

اثر شرایط گوناگون خشک کردن بر ویژگی‌های کیفی ورقه‌های سیر خشک^۱ فربا بیات^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۷/۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱۱/۲۹

چکیده

سیر، به دلیل داشتن ترکیب‌های عطر و طعم‌دهنده، نسبت به گرما حساس است، از این رو فرآیند خشک کردن آن باید به گونه‌ای باشد تا کیفیت محصول نهایی از جنبه رنگ، عطر، طعم، و مواد تشکیل دهنده تا حد امکان حفظ شود. به منظور بررسی اثر شرایط گوناگون خشک کردن بر کیفیت نهایی سیر خشک، ورقه‌های ۱/۵، ۲، و ۳ میلی‌متری سیر قبل از فرآیند در محلول‌های صفر و ۵+ درصد متابی‌سولفیت سدیم فرو برده شد و سپس در شرایط دمایی ۵+، ۶+، و ۷+ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سرعت خشک کردن تیمارها در طول فرآیند و پس از آن ویژگی‌های کیفی سیر خشک از نظر رنگ و اسیدپیروویک اندازه‌گیری و روند تغییرات کیفی آنها بررسی شد. منحنی‌های خشک کردن نشان می‌دهد که رطوبت سیر به صورت تابعی نمایی با مدت زمان خشک کردن کاهش می‌یابد و خشک کردن سیر بیشتر در مرحله نزولی فرآیند انجام می‌شود. افزایش دمای خشک کردن (به ویژه دماهای بالاتر از ۶+ درجه سانتی‌گراد) و کاهش ضخامت ورقه‌های سیر (به ویژه کمتر از ۲ میلی‌متر) موجب افزایش افت اسید پیروویک و تغییر رنگ می‌شود. رنگ سیر خشک در تیمارهای دارای متابی‌سولفیت سدیم بهبود می‌یابد ولی بر مقدار اسید پیروویک آنها در سطح یک درصد اثر معنی‌دار ندارد. تیمارهایی که بیشترین مقدار اسید پیروویک و کمترین تغییر رنگ (بر اساس مقدار جذب نور) را داشتند به عنوان شرایط مناسب خشک کردن تعیین شدند. ضخامت ۳ میلی‌متر ورقه‌های سیر در هر یک از شرایط دمایی مناسب‌ترین کیفیت را به دست می‌دهد ولی با طولانی‌ترین زمان خشک کردن همراه است، بنابراین از این ضخامت می‌توان در شرایط دمایی بالاتر از ۶+ درجه سانتی‌گراد به منظور جبران آثار منفی ناشی از دماهای بالا استفاده کرد. از بین دیگر تیمارها با توجه به رنگ، اسید پیروویک، و مدت زمان خشک کردن ورقه‌ها، ضخامت ۲ میلی‌متر ورقه‌های سیر خشک شده در شرایط دمایی ۵+ و ۶+ درجه سانتی‌گراد مناسب تشخیص داده شده است.

واژه‌های کلیدی

اسید پیروویک، ترکیب‌های عطر و طعم‌دهنده، خشک کردن، رنگ، سیر، ویژگی‌های کیفی

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی با عنوان «تعیین شرایط بهینه خشک کردن صنعتی توده سیر سفید همدان به منظور تولید پودر یا ورقه»

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان.

نشانی: همدان، ص. پ. ۸۸۷، تلفن: ۰۸۱۱-۴۳۷۳۵۸۷، پیام نگار: f_bayat52@yahoo.com



مقدمه

در خشک کردن مواد غذایی انتقال همزمان آب و گرما رخ می دهد ولی این طور نیست که این دو پدیده همیشه با روشی یکسان انجام شود؛ کوشش بر این است تا آهنگ خشک کردن از طریق انتقال گرما و رطوبت به بیشترین مقدار ممکن رسانده شود. در بسیاری موارد، خشک کردن مواد غذایی با دمای بالا بر بافت محصول اثر می گذارد که موجب چروکیدگی، جابه جا شدن مواد محلول، و سخت شدن سطح محصول می شود و سرعت خشک شدن را کاهش می دهد، با کنترل شرایط خشک کردن ماده غذایی می توان آثار نامطلوب آن را تا حد امکان کاهش داد (Faraji, 1992).

سیر خشک یکی از فراورده های غذایی است که از نظر تجارتي اهمیت زیادی دارد و به صورت ورقه^۱ یا پودر تهیه می شود که به عنوان افزودنی در مواد غذایی استفاده می شود یا به مصارف دارویی می رسد (Sharma et al., 2003). استان همدان با تولید ۱۸۵۰۰ تن سیر، بیش از ۲۵ درصد تولید سیر کشور را در سال ۱۳۸۳ به خود اختصاص داده است (Anon, 2003; Anon, 2004). قسمتی از محصول مرغوب تولیدی، به صورت سیر درجه یک و دو برای بذر سال آینده استفاده یا صادر می شود، باقی آن را می توان به صورت سیر درجه سه در صنایع تبدیلی به مصرف رساند. از سوی دیگر، هر ساله بخشی از محصول تولیدی بر اثر شرایط نامناسب نگهداری و نیز کمبود انبارهای مناسب به دلیل تنفس و جوانه زنی دچار افت وزنی و فساد می شود و کیفیت مطلوب خود را از دست می دهد. بنابراین، سیر خشک افزون بر ماندگاری بیشتر از نظر حمل و

نقل و نگهداری مشکلات کمتری دارد. سیر، از آن جا که دارای ترکیب های عطر و طعم دهنده ای است که به گرما حساس اند، خشک کردن آن نیاز به فرآیند گرمایی ملایم و کوتاه مدت دارد تا کیفیت محصول نهایی از جنبه رنگ، بو، طعم، و مواد تشکیل دهنده تا حد امکان حفظ شود.

موریرا و همکاران (Moreira et al., 1986) اثرات دمای خشک کردن بین ۵۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد را بر بو و ترکیب های عطر و طعم دهنده سیر بررسی کردند. در گزارش آنها گفته شده است که ارزیابی ویژگی های حسی^۲ نشان می دهد اختلاف معنی داری بین طعم و بوی نمونه های خشک شده در دماهای پایین (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد) یا بالا (۸۰ و ۹۰ درجه سانتی گراد) وجود ندارد ولی اختلاف بین دو گروه آشکار است. آنها در مطالعه دیگری در سال ۱۹۸۷، قهوه ای شدن رنگ محصول را با افزایش دما و طعم پختگی سیر را با افزایش مدت زمان خشک کردن گزارش کردند.

