اثر پیش‌تیمارهای آنزیم بری در فرآیند خشک‌کردن با ماکروویو بر خواص کیفی برش‌های میوه به (*Cydoniaoblonga*)

سید جعفر هاشمی[۱*]، سارا رحمان‌پور[۲]، علی معتمدزادگان[۳]، رضا طباطبایی[٤]

۱- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- کارشناس ارشد صنایع غذایی- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع غذایی- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
٤- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۹٤/٤/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹٤/٦/۷)

چکیده

در این تحقیق ویژگی‌های ظاهری، کیفی و شرایط بهینه در فرآیند خشک‌کردن میوه به با استفاده از پیش‌تیمارهای آنزیم بری با آب داغ، بخارآب و اسیدسیتریک مورد بررسی قرار گرفت. پیش‌تیمارهای آنزیم بری با استفاده از آب داغ ۹۰ درجه سانتی‌گراد (Wt)، بخارآب (Vt) و اسیدسیتریک (At) به مدت ۲ ،٤ و٦ دقیقه انجام و سپس به روش ماکروویو خشک گردید. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که نمونه‌های پیش‌تیمار شده خشک‌شده دارای تغییرات رنگ کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد می‌باشد. میزان قهوه‌ای شدن در پیش‌تیمار با اسیدسیتریک حدوداً ۳۳٪ نسبت به پیش‌تیمارهای آب داغ و بخار بیشتر است. تیمارهای پیش فرایند شده با اسیدسیتریک، آب داغ و بخار دارای چروکیدگی کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد هستند. کمترین میزان چروکیدگی در پیش‌تیمارهای اسیدسیتریک و پیش‌تیمار با آب داغ در زمان ٤ و ٦ دقیقه بود که در یک سطح قرار داشتند. بیشترین میزان ویتامین ث و قند در تیمارهای با بخار و کمترین میزان ویتامین ث و قند مربوط به پیش‌تیمار با آب داغ بوده است. از میان پیش‌تیمارهای انجام‌شده آنزیم بری با بخار آب در زمان ٤ دقیقه و آب داغ در زمان حدود ۲ دقیقه و بهینه‌ترین شرایط کمی و کیفی را در فرایند خشک شدن نشان داد.

کلید واژگان: ماکروویو، پیش‌تیمار، آنزیم بری، خشک کردن به، آبگیری

*مسئول مکاتبات: j.hashemi@sanru.ac.ir

۱- مقدمه

میوه به با نام علمی (*cydoniaoblonga*) متعلق به تیره وردسانان می‌باشد. بر طبق گزارش سازمان خواربار کشاورزی ملل متحد، میانگین تولید به طی ۱۰ سال گذشته در دنیا ۵۱۰۰۰۰ تن برآورد شده است [۱]. این میوه منبع تغذیه‌ای خوبی از فسفر، کلسیم، ویتامین A و C، کاروتنوئیدها، فیبر خوراکی، املاح آهکی، تانن، مواد قندی و نشاسته‌ای می‌باشد. میوه به، به دلیل داشتن ترکیبی به نام پکتین و همچنین بالا بودن میزان فیبر آن، به‌عنوان یک ماده‌ی غذایی-دارویی موردتوجه قرارگرفته است [۲ و ۳].

یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین فرآیندها در صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی خشک کردن می‌باشد [٤]. این فرایند شامل انتقال هم زمان حرارت و جرم از طریق حذف رطوبت است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها را در آن متوقف نمود[٥]. فرایند خشک کردن باعث ایجاد تغییراتی در بافت، عطر و طعم، ارزش تغذیه‌ای و رنگ محصول می‌شود که بررسی میزان این تغییرات و تلاش جهت کاهش آثار فرایند از نکات قابل توجه در خشک کردن محصولات غذایی است[٤].

اکثر مواد غذایی نسبت به حرارت حساس می‌باشند چون باعث به وجود آمدن تغییراتی نظیر اکسیداسیون، تغییرات رنگ، افت حجمی یا کم شدن کیفیت بافت در اثر خروج آب و تغییر ارزش تغذیه‌ای در آن‌ها می‌شود. به‌منظور برطرف کردن این مشکلات و جلوگیری از کاهش کیفیت معنی‌دار محصول و برای رسیدن به فرایند مؤثر و سریع انتقال حرارت، استفاده از ماکروویو برای خشک کردن مواد غذایی توسعه یافته است [٦]. زیرجانی و توکلی پور (۲۰۱۲) دریافتند که خشک کردن با ماکروویو برخلاف سیستم‌های گرمایشی متداول، به دلیل نفوذ امواج به داخل ماده غذایی حرارت در سرتاسر ماده غذایی انتشار می‌یابد [۷]. سرعت انتقال حرارت سریع‌تر و آهنگ خشک کردن بالاتر در خشک‌کن‌های ماکروویو به‌طور قابل‌توجهی زمان خشک کردن را کاهش میدهد [۸ و ۹]. بنابراین انتخاب روش مناسب برای خشک کردن و یا استفاده از پیش‌تیمارهای مناسب قبل از فرایند خشک کردن می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های کیفی محصول نهایی خشک شده گردد.

