه مشخصه‌های کیفی محصول شامل سفتی بافت، تیرگی رنگ و باقی‌مانده گوگرد در آن طی دوره نگه‌داری نشان داد که تولید محصول به روش SD همراه با ۹۰۰ppm گوگرد و دمای خشک کردن $68\ ^{\circ}C$ منجر به تولید محصولی با مناسب‌ترین کیفیت در زمان تولید و طی دوره ۶ ماهه نگه‌داری می‌گردد. محصول تولیدی به روش SD همراه با دمای خشک کردن ۵۰ درجه و ppm ۹۰۰ گوگرد اگر چه در زمان تولید، اختلاف معنی‌داری از نظر رنگ و سفتی با تیمار قبلی نشان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]

نـداد، امـا پـس از دوره نگـه‌داری و خـصوصاً از مـاه چهـارم نگه‌داری به بعد، دچـار مختـصر سـفتی بافـت و تیرگـی رنـگ گردید. با این حال، اندک بودن میزان گـوگرد بـاقی‌مانـده در آن می‌تواند بسیار حایز اهمیت باشد.

با توجه به مجموعه شرایط مورد مطالعه، تیمار SD همراه با کاربرد ۹۰۰ppm گوگرد در محدوده دمایی مورد مطالعـه منجـر به تولید محصولی با شرایط کیفی مطلوب (چه در زمان تولید و چه پس از ۶ ماه نگه‌داری) گردید. هم‌چنین مـی‌تـوان از اعمـال فرآیند آنزیم‌بری در تولید برگه به دلیل اثر قابـل اغمـاض آن در بهبود کیفیت محصول صرف نظر نمود.

منابع مورد استفاده

۱. علیزاده خالد آباد، م. ۱۳۸۰. *مکانیسم و تئوری در شیمی مواد غذایی*. چاپ اول، انتشارات اصلانی، تهران.

۲. قدس ولی، ع .۳۷۶ . بررسی شرایط بهینه فرایند برگه زردآلو از واریته‌های غالی منطقه شاهرود و مقایسه آن با روش سنتی موجود. سازمان تحقیقات وآموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی، نشریه شماره ۸۹. کرج.

۳. عین افشار، س. ۱۳۸۵. مقایسه آلودگی‌زدایی خشکبار (آلو، کـشمش، و برگـه) بـه دو روش مـایکروویو و گـوگردزنی. تحقیقـات مهندسی کشاورزی ۷(۲۸):۱-۱۲.

4. A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 17th Edition. W. Horwits, Editor. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
5. Burton, H.S., M. Noise and T. Nouri. 1963. The role of unsaturated carbonyl compounds as intermediates and of SO_2 as an inhibitor of browning. J. Food. Sci. Agric.14: 911-916.
6. Cecil, J. S. 1992. The implications of delayed sulfuring on dried apricot quality".at: http://www.sardi.sa.gov.au/.R/11/92.
7. Dahlenburg, A.P. 1998. Honey treatment and sulfur dioxide content of apricots. at: http://www.sardi.sa.gov.au/.R/12/91.
8. Dahlenburg, A.P. 1998. Relationship of drying ratio and dried fruit quality of apricots with different temperature of SO_2 pretreatment. at:http://www.sardi.sa.gov. au/.R/7/98.
9. loncin, M., T.J. Biment and J. lenger. 1973. Influence of water activity on the spoilage of foodstuff. Food. Technol. 3: 31-36.
10. Joslyn, M.A. and J.B.S. Braverman. 1981. Chemistry and technology of the pretreatment and preservation of fruits and Vegetables Product With sulfur dioxide and sulfites. Adv. Food Res. 5: 97-103.
11. Mark, E.M .1976. Dehydration of fruits offers important wartime advantages. Food Ind. 22: 59-61.
12. Mc Bean, D., and J. I. Pitt. 1991. The adsorption of sulfur dioxide by fruit tissue. J. Food. Sci. 29: 257-262.
13. Nechvoglod, M., Karel, M. 1998. Investigation of The efficiency of copper hydroxide and calcium hydroxide sprays for the prevention of rain induced cracking and reduction of SO_2 level. at: http://www.sardi.sa.gov.au/.R/3/98.
14. Official site of F. A.O. 2006. F.A.O products year book.at: http://www.fao org.
15. Rettke, M.A.1998. Comparison of sulfur dioxide levels and storage life of apricots dried in the sun, shade and in a dehydrator. at:http://www.sardi.sa.gov.au/. R/11/98.
16. Senhaji, F.A., and B. Hakan. 1991. Data on apricot drying, kinetics and product quality. Sci- des- Aliments 11: 499-512.
17. Sharma, T. R., K. S. Sekhon and S. P. S. saini 1993. Color change during drying of apricot. J. Food. Sci. and Technol. India. 30 : 306-308.
18. Srivastava, R. P. and K. Sanjeev. 2002. Fruit and vegetable preservation. 3rd Edition, International Book Distributing Company. India, 287p.
19. Taylor, S.L and Bush, R.K. 1986. Sulfites as food ingredients. Food. Technol. 40: 47-52.
20. Wedzicha, B. L. 1985. Chemistry of sulfur dioxide in foods. Elsevier Appl. Sci. Pub , London and New York.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.30.9]