کیم و همکاران (Kim et al., 1992) بر اثرسولفیت زنی با محلول ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم مقدار افت پیرووات، قهوه ای شدن رنگ، و شمارش میکروبی را در مقایسه با نمونه شاهد (بدون سولفیت) کاهش و گزارش دادند که با افزایش دمای خشک کردن از ۵۵ به ۸۵ درجه سانتی گراد سرعت جذب آب در نمونه های خشک، کاهش و افت پیرووات افزایش می یابد؛ سولفیت زنی اثری بر سرعت جذب آب ندارد و نمونه های سیرسولفیت زده شده که در دمای پایین خشک شوند بهترین رتبه ارزیابی حسی را نشان می دهند.

و کرایست (Pezzutti & Crapiste, 1997) به هنگام خشک کردن سیر تغییرات طعم یا تندی آن را بر اساس اسید پیروویک به عنوان تابعی از دما اندازه‌گیری و به صورت تابع درجه اولی مدل‌سازی کردند. آنها گزارش دادند که در دماهای بالاتر، اسید پیروویک آنزیمی سریع‌تر از اسید پیروویک کل کاهش می‌یابد و این کاهش به دلیل غیرفعال شدن پاره‌ای آنزیم آلی ایناز در طول فرآیند خشک کردن و تخریب آنزیمی و غیرآنزیمی پیش‌طعم‌های سیر است.

امبرس و اسرینارایانان (Ambrose & Sreenarayanan, 1998)، سیرچه‌های پیاز سیر را با چهار روش آفتابی، خشک‌کن‌های کابینی خورشیدی، مکانیکی، و بستر شناور خشک و ویژگی‌های حسی محصول را ارزیابی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که با خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۴ ساعت در خشک‌کن بستر شناور محصولی با بهترین کیفیت به دست می‌آید.

شرما و پراساد (Sharma & Prasad, 2002) سیرچه‌های پیاز سیر را به روش‌های جابه‌جایی و جابه‌جایی - مایکروویو با توان ۴۰ وات در خشک‌کن آزمایشگاهی در دماهای ۴۰، ۵۰، ۶۰، و ۷۰ درجه سانتی‌گراد و با هوای گرم در سرعت‌های ۱ و ۲ متر بر ثانیه خشک کردند و گزارش دادند که سرعت هوای گرم در خشک‌کن اثر معنی‌داری بر مدت زمان خشک کردن به روش جابه‌جایی ندارد ولی مدت زمان خشک کردن در روش همزمان جابه‌جایی - مایکروویو در محدوده دماهای یاد شده ۵ تا ۸ درصد کاهش می‌یابد.

جسسون و یوژانگ (Jebson & Youzhang, 1994) به منظور حفظ فعالیت آنزیم آلی ایناز^۱، قطعات ضخیم سیر را در دماهای بالا و ورقه‌های نازک را در دماهای پایین خشک کردند. آزمایش‌های حسی نشان داد که پودر سیر به دست آمده نسبت به پودر سیرهای تجارتهای دارای کیفیت مرغوب‌تری است.

مادامبا و همکاران (Madamba *et al.*, 1996) ویژگی‌های خشک کردن ورقه‌های ۲ تا ۴ میلی‌متری سیر را در محدوده دمایی ۵۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸ تا ۲۴ درصد و سرعت هوای ۰/۵ تا ۱ متر بر ثانیه بررسی کردند. گزارش آنها حاکی است که اثر دما و ضخامت ورقه‌های سیر بر سرعت خشک کردن معنی‌دار است ولی رطوبت نسبی و سرعت هوا اثر معنی‌داری بر سرعت خشک کردن ندارند. آنها با مدل‌نمایی پیچ^۲ (مدل زیر) فرآیند خشک کردن را بهتر پیش‌بینی کردند.

$$\frac{M - Me}{M0 - Me} = \exp(-kt^N) \quad (1)$$

که در آن، M= رطوبت در زمان فرآیند خشک کردن؛ Me= رطوبت تعادلی؛ M0= رطوبت اولیه؛ k= ثابت خشک کردن؛ و t= مدت زمان خشک کردن است.

طعم غالب سیر مربوط به ترکیبی به نام آلی‌سین^۳ یا دی‌آلیل تیوسولفینات^۴ است که به دلیل واکنش بین آنزیم آلکیل سیستئین سولفوکسیدلیاز^۵ (آلی ایناز ۱، ۴، ۶، ۸، EC)، و پیش‌ماده‌های طعمی تولید و به تشکیل تیوسولفینات‌ها^۶، اسید پیروویک^۷ و آمونیاک^۸ منجر می‌شود (Whitaker, 1976). پزوتی

توجه به ضخامت‌های مورد استفاده در واحدهای صنعتی خشک‌کردن سیر انتخاب شدند). برای بررسی اثر متابی‌سولفیت سدیم بر خصوصیات کیفی سیر خشک، ورقه‌های سیر به روش کیم و همکاران (Kim *et al.*, 1992) در محلول متابی‌سولفیت سدیم^۳ با غلظت‌های صفر و ۰/۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه فرو برده شد و مقدار رطوبت اولیه آنها به روش مادامبا و همکاران (Madamba *et al.*, 1993)، با قرار دادن ورقه‌های ۳-۲ میلی‌متری سیر به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

۱۴۵ تا ۱۵۰ گرم از ورقه‌های سیر با ظرفیت ۳/۵ تا ۳/۷ کیلوگرم بر متر مربع روی صفحات دستگاه خشک‌کن (Sanyo Gallenkamp, UK) مدل 225.XX2.C قرار داده شد و فرآیند خشک کردن در سه سطح دمایی ۵۰، ۶۰، و ۷۰ درجه سانتی‌گراد (Sharma *et al.*, 2003) تا رسیدن رطوبت نهایی محصول به ۶ تا ۱۱/۶ درصد بر پایه خشک (بسته به شرایط دما و ضخامت ورقه‌های سیر) انجام شد. سرعت هوا در کلیه آزمایش‌ها ثابت و معادل ۱ متر بر ثانیه بود. نیم ساعت قبل از قرار دادن نمونه‌ها در خشک‌کن، دستگاه روشن شد تا به دمای مورد نیاز برسد. اثر سه عامل (ضخامت ورقه‌های سیر در سه سطح، غلظت متابی‌سولفیت سدیم در دو سطح، و دمای خشک کردن در سه سطح) بر مدت زمان خشک کردن اندازه‌گیری و سرعت خشک کردن از روی تغییرات مقدار رطوبت ضخامت‌های گوناگون ورقه‌های سیر در طول مدت زمان انجام فرآیند در شرایط گوناگون تعیین شد.