توکلی پور (۲۰۰۷) نشان داد که تغییر رنگ در مواد غذایی حین خشک کردن تنها به دلیل تبخیر آب نمی‌باشد بلکه واکنش‌هایی مانند قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی نیز مؤثر می‌باشند. این واکنش‌ها ممکن است در مورد برخی از محصولات غذایی نا-مطلوب باشد، بنابراین کنترل و تنظیم رنگ طی خشک‌کردن بسیار حائز اهمیت است[۱۰]. ندیایه و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که به علت وجود آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز و پروکسیداز در میوه به، بلافاصله پس از پوست کنی تغییر رنگ در آن‌ها آغاز می‌شود، آنزیم بری یک روش مناسب برای غیرفعال کردن این آنزیم-هاست، اما با کاهش کیفیت مواد مغذی و حسی در بسیاری از مواد غذایی همراه است. نتایج تحقیقی دیگر که به بررسی پایداری گرمایی پروکسیداز و پلی فنول اکسیداز در تکه‌های انبه پرداختند نشان داد که غیرفعال شدن کامل بعد از ۵ دقیقه برای پروکسیداز و بعد از ۷ دقیقه برای پلی فنول اکسیداز رخ داد. بعد از ۷ دقیقه آنزیم بری با بخار، شاخص قهوه‌ای شدن ثابت ماند در تحقیقی دیگر آنها اثر پیش‌تیمار آنزیم بری بر رنگ و بافت برش‌های سیب در فعالیت‌های مختلف آبی را مورد بررسی قرار داده‌اند و نتایج نشان داد که برش‌های سیب قرمز با فعالیت‌های آبی کمتر از حدوداً ۰/٦ منجر به افزایش سختی برش‌های آنزیم بری شده گردید [۱۱]. گسترش رنگ قهوه‌ای در برش‌های سیب که در فعالیت آبی نزدیک به ۰/۷ قرار داشت، حداکثر بود[۹]. دویماز (۲۰۱۰) تاثیر پیش تیمار آنزیم‌بری بر خشک کردن و جذب مجدد آب توسط سیب‌های قرمز آماسای را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق، دویماز نشان داد که نمونه های پیش تیمار شده با اسید سیتریک دارای زمان خشک کردن کمتری در مقایسه با نمونه شاهد بود[۱۲].

خرایشه و همکاران (۱۹۹۷) تاثیر دما و روش خشک کردن (روش هوای داغ ومایکروویو) را برروی ظرفیت آبگیری مجدد سیب زمینی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از مایکروویو موجب تولید محصولی با تخلخل بالاتر و در نتیجه قابلیت آبگیری مجدد بیشتر می‌شود. اعمال فرایند آنزیم بری به مدت ۵ دقیقه قبل خشک کردن نیز باعث بهبود ظرفیت آبگیری مجدد سیب زمینی می‌گردد[۱۳].

گیوپتا و نایگرنکار گوجه فرنگیها را به مدت ۱۵ ثانیه در آب جوش، 10 ثانیه در آب نمک جوش آنزیم بری نمودند .سپس آنها را به قطر ۱ و ۲ و ۳ سانتیمتری بریده و درخشک کن خورشیدی و خشک کن صنعتی خشک نمودند .نتایج نشان داد برشهای ۳ ،۲ ،۱ سانتیمتری بترتیب در مدت ۲۲ ،۲۸ و ۳۵ساعت در خشککن خورشیدی تا رطوبت ۱۰ درصد و در ۸ درصد خشک شدن خشک کن صنعتی قفسهای تا رطوبت ۵ درصد عمل تثبیت آبگیری مجدد محصولات را افزایش داد [۱٤]

پیش تیمار دارای مزیت‌های بسیار مهمی همانند، جلوگیری از تغییر و زوال رنگ میوه از طریق غیر فعال کردن آنزیمی، کاهش زمان خشک کردن از طریق سست کردن بافت میوه و افزایش کیفیت میوه بعد از خشک شدن می‌باشد[۱۵].

معمولا پیش تیمار میوه ها و سبزیجات به روش بخاردهی یا آب گرم انجام می‌گیرد[۱٦ ، ۱۷]. با وجود مطالعات زیادی که بر روی خشک کردن و پیش تیمار میوه‌های مختلف شامل موز [۷ ، ۱۸]، قارچ [۱۹] و سیب قرمز [۱۲] انجام شد، خشک کردن میوه به با استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف آنزیم بری و خشک‌کن ماکروویو مورد بررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش بهبود خصوصیات ساختاری و ظاهری و شرایط بهینه در فرآیند خشک-کردن اسلایس‌های میوه به خشک شده به وسیله اعمال پیش‌تیمارهای آنزیم بری با آب داغ، بخار آب و غوطه‌وری در محلول اسیدسیتریک ۱٪ مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

در این مطالعه میوه به (*Cydoniaoblonga*) رقم اصفهان مورداستفاده قرار گرفت. بعد از سنجش رطوبت اولیه (بر پایه تر ۸٤٪) در یخچال در دمای حدود ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و نیم ساعت قبل از شروع آزمایش از یخچال خارج گردید.

میوه‌های به مورداستفاده پس از پوست‌گیری با استفاده از دستگاه برش زن دستی به ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۳۰ میلی‌متر برش داده شدند. به‌منظور جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی برش‌های تهیه شده در آب داغ ۹۰ درجه سانتی‌گراد (Wt)، بخار آب (Vt) و اسیدسیتریک (At) به مدت ۲ ،٤ و٦ دقیقه قرار داده شدند. در هر سه مورد پس از اعمال پیش‌تیمار نمونه‌ها با آب سرد شسته شده و سپس آب سطحی آن‌ها با کاغذ صافی گرفته شد. نمونه بدون عملیات آنزیم‌بری به‌عنوان شاهد نیز در نظر گرفته شد.

فرآیند خشک کردن و سنجش خواص میوه

بلافاصله بعد از انجام عمل آنزیم بری، نمونه‌ها با استفاده از ماکروویو (*DE68-03437- Samsung 450 W- Korea*) در یک مرحله خشک گردید. میزان رطوبت نمونه‌ها با قرار دادن در آون سنجش گردید [۲۰].

اندازه‌گیری چروکیدگی بر اساس تغییرات حجم نمونه‌ها به روش جابجایی مایع تعیین گردید (فرمول ۱). در این پژوهش برای کاهش جذب مایع توسط نمونه‌ها از تولوئن به‌جای آب استفاده شد [۲۱].

$$SH = \frac{V_0 - Vt}{V_0} \times 100 \qquad (۱)$$

V_0 ، حجم برش میوه به آنزیم بری شده و V_t ، حجم برش میوه به خشک‌شده می‌باشد.

اندازه‌گیری رنگ و میزان قهوه‌ای شدن (BI) ، تغییر رنگ (ΔE)، و درجه سیری یا خلوص رنگ نمونه‌های شاهد و پیش‌تیمار شده با قراردادن نمونه‌ها در رنگ‌سنج هانترلب (*CX1542, Reston, USA*) سنجش و محاسبه گردید [۲۲].

برای محاسبه نسبت آبگیری مجدد، نمونه‌ها پس از خارج شدن از خشک‌کن، توزین (w_r) و به مدت ۵۰ دقیقه در آب۵۰ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند سپس از درون آب خارج و سطح خارجی آن‌ها با کاغذ صافی خشک گردید و مجدد وزن گردید (w_d). با استفاده از رابطه (۲) نسبت آب‌گیری مجدد نمونه‌ها محاسبه گردید [۲۰].

$$rehydration\ ratio = \frac{W_r}{W_d} \qquad (۲)$$

اندازه‌گیری ویتامین ث با استفاده از روش تیتراسیون محلول آبی رنگ ۲-٦-دی‌کلروفنل ایندوفنل انجام شد[۲۳ و ۲٤].

درصد قند میوه بر اساس روش احیای مس دو ظرفیتی حاصل از ترکیب فهلینگ با قندهای احیاء کننده و تبدیل آن به مس یک ظرفیتی با استفاده از روش لین وآینون سنجش گردید. در این

روش با اندازه‌گیری حجم محلول قند که برای احیاء کامل محلول فهلینگ‌ها مصرف شده است، می‌توان درصد قند موجود در نمونه را محاسبه کرد [۲۵].

آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی انجام شدند. تیمارها متشکل از سه روش آنزیم بری و سه زمان آنزیم بری بودند. نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۱۰) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار GenStat انجام گرفت.

جدول ۱ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار آزمایشی در صفات مورد بررسی

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات							
		زمان خشک کردن	چروکیدگی	باز جذب	ویتامین ث	قند	قهوه‌ای شدن BI	تغییرات رنگ (ΔE)	خلوص رنگ
روش آنزیم بری (B)	۲	9.21^{*}	0.001^{ns}	0.03^{**}	34.08^{**}	11.07^{**}	2583.76^{**}	5.21^{ns}	43.32^{**}
زمان آنزیم بری(t)	٤	18.63^{**}	0.001^{ns}	0.001^{ns}	0.31^{**}	1.29^{**}	85.36^{ns}	22.28^{ns}	6.70^{ns}
B×t	٤	2.72^{ns}	0.001^{ns}	0.50^{**}	0.50^{**}	0.20^{**}	189.46^{*}	27.35^{ns}	18.87^{*}
خطای آزمایش	۲۰	1.69	0.001	0.001	0.01	0.01	54.59	12.86	6.41
ضریب تغییرات (٪)		0.88	0.001	4.39	3.87	2.75	5.63	10.47	2.52

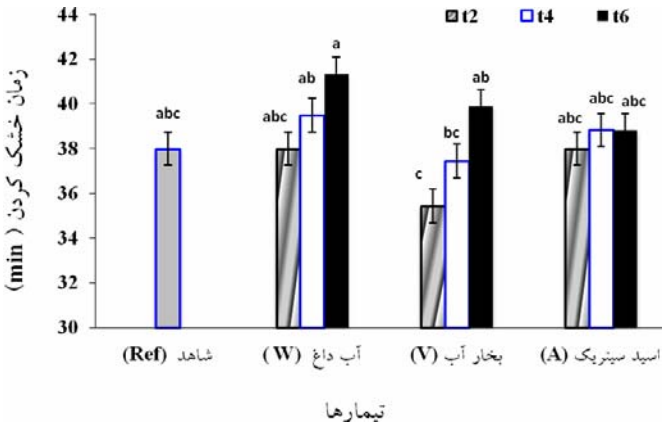
** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمار آزمایشی در صفات مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. تاثیر تیمارهای روش آنزیم بری و زمان آنزیم بری بر همه صفات ورد بررسی در سطح ۱٪ و بر زمان خشک کردن در سطح ۵٪ معنی دار هستند.