شرما و همکاران (Sharma *et al.*, 2003) خشک کردن سیرچه‌های پیاز سیر را به روش جابه‌جایی در دماهای ۴۰، ۵۰، ۶۰، و ۷۰ درجه سانتی‌گراد با هوا در سرعت‌های ۱ و ۲ متر بر ثانیه بررسی و اعلام کردند که سرعت خشک شدن با افزایش دما افزایش و مدت زمان خشک کردن کاهش می‌یابد. نفوذ^۱ رطوبت سیرچه‌ها بین $10^{-10} \times 2/36$ متر مربع بر ثانیه است که با افزایش دما، افزایش سرعت هوا، و کاهش مقدار رطوبت افزایش نشان می‌دهد و معادله لگاریتمی اصلاح شده پیچ رفتار خشک کردن سیر به روش جابه‌جایی را به خوبی توصیف می‌کند.

هدف از این تحقیق بررسی اثر متغیرهای دما، ضخامت ورقه‌های سیر، و متابی‌سولفیت سدیم بر مدت زمان خشک کردن، سرعت خشک کردن، و ویژگی‌های کیفی سیر خشک به ویژه رنگ و شدت تندی یا عطر و طعم آن است.

مواد و روش‌ها

توده سیر سفید پس از برداشت و خشک شدن ساقه و گردن پیازها در سایه (رسیدن رطوبت سیرچه به 1 ± 64 درصد و رطوبت پوسته آنها به دست کم 2 ± 20 درصد بر پایه تر) تا شروع آزمایش‌ها در دمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. مقدار ۴-۳/۵ کیلوگرم پیاز سیر پس از جدا کردن سیرچه‌ها، پوست‌گیری، و شستن آنها به ضخامت‌های ۱/۵، ۲، و ۳ میلی‌متر با دستگاه خلال‌کن^۲ مدل Halde ساخت سوئد ورقه و براساس بزرگ‌ترین قطر ورقه‌های سیر (۲ تا ۴ سانتی‌متر) درجه‌بندی شدند. (این ضخامت‌ها با

اندازه‌گیری اسید پیروویک و رنگ مطابق روش‌های زیر استفاده شد:

الف- اسید پیروویک به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر به روش کتر و رندل (Ketter & Randle, 1998). این اندازه‌گیری در حضور معرف ۴و۲- دی نیترو فنیل هیدرازین^۱ ۰/۰۱۲۵ درصد و در طول موج ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر Pharmacia Biotech مدل NovaspecII، ساخت انگلستان و در حضور محلول‌های استاندارد ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۲۵ میکرومول بر میلی‌لیتر از اسید پیروویک انجام شد.

ب- اندازه‌گیری رنگ سیر به روش موریرا و همکاران (Moreira et al., 1987). ده میلی‌لیتر محلول زیر صافی با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ گردید و در حضور نمونه شاهد (آب مقطر) جذب آن در ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر Pharmacia Biotech مدل NovaspecII، ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد.

داده‌ها با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل آماری شد و با توجه به ویژگی‌های کیفی و مدت زمان خشک کردن، مناسب‌ترین شرایط خشک کردن در این مطالعه به دست آمد. تجزیه و تحلیل‌های آماری در این طرح با نرم افزار SPSS انجام شد و کلیه میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح یک درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

برای تعیین مقدار رطوبت سیر به هنگام فرآیند خشک کردن و رسم منحنی خشک کردن به روش آجیبولا (Ajibola, 1989) و مادامبا و همکاران (Madamba et al., 1996) روی صفحه توری توزین شده وزن مشخصی از ورقه‌های سیر قرار داده شد و در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه (در ساعت اول پس از شروع فرآیند)، ۱۵ دقیقه (در ۱/۵ ساعت دوم فرآیند خشک کردن)، و هر نیم ساعت یک مرتبه (تا پایان فرآیند) توزین صفحه‌ها تا رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت ادامه یافت. در حین توزین، در مدت زمانی کمتر از ۱۰ ثانیه جریان هوای خشک‌کن قطع می‌شد. وزن‌های محاسبه شده نمونه‌ها در فواصل زمانی گوناگون با معادله شماره ۲ به مقدار رطوبت آنها نسبت داده شد.

$$W = 1 - \frac{W_0(I - w_0)}{W} \quad (2)$$

در این معادله، w_0 = وزن اولیه نمونه؛ W_0 = رطوبت اولیه بر پایه تر؛ w = وزن نمونه در هنگام خشک کردن؛ و W = رطوبت نمونه در طول فرآیند خشک کردن بر پایه تر است.

با داده‌های به دست آمده، منحنی سرعت خشک کردن رسم شد.

ورقه‌های سیر خشک شده در شرایط گوناگون به پودر تبدیل و یک گرم از آن با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲، از محلول زیر صافی برای

نتایج و بحث

- اثر متغیرهای فرآیند بر مدت زمان خشک کردن

نشان داده شد که متغیرهای دما و ضخامت ورقه‌های سیر از عوامل مؤثر بر مدت زمان خشک کردن هستند اما غلظت‌های مختلف متابی‌سولفیت سدیم بر آن بی‌اثرند.

شکل شماره ۱، منحنی سرعت خشک کردن در ضخامت ۲ میلی‌متر و در دماهای گوناگون را نشان می‌دهد. با افزایش دما از ۵۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان فرآیند خشک کردن کوتاه‌تر می‌شود زیرا با افزایش دما، فشار بخار آب ماده غذایی افزایش و رطوبت نسبی هوای خشک کاهش خواهد یافت و خروج رطوبت از درون محصول به سطح آن افزایش می‌یابد. برای ضخامت‌های ۱/۵ و ۳ میلی‌متر نیز روند مشابهی مشاهده می‌شود با این تفاوت که در دمای ثابت فرآیند هر چه ضخامت ورقه‌ها کمتر باشد مسافتی که رطوبت باید طی کند و از درون محصول خارج شود کمتر می‌شود، از سوی دیگر سطح تماس ورقه‌ها با هوای گرم افزایش می‌یابد، در نتیجه سرعت خشک کردن بیشتر و مدت زمان فرآیند کوتاه‌تر می‌شود. آلكاساباس (Alcasabas, 1990) نتایج مشابهی به دست آورده است. شکل شماره ۲ منحنی سرعت خشک کردن سیر را در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای ضخامت‌های گوناگون نشان می‌دهد. در دماهای ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد نیز نتایج مشابهی مشاهده گردید. مادامبا و همکاران (Madamba et al., 1996) نیز تأثیرات دما و ضخامت ورقه‌های سیر و شرما و همکاران (Sharma et al., 2002) اثر دما را

به ترتیب بر سرعت خشک کردن ورقه‌ها و سیرچه‌های پیاز سیر معنی‌دار گزارش و اعلام کردند که رطوبت نسبی و سرعت هوا اثر معنی‌داری بر سرعت خشک کردن نشان نمی‌دهد. در این مطالعه نیز فرآیند خشک کردن در سرعت ثابت و اثر متغیرهای دما و ضخامت ورقه‌های سیر بر سرعت خشک کردن بررسی شد.