زمان خشک کردن

شکل (۱) نشان می‌دهد که با افزایش زمان آنزیم بری برای تمام پیش تیمارها، زمان خشک کردن برش‌های میوه به، افزایش یافته است. با توجه به نتایج، کمترین زمان خشک کردن در پیش‌تیمار با بخار (vt2) است و بیشترین زمان خشک کردن مربوط به پیش‌تیمار آب داغ (wt6) بود. افزایش زمان آنزیم بری در پیش‌تیمارهای آب داغ و بخار موجب افزایش رطوبت در برش-های میوه به شد که سبب طولانی‌تر شدن زمان خشک کردن گردید.



شکل ۱ زمان کل خشک کردن در تیمارهای پیش فرایند شده با آب داغ، بخار و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

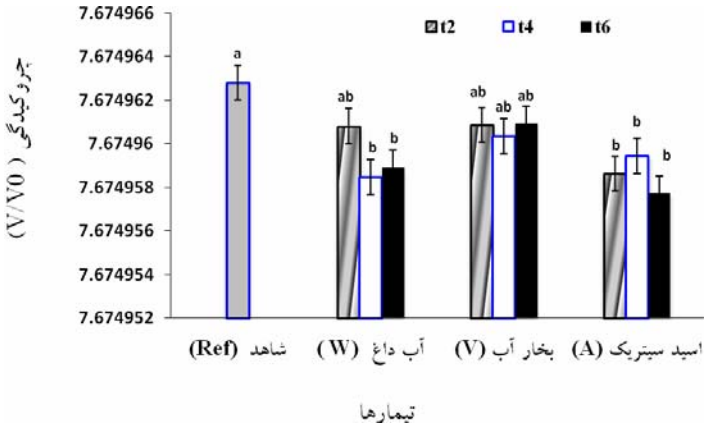
در مجموع با افزایش زمان آنزیم‌بری، حداقل تغییرات زمان خشک کردن در نمونه‌های پیش‌تیمار شده با محلول اسیدسیتریک مشاهده گردید و این تغییرات هم معنی‌دار نمی‌باشد. زیرجانی و توکلی پور (۲۰۱۲) نشان دادند که در خشک کردن با ماکروویو ، شیب تندی در ابتدای فرآیند دیده می‌شود که به دلیل

سرعت زیاد خشک کردن در این مرحله است و این می‌تواند به دلیل مکانیسم گرمایش حجمی ماکروویو باشد [۷].

چروکیدگی

چروکیدگی و تخلخل برای واریته‌ی زیادی از محصولات غذایی عمدتاً به‌عنوان تابعی از میزان رطوبت بوده است. میزان چروکیدگی در همه تیمارهای پیش فرایند شده کمتر از چروکیدگی در نمونه‌های شاهد می‌باشد (شکل ۲). بر اساس نتایج آماری به‌دست‌آمده، میزان چروکیدگی در پیش‌تیمارهای اسیدسیتریک و آب داغ تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد دارد (جدول ۱). تبخیر آب و گرم کردن موجب تنش در ساختار سلولی مواد غذایی می‌گردد که خود موجب تغییر در ریزساختار (مثل تشکیل منفذ) و چروکیدگی می‌شود. رحمان (۲۰۰۳) گزارش کرد که گسترش منافذ و چروکیدگی به تغییر در مکانیسم‌های انتقال رطوبت و فشار بیرونی بستگی دارد [۲۶]. کمترین میزان چروکیدگی در پیش‌تیمارهای اسیدسیتریک و بیشترین آن مربوط به بخار آب (Wt2) مشاهده گردید لیکن با افزایش زمان آنزیم بری این میزان کاهش یافت. و این نشان از اثر زمان آنزیم بری بر کاهش فشار و سهولت در مکانیسم انتقال رطوبت می‌باشد.

طبق گزارش تحقیقات مسکان (۲۰۰۱) بر روی کیوی، این میوه ساختاری با چروکیدگی کمتر از ظرفیت بالاتر جذب آب در زمان بازسازی برخوردار بود. با توجه به نتایج این تحقیق، میزان چروکیدگی برش‌های میوه به علاوه بر این‌که تابعی از میزان رطوبت است، تابعی از میزان باز جذب هم می‌باشد. که با نتایج محققین مطابقت دارد. بنابراین، روش خشک کردن و شرایط بکار رفته با تأثیری که بر تخلخل، چروکیدگی و چگالی حجمی دارد اثر قابل‌توجهی بر خواص محصول می‌گذارد[٤]. بیشترین میزان چروکیدگی در میان تیمارهای آنزیم‌بری شده، متعلق به نمونه های آنزیم‌بری شده با بخار آب بوده و زمان آنزیم‌بری اثر معنی‌داری بر چروکیدگی این نمونه‌ها نداشت. این می‌تواند بواسطه اثر حداکثری آنزیم‌بری با بخار آب در مراحل اولیه می‌باشد.



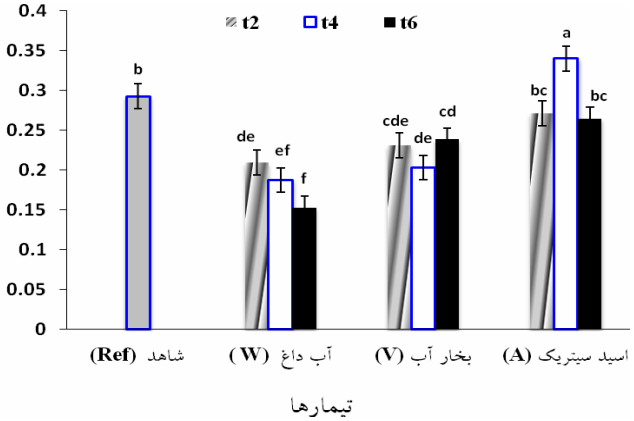
شکل ۲ چروکیدگی در تیمارهای پیش فرایند شده با آب داغ، بخار و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

جذب مجدد آب

شکل (۳) میزان جذب مجدد آب در تیمارهای آب داغ، بخار آب و اسیدسیتریک را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳، تفاوت معنی‌داری ($p<0.01$) بین تیمارهای آنزیم‌بری شده وجود دارد. در مقایسه پیش‌تیمارها، کمترین میزان باز جذب متعلق به پیش‌تیمار آب داغ و بیشترین آن مربوط به تیمار اسیدسیتریک (At4) بود افزایش میزان باز جذب نشانگر کیفیت بهتر محصول در طی خشک کردن و آسیب کمتر به بافت برش-های میوه به می‌باشد. بنابراین کمترین خسارت به بافت میوه در مرحله خشک کردن متعلق به نمونه های آنزیم‌بری شده با اسید سیتریک می‌باشد و بهینه ترین حالت در این تیمار در زمان چهار دقیقه آنزیم‌بری مشاهده گردید. فنگ و تانگ (۱۹۹۸) بیان کردند که ویژگی‌های آبگیری مجدد محصولات خشک‌شده بیانگر تغییرات فیزیکی و شیمیایی آن در طول فرآیند خشک کردن است و به‌عنوان تابعی که می‌تواند تحت تأثیر شرایط فراوری، پیش‌تیمار نمونه و ترکیب قرار گیرد [٦]. با افزایش زمان آنزیم بری، میزان باز جذب در پیش‌تیمار ها کاهش یافته بطوریکه با افزایش سه برابری زمان آنزیم بری، میزان باز جذب ٤٠٪ کاهش یافته است. میزان بهینه باز جذب در پیش‌تیمار با اسیدسیتریک در زمان ٤ دقیقه و در بخار آب در زمان ٦ دقیقه مشاهده شد.

مطابق مشاهدات زیرجانی و توکلی پور (۲۰۱۲) کاربرد ماکروویو سرعت باز جذب آب را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که علت آن افزایش خلل و فرج در طول مرحله خشک کردن

است[۷]. در فرایند خشک کردن با ماکروویو، بافت سلولی نمونه پف کرده و دیواره سلولی نمی‌تواند تغییر حجم ایجاد شده را نگه دارد و درنهایت ساختار سلولی به حالت ابتدایی نزدیک می‌شود ویژگی‌های آبگیری مجدد محصولات خشک‌شده بیانگر تغییرات فیزیکی و شیمیایی آن در طول فرآیند خشک کردن است و به‌عنوان تابعی که می‌تواند تحت تأثیر شرایط فراوری، پیش‌تیمار نمونه و ترکیب قرار گیرد [۷]. بالا بودن ظرفیت جذب آب در خشک کردن به روش ماکروویو در مقایسه با هوای داغ می‌تواند به خاطر به وجود آمدن خلل و فرج بیشتر در ساختار نمونه‌ها و مدت زمان کوتاه خشک کردن باشد [٦ و ۲۷].

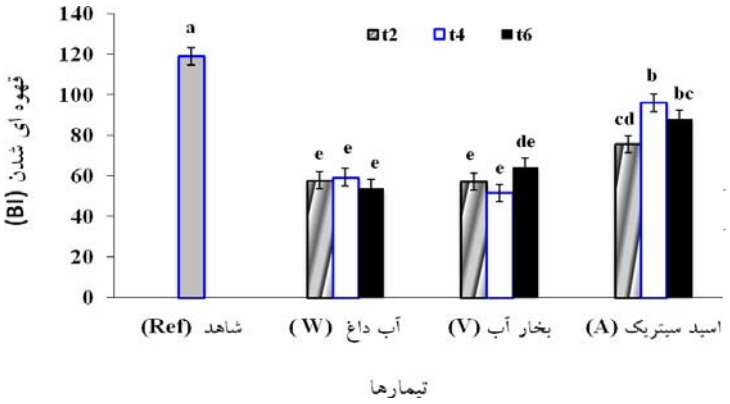


شکل۳ تغییرات جذب مجدد آب در تیمارهای پیش فرایند شده با آب داغ، بخار و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

رنگ

رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی میوه‌های خشک‌شده است و در طی خشک کردن و نگهداری طولانی مدت به علت برخی واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی می‌تواند تغییر کند. شکل‌های (٤، ٥، و ٦) بیانگر میزان قهوه‌ای شدن، تغییرات رنگ، و خلوص رنگ نمونه در طی فرآیند خشک کردن در پیش‌تیمارهای مختلف می‌باشد.