منحنی‌های سرعت خشک کردن سیر نشان داد که مقدار رطوبت سیر به صورت تابعی نمایی با مدت زمان خشک کردن کاهش می‌یابد و قسمت عمده عملیات خشک کردن در مرحله نزولی^۱ فرآیند انجام می‌شود. رابطه رگرسیونی بین مدت زمان خشک کردن سیر در شرایط اجرای این آزمایش با ضخامت و دما با معادله رگرسیونی نمایی به شکل زیر برازش داده شد:

$$M = a \cdot \exp(bt) \quad (3)$$

در این معادله، t = کل مدت زمان خشک کردن (بر حسب دقیقه)؛ M = درصد رطوبت بر مبنای خشک است که در جدول شماره ۱ مقدار رطوبت اولیه و نهایی ورقه‌های سیر خشک شده در شرایط گوناگون دمایی و در جدول شماره ۲ مقدار ضرایب a ، b و نیز ضریب تعیین R^2 نشان داده شده است. در واقع این معادله ساده‌ترین مدلی است که می‌توان روند خروج رطوبت در بسیاری از محصولات کشاورزی را با آن پیش‌بینی کرد. مدل تجربی پیچ مدل نمایی پیشرفته‌تری است که با آن شرما و همکاران (Sharma et al., 2003) و مادامبا و همکاران (Madamba et al., 1996) فرآیند خشک کردن سیر

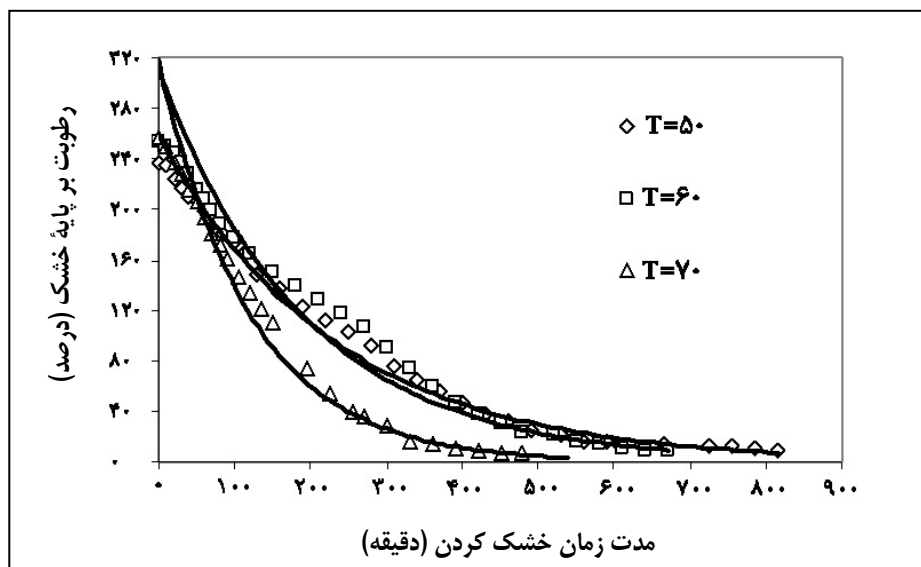
را توصیف کرده‌اند. منحنی‌های سرعت خشک کردن سیر (شکل‌های شماره ۱ و ۲) نشان می‌دهد که مرحله ثابت فرآیند بسیار کوتاه است و فقط صرف تبخیر رطوبت سطحی از ماده غذایی شده و قسمت عمده فرآیند به دلیل کمتر بودن رطوبت اولیه سیر از رطوبت بحرانی^۱ آن در مرحله نزولی رخ داده است (Fellows, 1990). این پدیده در بسیاری از مواد غذایی که خاستگاه زیستی^۲ دارند مشاهده می‌شود زیرا طبیعت آبدوست دارند و ملکول‌های آب با پیوندهای قوی به ملکول‌های ماده غذایی متصل هستند (Madamba *et al.*, 1996). نتایج مشابهی را برای خشک کردن سیر شرما و همکاران (Sharma *et al.*, 2003) و مادامبا و همکاران (Madamba *et al.*, 1996) گزارش کرده‌اند.

جدول شماره ۱- درصد رطوبت ورقه‌های سیر قبل و پس از فرآیند خشک کردن

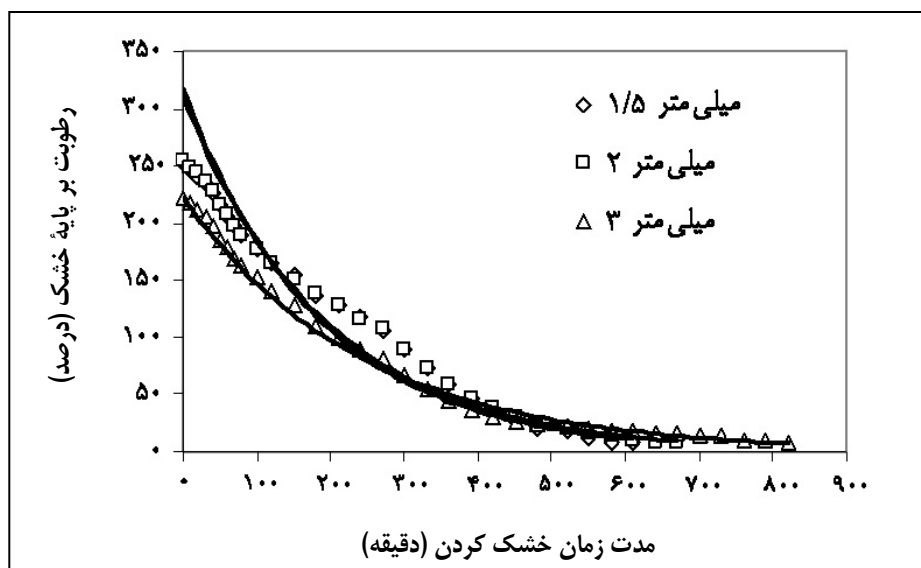
دمای خشک کردن (درجه سانتی‌گراد)									
۷۰			۶۰			۵۰			
۳	۲	۱/۵	۳	۲	۱/۵	۳	۲	۱/۵	ضخامت (میلی‌متر)
۲۴۳/۶۴	۲۵۵/۸۷	۲۵۲/۱۱	۲۲۲/۵۸	۲۵۳/۳۶	۲۵۲/۱۱	۲۲۲/۵۸	۲۳۶/۷۰	۲۵۲/۱۱	میانگین رطوبت اولیه سیر (بر پایه خشک)
۶/۶۰	۶/۶۰	۶/۳۸	۸/۸۱	۸/۴۶	۸/۲۳	۱۱/۶	۸/۷۵	۸/۵۸	میانگین رطوبت نهایی ورقه‌های سیر خشک (بر پایه خشک)