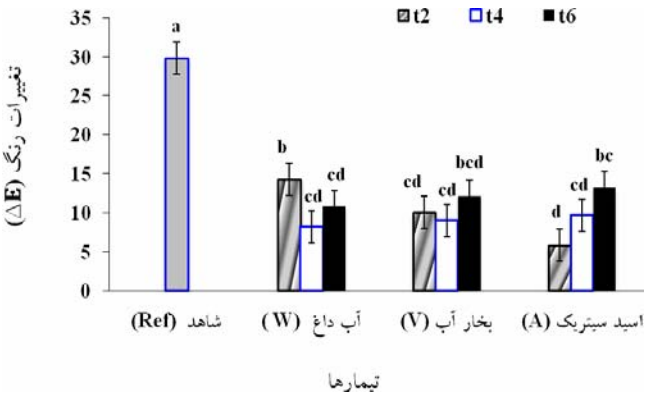
با توجه به شکل(٤) قهوه‌ای شدن نمونه شاهد خشک‌شده تقریباً ۱۰۰٪ از پیش‌تیمارهای آب داغ و بخار بیشتر بوده و اختلاف معنی‌داری نیز با آن‌ها دارد. میزان قهوه‌ای شدن در نمونه‌ی پیش‌تیمار با اسیدسیتریک حدود ۳۰٪ بیشتر از نمونه‌های با آب داغ و بخار آب در زمان‌های مختلف آنزیم بری می‌باشد. می‌توان استنتاج کرد که فرآیند آنزیم بری می‌تواند از تغیر رنگ محصول خشک‌شده جلوگیری نماید و در مقایسه بین پیش‌تیمارها، اثر اسیدسیتریک به‌طور معنی‌داری بیش از دیگر روش‌های آنزیم بری می‌باشد. افزایش زمان آنزیم بری، میزان قهوه‌ای شدن افزایش یافته است. این گسترش رنگ قهوه‌ای می‌تواند به‌واسطه اسید آسکوربیک موجود در میوه باشد که به‌واسطه ترکیبات فنولی می‌توانند در غیاب آنزیم‌های اکسیداز اکسید گردند و واکنش‌های بعدی چگالش می‌تواند منجر به تشکیل رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای گردد. فاطمی (۲۰۱۲) حدود ٦۰ تا ۷۰ درصد از قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در سیب را به این واکنش‌های اکسایشی اخیر نسبت داده‌اند[۲۸].



شکل٤ میزان قهوه‌ای شدن در تیمارهای پیش فرایند شده با آب داغ، بخار و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

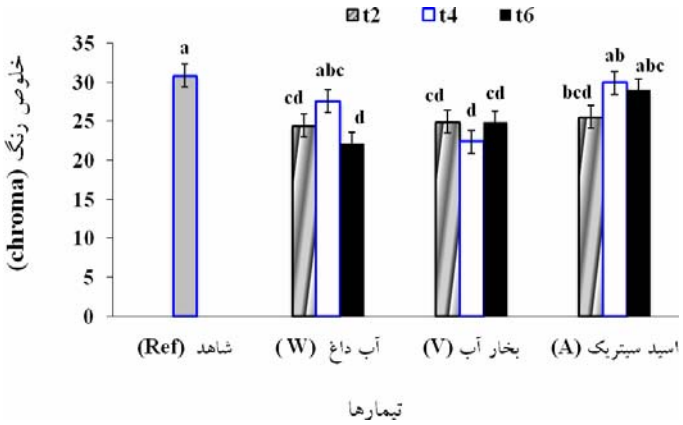
با افزایش زمان آنزیم بری در پیش‌تیمارها، مقدار تغییرات رنگ (ΔE) افزایش یافته است (شکل ٥). کمترین میزان تغییر رنگ مربوط به نمونه پیش‌تیمار شده با اسیدسیتریک در زمان ۲ دقیقه (At2) می‌باشد. بیشترین میزان تغییر رنگ مربوط به نمونه پیش‌تیمار شده با آب داغ بوده که با افزایش زمان آنزیم بری میزان آن کاهش یافته است لیکن اختلاف معنی‌داری در تیمارهای آب داغ ٤ و ٦ دقیقه، (Wt4) و (Wt6) مشاهده نشد. بنابرین می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌تیمارهای مختلف آنزیم بری سبب حداقل شدن میزان تغییرات رنگ در حین خشک شدن شده و پیش‌تیمار اسیدسیتریک بهینه‌ترین حالت را دارا می‌باشد. نتایج فوق با نتایج تحقیق دویماز (۲۰۱۰) نشان داد که اثر اسیدسیتریک بر روی رنگ سیب را موردبررسی قرار داده بود مطابقت دارد[۱۲].