جدول شماره ۲- ضرایب معادله نمایی منحنی‌های خشک کردن سیر در شرایط گوناگون

دمای خشک کردن (درجه سانتی‌گراد)									
۷۰			۶۰			۵۰			
R ^۲	b	a	R ^۲	b	a	R ^۲	b	a	ضخامت (میلی‌متر)
۰/۹۷۸	-۰/۰۰۹۷	۳۴۱/۸۸	۰/۹۵۹۵	-۰/۰۰۵۵	۳۱۷/۴۴	۰/۹۷۸۰	-۰/۰۰۴۹	۳۲۱/۲۶	۱/۵
۰/۹۹۰۶	-۰/۰۰۸۳	۳۱۷/۴۴	۰/۹۷۸	-۰/۰۰۵۲	۳۰۹/۸۱	۰/۹۸۷۰	-۰/۰۰۴۳	۲۵۹/۵۲	۲
۰/۹۸۵۶	-۰/۰۰۷۳	۲۸۵/۰۵	۰/۹۸۷۴	-۰/۰۰۴۱	۲۲۰/۹۹	۰/۹۶۷۲	-۰/۰۰۳۳	۱۹۹/۲۶	۳



شکل شماره ۱- منحنی سرعت خشک کردن سیر با ضخامت دو میلی‌متر در دماهای گوناگون



شکل شماره ۲- منحنی سرعت خشک کردن سیر با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در ضخامت‌های گوناگون

به مدت ۲۰ دقیقه مقدار رطوبت ورقه‌های سیر قبل از قرار گرفتن در خشک‌کن به ۲۲۲/۶-۲۵۳/۴ درصد بر پایه خشک رسید. هر یک از فاکتورهای اصلی دما، غلظت متابی‌سولفیت سدیم، و ضخامت ورقه‌های سیر

اثر متغیرهای فرآیند بر عوامل کیفی - مقدار رطوبت اولیه سیرچه‌ها ۱۸۴/۶ درصد بر پایه خشک بود که پس از ورقه کردن آنها در ضخامت‌های گوناگون، شستشو و فروبردن در محلول‌های صفر و ۰/۵ درصد متابی‌سولفیت سدیم

موریرا و همکاران (Moreira *et al.*, 1987) نیز افزایش قهوه‌ای شدن رنگ سیر خشک را با افزایش دمای فرآیند خشک کردن مشاهده کرده‌اند.

اثر غلظت‌های صفر و ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد بر رنگ در شکل شماره ۶ نشان می‌دهد که در دمای ثابت استفاده از متابی سولفیت سدیم به صورت معنی‌دار موجب مهار قهوه‌ای شدن رنگ ورقه‌های سیر خشک می‌شود. دلیل این موضوع آن است که سولفیت‌ها با محدود کردن فعالیت آنزیم فنلاز یا واکنش با ارتوکینون‌ها مانع قهوه‌ای شدن آنزیمی ورقه‌های سیر می‌شوند (Sahari, 2002). نتایج این مطالعه با نتایج کیم و همکاران (Kim *et al.*, 1992) هماهنگی دارد. مقایسه میانگین‌های اسید پیروویک در شکل شماره ۵ نشان می‌دهد که با استفاده از محلول ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم مقدار افت اسید پیروویک افزایش یافته ولی بین مقادیر اسید پیروویک سیر خشک شده در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد در تیمار شاهد (بدون متابی سولفیت سدیم) و تیمار دارای ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم اختلاف معنی‌دار مشاهده نشده است. کیم و همکاران (Kim *et al.*, 1992) با استفاده از متابی سولفیت سدیم ۰/۵ درصد مقدار افت اسید پیروویک را در سیر خشک کاهش دادند.

– تعیین شرایط مناسب فرآیند خشک کردن سیر

برای تعیین تیمار مناسب برای خشک کردن سیر باید افزون بر کیفیت محصول نهایی، مدت زمان اجرای فرآیند را نیز مد نظر قرار داد و فرآیند خشک

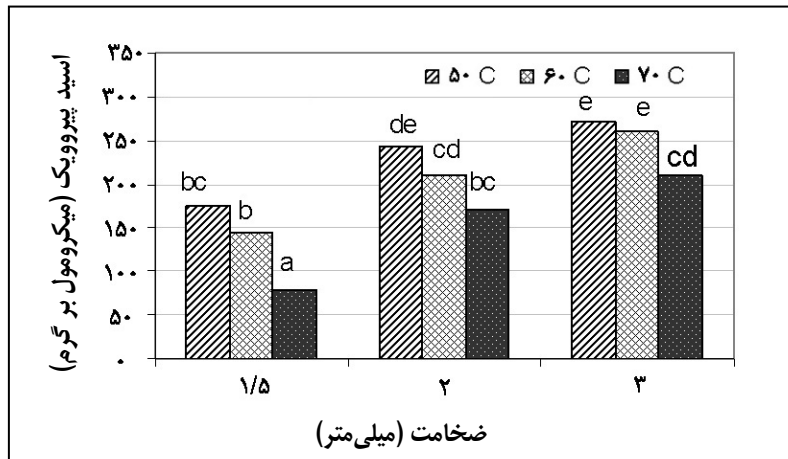
اثرهای معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر روی اسید پیروویک و رنگ دارد. تأثیرات متقابل دما و ضخامت ورقه‌های سیر بر اسید پیروویک و رنگ نیز در سطح یک درصد معنی‌دار است.