چراغی و همدمی (۲۰۱٤) نشان دادند که با افزایش زمان آنزیم بری میزان تغییر رنگ افزایش یافته و پیش تیمار اسید سیتریک و بخار آب بیشترین افزایش را نشان داد. در تحقیقی که بر میزان تغییر رنگ در فرآیند باز جذب کدوی آنزیم بری شده با بخار انجام شد نشان داد که شاخص ΔE در طول فرآیند باز جذب در همه شرایط افزایش یافته است [۲۹].



شکل۵ میزان تغییرات رنگ در تیمارهای پیش فرایند شده با بخار، آب داغ و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

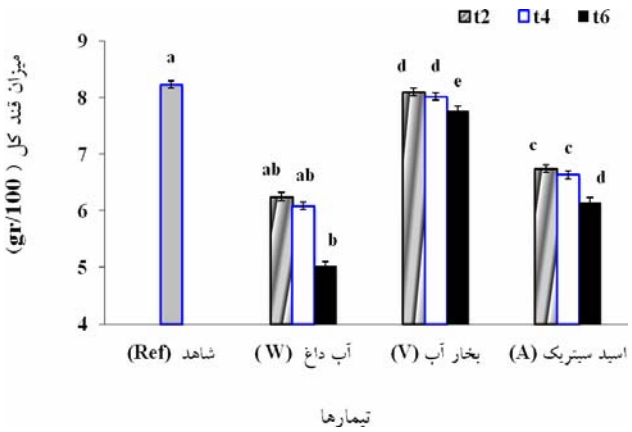
بر اساس نتایج نشان داده‌شده در شکل (٦)، خلوص رنگ در پیش‌تیمارهای آب داغ و بخار بیشتر از پیش‌تیمار اسیدسیتریک و نمونه شاهد بوده است. مقدار خلوص رنگ در نمونه‌های (vt4) و (wt6) بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. درمجموع تفاوت چندانی ازلحاظ خلوص رنگ بین پیش‌تیمارها مشاهده نشد. استفاده از ماکروویو نیز به‌نوبه خود در آنزیم بری مؤثر است. ازاین‌رو به نظر می‌رسد که روش آنزیم بری- ماکروویو به مقدار زیادی از تغییر رنگ در طی فرایند خشک کردن جلوگیری می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طی عمل آنزیم‌بری با آب داغ و بخار آب آنزیم‌هایی که مسئول تغییر رنگ محصول حین خشک کردن و نگهداری است غیرفعال می‌شوند. و همچنین با عوامل ایجادکننده-ی رنگ در قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی نیز واکنش داده و از قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی جلوگیری می‌کنند. اسیدسیتریک با کاهش pH موجب غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌شوند.



شکل ٦ درجه خلوص رنگ در تیمارهای پیش فرایند شده با بخار، آب داغ و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

قند کل

با توجه به نتایج نشان داده‌شده در شکل (۷)، میزان قند کل میوه به در پیش‌تیمار با بخار در زمان‌های مختلف آنزیم بری بیشتر حفظ شد که با نمونه‌ی شاهد تقریباً در یک سطح بودند. با افزایش زمان آنزیم بری در نمونه آب داغ ، میزان قند کاهش یافت. می‌توان نتیجه گرفت که ماکروویو و پیش‌تیمارها بر روی میزان قند برش‌های به خشک‌شده تأثیر دارند. ممکن است علت آن افزایش واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد در دماهای بالا و درنتیجه تجزیه بیشتر قندها باشد.



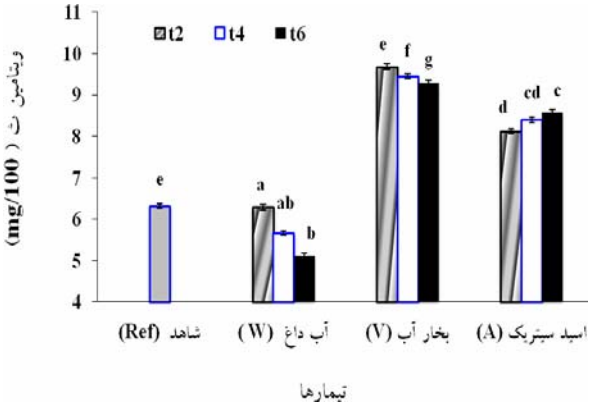
شکل ۷ میزان قند کل در تیمارهای پیش فرایند شده با بخار، آب داغ و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

ویتامین ث

با توجه به شکل (۸)، تفاوت معنی‌داری در پیش‌تیمارهای آب داغ نسبت به پیش‌تیمارهای بخار و اسیدسیتریک مشاهده می‌شود.

بیشترین کاهش ویتامین ث در پیش‌تیمار با آب داغ بود که با افزایش زمان آنزیم بری از ۲ تا ٦ دقیقه روند نزولی را طی کرده است. که علت آن می‌تواند به‌واسطه حل شدن بیشتر ویتامین ث در آب داغ در حین افزایش زمان آنزیم بری باشد.