مقایسه میانگین‌های اسید پیروویک در شکل شماره ۳ نشان می‌دهد که برای هر یک از ضخامت‌های ورقه‌های سیر با افزایش دما، به ویژه دمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد، مقدار افت اسید پیروویک افزایش یافته است. دلیل این موضوع افزایش شدت غیرفعال شدن آنزیم آلی‌ایناز و کاهش فعالیت تخریب آنزیمی و غیرآنزیمی پیش‌طعم‌های سیر است که موجب کاهش مقدار ترکیب‌های ناشی از تجزیه آنها از جمله اسید پیروویک شده است. پزوتی و کرایپست (Pezutti & Crapiste, 1997) نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در هر یک از دماهای خشک کردن نیز مقدار اسید پیروویک با افزایش ضخامت ورقه‌ها، افزایش یافته است که دلیل آن حفظ بیشتر فعالیت آنزیم آلی‌ایناز در ورقه‌های ضخیم‌تر سیر به دلیل کاهش سطح تماس با هوای گرم است. بنابراین، جهت خشک کردن ورقه‌های نازک‌تر سیر بهتر است از دماهای پایین‌تر استفاده کرد. جیسون و یوزانگ نیز (Jebson & Youzhang, 1994) نتایج مشابهی را به دست آوردند.

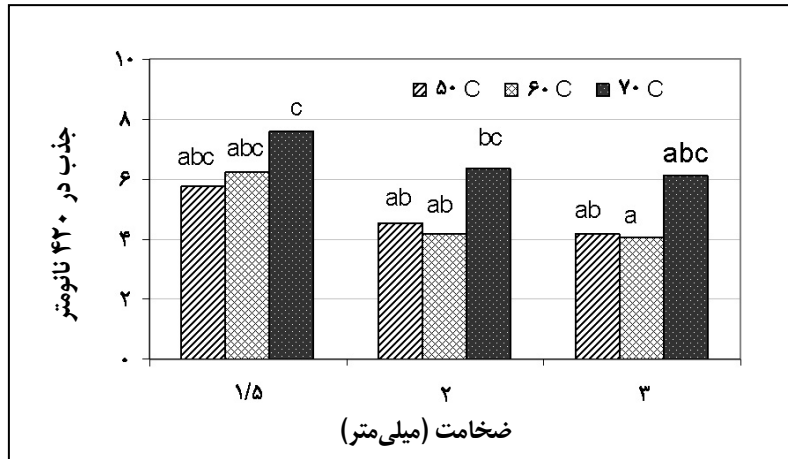
مقایسه میانگین‌های تغییرات رنگ ورقه‌های سیر در شکل شماره ۴ نشان می‌دهد که برای هر یک از ضخامت‌های ورقه‌های سیر با افزایش دما، به ویژه دمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد، تغییرات رنگ افزایش یافته است ولی با افزایش ضخامت و کاهش سطح تماس نمونه‌ها با هوای گرم خشک‌کن تأثیرات منفی دما بر تغییر رنگ مهار شده است.

کردن را به نحوی انجام داد که به مناسب‌ترین کیفیت محصول در کوتاه‌ترین زمان ممکن رسید. کیفیت سیر خشک بر اساس خواص حسی، به ویژه رنگ و شدت تندید یا عطر و طعم آن تعیین می‌شود. فرآیند خشک کردن سیر باید به نحوی انجام شود تا فعالیت آنزیم آلی ایناز تا حد امکان حفظ و در اسید پیروویک و رنگ محصول کمترین افت مشاهده شود ضمن اینکه رطوبت نهایی محصول خشک با توجه به استانداردهای موجود بیشتر از ۸ درصد بر پایه تر نباشد (Anon, 1996). در شکل شماره ۷، فاکتورهای دمای خشک کردن، غلظت متابی سولفیت، و ضخامت ورقه‌های سیر به ترتیب با حروف t , s , و Z نمایش داده شده است که سطوح مربوط به هر یک از تیمارها عبارت‌اند از: برای دما، $t_1 = 50$ ، $t_2 = 60$ و $t_3 = 70$ درجه سانتی‌گراد، برای غلظت متابی سولفیت سدیم $s_1 = 0$ و $s_2 = 0.5$ درصد، و برای ضخامت ورقه‌های سیر $Z_1 = 1.5$ ، $Z_2 = 2$ و $Z_3 = 3$ میلی‌متر. همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود، بین ۱۸ تیمار بررسی شده، بدترین تیمارها (یعنی تیمارهایی که کمترین مقدار اسید پیروویک و بیشترین تغییر رنگ را به دست می‌دهند) در درجه اول $t_2s_1Z_1$ است و پس از آن تیمارهای $t_1s_1Z_1$ ، $t_2s_1Z_1$ ، $t_3s_1Z_3$ ، $t_2s_1Z_2$ ، $t_2s_1Z_3$ ، $t_1s_1Z_3$ ، $t_2s_2Z_3$ ، $t_1s_2Z_3$ ، $t_1s_2Z_2$ ، $t_2s_2Z_2$ ، $t_2s_2Z_2$ و تیمارهای $t_2s_2Z_3$ از لحاظ ویژگی‌های کیفی از بهترین تیمارها هستند. عامل مؤثر دیگر در انتخاب مناسب‌ترین شرایط خشک کردن، مدت زمان انجام فرآیند است. شکل‌های شماره ۱ و ۲ (منحنی سرعت خشک کردن در شرایط گوناگون) نشان می‌دهد که ضخامت ۳ میلی‌متر ورقه‌های سیر در هر یک از دماهای فرآیند خشک

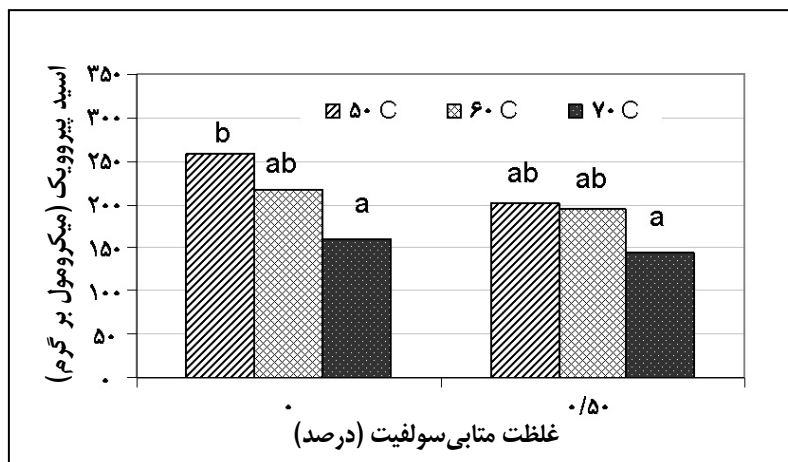
کردن با طولانی‌ترین مدت زمان همراه است و استفاده از این ضخامت فقط در شرایطی توصیه می‌شود که به کاربرد دماهای بالاتر از ۶۰، از جمله دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد نیاز باشد. در دماهای پایین مانند دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد ورقه‌های ۳ میلی‌متری تا رطوبت نهایی ۱۱/۶ درصد (بر پایه خشک) خشک شده است که این رطوبت بالاتر از حد بیشینه رطوبت تعیین شده برای سیر خشک در استانداردهاست. ضخامت ۱/۵ میلی‌متر سیر خشک شده در هر یک از دماها نسبت به ضخامت‌های دیگر جهت فرآیند خشک کردن دارای مدت زمان کوتاه‌تری است ولی مقدار افت اسید پیروویک و تغییر رنگ، به ویژه برای تیمارهای فرآیند شده در دماهای بالاتر و بدون متابی سولفیت، به طور چشمگیری بیشتر است. در صورت تمایل به استفاده از این ضخامت برای خشک کردن سیر بهتر است از دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شود و محلول ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم پیش از فرآیند خشک کردن برای بهبود رنگ به کار رود. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل دما و ضخامت ورقه‌های سیر بر اسید پیروویک و رنگ می‌توان در دماهای پایین، ضخامت‌های نازک‌تر و در دماهای بالا از ورقه‌های ضخیم‌تر سیر برای خشک کردن استفاده کرد. بنابراین، از بین تیمارهای خشک کردن می‌توان شرایط دمایی ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد را با ضخامت ورقه‌های سیر به میزان ۲ میلی‌متر به عنوان شرایط مناسب خشک کردن در این مطالعه اعلام کرد. در صورت تمایل به بهبود رنگ سیر خشک می‌توان از محلول ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم استفاده کرد.



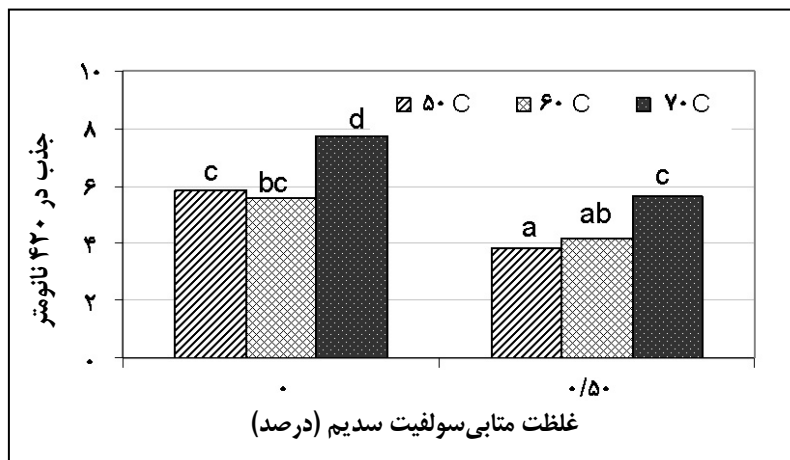
شکل شماره ۳- اثر متقابل دما و ضخامت بر مقدار اسید پیروویک



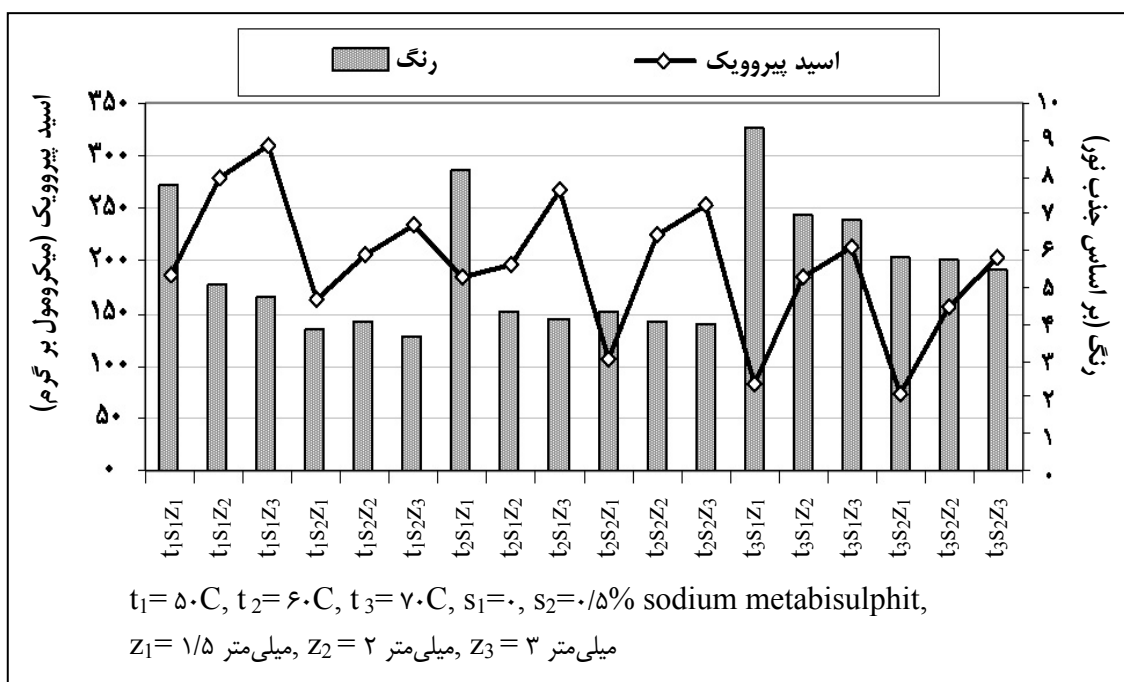
شکل شماره ۴- اثر متقابل دما و ضخامت بر تغییر رنگ



شکل شماره ۵- اثر متقابل دما و غلظت متابی سولفیت سدیم بر اسید پیروویک



شکل شماره ۶- اثر متقابل دما و غلظت متابی سولفیت سدیم بر تغییر رنگ



شکل شماره ۷- تغییرات اسید پیروویک و رنگ سیر خشک در شرایط گوناگون

خشک کردن با دما، ضخامت ورقه سیر، و غلظت متابی سولفیت سدیم، تجزیه رگرسیونی روی داده‌ها انجام شد و تنها توان یک هر یک از متغیرها جهت استفاده در مدل وارد شده و تخمین انجام گرفت.

- تعیین وابستگی متغیرها با عوامل کیفی اندازه‌گیری شده

جهت تعیین وابستگی هر یک از عوامل کیفی رنگ و اسید پیروویک اندازه‌گیری شده در فرآیند

Y = متغیر وابسته (فاکتور کیفی اندازه‌گیری شده)؛
 t = دمای خشک کردن (بر حسب درجه سانتی‌گراد)؛
 d = ضخامت ورقه سیر (بر حسب میلی‌متر)؛
 s = غلظت متابی سولفیت سدیم (بر حسب درصد)
 رابطه رگرسیون خطی هر یک از متغیرها با رنگ و اسیدپروویک سیر خشک به ترتیب در معادله‌های شماره ۲ و ۳ نشان می‌دهد که هر یک از متغیرهای دمای خشک کردن، ضخامت ورقه سیر، و غلظت متابی سولفیت سدیم بر اسید پروویک و رنگ سیر معنی‌دار است ($p \leq 0.01$) و رگرسیون خطی آنها به صورت زیر است:

$$Y_{\text{pyruvic}} = -3/858t + 70/714d - 62/815s + 290/101$$

$$R^2 = 0.807,$$

$$F=69/676^{**}$$

(۴)

نتیجه‌گیری
 بین متغیرهای اعمال شده، عوامل دمای هوای خشک کن و ضخامت ورقه‌های سیر، نسبت به بقیه فاکتورها، اهمیت بیشتری بر کیفیت نهایی محصول خشک دارد. در این مطالعه مشخص شد که شرایط دمایی ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد با ضخامت ۲ میلی‌متر، شرایط مناسب برای خشک کردن ورقه‌های سیر است؛ ولی در شرایطی که نیاز به استفاده از دماهای بالاتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد بهتر است ضخامت ورقه‌های سیر را به بیش از ۲ میلی‌متر افزایش داد. برای بهبود رنگ سیر خشک نیز می‌توان محلول ۰/۵ درصد متابی سولفیت سدیم را قبل از فرآیند خشک کردن به کار برد.

$$Y_{\text{color}} = 0.0926t - 1/0.30d - 3/664s + 3/0.37$$

$$R^2 = 0.660,$$

$$F=32/316^{**}$$

(۵)

** : معنی‌دار در سطح یک درصد

مراجع

- 1- Ajibola, O. O. 1989. Thin layer drying of melon seed. *J. Food Eng.* 9(4): 305- 320.
- 2- Alcasabas, M. D. D. 1990. Studies on the quality of garlic powder. MAppSc thesis. Department of Food Science and Technology. University of New South Wales. Sydney. Australia. 2052.
- 3- Ambrose, D. C. P. and Sreenarayanan, V. V. 1998. Studies on the dehydration of garlic. *J. Food Sci. and Tech.* 35(3): 242-4.

- 4- Anon. 1996. Herbs and spices ready for food use, specification for dehydration garlic. British Standard. Part 2. BS 7087.
- 5- Anon. 2003. F. A. O. HTTP:// www.fao.org. Faostat database results. htm.
- 6- Anon. 2004. Program and design management. Statistics and program office of Jihad-e-Agriculture. Hamadan. Iran. (In Farsi)
- 7- Faraji, R. 1992. Principles of food preservation. Shiraz university. Iran. (In Farsi)
- 8- Fellows, P. J. 1990. Food processing technology. Ellis Horwood. England.
- 9- Jebson, R. S. and youzhang, R. J. 1994. Studies on the drying behaviour of garlic and a novel technology to produce high quality garlic at a low cost. Food and Bioproducts processing. 72(2): 73-8.
- 10- Ketter, C. A. T. and Randle, W. M. 1998. Pungency assessment in onions. Karcher, S. J. (Ed.). Proceeding of the 19th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE). 177-196.
- 11- Kim, H. K., Jo, K. S., Kwon, D. Y. and Park, M. H. 1992. Effects of drying temperature and sulfiting on the qualities of dried garlic slices. J. of the Korean Agric. Chem. Soc. 35(1): 6-9.
- 12- Madamba, P. S., Driscoll, R. H. and Buckle, K. A. 1993. Moisture content determination of garlic by convection oven method. ASEAN Food J. 8(2):81-3.
- 13- Madamba, P. S., Driscoll, R. H. and Buckle, K. A. 1996. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. J. Food Eng. 29: 75-79.
- 14- Moreira, H. T., Villegas, M. I. and Cabrera, R. L. 1986. Effect of drying temperature on the quality of dehydrated garlic, evaluation of odour and pungency. Technologia Quimica. 7(4): 35-42.
- 15- Moreira, H. T., Villegas, M. I. and Cabrera, R. L. 1987. Browning and cooked flavour of garlic during dehydration. Technologia Quimica. 8 (1): 31-36.
- 16- Pezzutti, A. and Crapiste, G. H. 1997. Sorptional equilibrium and drying characteristics of garlic. J. Food Eng. 31(1): 113-23.
- 17- Sahari, M. A. 2002. Chemistry of browning reaction in food. Andishmand press. Tehran. Iran. (In Farsi)

- 18- Sharma, G. P. and Prasad, S. 2002. Comparison of convective and microwave-convective drying of garlic: kinetics and energy consumption. *J. Food Sci. Tech.* 39(6): 603-608.
- 19- Sharma, G. P., Prasad, S. and Datta, A. K. 2003. Drying kinetics of garlic convective drying conditions. *J. Food Sci. Tech.* 40(1): 45-51.
- 20- Whitaker, J. R. 1976. Development of flavor, odor and pungency in onion and garlic. *Adv. Food Res.* 22, 37.

Effect of Different Drying Conditions on Quality of Dried Garlic Slices

F. Bayat

Garlic slices of 1.5, 2 and 3 mm were soaked in 0 and 0.5% sodium metabisulphite solution for 20 minutes prior to dehydration at 50, 60 and 70°C. The effect of these parameters on drying rate, pyruvic acid and color were investigated. Drying rate increased with increasing drying temperature and reducing thickness, but was not affected by sulphite treatment. Drying curve showed that garlic drying occurred at falling rate period. Pyruvate loss and the color changes increased with the increasing of drying temperature and decreasing thickness. Sulphiting had no effect on pyruvic acid content but inhibited browning. Drying of garlic at 50 and 60°C with 2mm slices were the suitable conditions and 3 mm slices were suitable only for temperatures higher than 60 degree C.

Key words: Color, Drying, Garlic, Pyruvic Acid, Quality