میزان ویتامین ث در پیش‌تیمار با بخار بیشتر حفظ شده است. این می‌تواند به دلیل خروج کمتر مواد مغذی در آنزیم بری با بخار نسبت به روش‌های دیگر باشد. این نتیجه با نتایج فتحی و همکاران (۲۰۰۹) که گزارش نمودند میزان اسیدسیتریک با جذب فلزات موجود در برش‌های به تا حدودی از کاهش ویتامین ث جلوگیری می‌کند، مطابقت دارد[۳۰].



شکل ۸ میزان ویتامین ث در تیمارهای پیش فرایند شده با بخار، آب داغ و اسید در زمان‌های ۲، ٤ و ٦ دقیقه

٤- نتیجه‌گیری

اثر پیش‌تیمارهای آنزیم بری در ترکیب با خشک‌کردن به روش ماکروویو، بر روی رنگ، چروکیدگی، زمان، جذب مجدد، میزان قند، ویتامین ث و درنهایت پذیرش کلی آن جهت مصرف موردبررسی قرار گرفت. از نتایج می‌توان استنتاج کرد که:

- پیش‌تیمار با اسیدسیتریک بیشترین میزان باز جذب را دارد و میزان بهینه آن در زمان آنزیم بری ٤ دقیقه می‌باشد. میزان بهینه باز جذب در تیمار با آب داغ و بخار به ترتیب در زمان ۲ و ٦ دقیقه مشاهده شد.
- کمترین زمان خشک کردن در بین پیش‌تیمارها مربوط به تیمار بخار آب در زمان دو دقیقه آنزیم‌بری است.
- تیمارهای پیش فرایند شده با اسیدسیتریک، آب داغ و بخار دارای چروکیدگی کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد هستند.

کمترین میزان چروکیدگی در پیش‌تیمارهای اسیدسیتریک و پیش‌تیمار با آب داغ در زمان ٤ و ٦ دقیقه بود.

- میزان قهوه‌ای شدن در نمونه‌ی با اسیدسیتریک حدوداً ۳۳٪ بیشتر از نمونه‌های با آب داغ و بخار آب در زمان‌های مختلف آنزیم بری می‌باشد. مقدار تغییرات رنگ در پیش‌تیمار با اسیدسیتریک با افزایش زمان آنزیم بری افزایش می‌یابد و همچنین در بین پیش‌تیمارها، پیش‌تیمار با بخار و آب داغ اپتیمم تغییرات رنگ در زمان ٤ دقیقه مشاهده گردید.

بیشترین میزان ویتامین ث و قند در پیش‌تیمار با بخار حفظ گردید و پیش‌تیمار با آب داغ بیشترین تأثیر منفی را بر میزان ویتامین ث و قند داشته بطوریکه با کاهش حدوداً ۳۰ تا ۵۰٪ در این دو شاخص کیفی میوه به مواجه شدیم.

درنهایت می‌توان استنتاج نمود که در فرآیند خشک کردن میوه به آنزیم بری دارای اثر معنی‌داری در حفظ خواص میوه به بوده و از میان پیش‌تیمارها، پیش‌تیمار با بخار و سپس آب داغ، بهینه‌ترین اثر را در فرآیند خشک کردن دارا بوده و همچنین زمان آنزیم بری ۲-٤ دقیقه بهینه‌ترین شرایط کمی و کیفی را در فرایند خشک شدن نشان داد.

٥-منابع

[1] FAO, 2010. Statistical Database. *http:// faostat. fao. org* (accessed 15.01.10).

[2] Thomas, M., & Thibault, J. F. 2002. Cell-wall polysaccharides in the Fruits of Japanese Quince (Chaenomeles japonica): Extraction and preliminary characterization . Carbohydrate Polymers, 49(3): 345–355.

[3] Thakur, B. R., Singh, R. K., & Handa, A. K. 1997. Chemistry and uses of pectins (a review). Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37: 47–57.

[4] Maskan, M. 2000. Microwave air and microwave finish drying of banana. Journal of Food Engineering, 44: 71-78.

[5] Yaldiz, O., Ertekin, C., and Uzun, H. I. 2001. Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. Energy, 26(5): 457-465.

[6] Feng, H. and Tang , J. 1998. Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed. Journal of Food Science, 63: 679-683.

[7] Zirjani, L., and Tavakolipor, 2012. Comparative effect of microwave and hot air drying process for Banana slice production. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 43(1): 73-83.

[8] Abbasi, S., and Rahimi, S. 2007. Microwave and it application in food industries. Sonboleh. 20(163): 28-29.

[9] Beveridge , T., and Weintraub , S. E. 1995. Effect of blanching pretreatment on color and texture of apple slices at various water activities. Food Research International, pp. 83-86.

[10] Tavakoli Por, H. 2007. Principal of drying of food and agricultural products. Aiizh Ltd Co., Iran.

[11]. Ndiaye, C. Xu, S. Y. and Wang , Z . 2009. Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colourof mango (MangiferaindicaL) slices, journal homepage, 92–95.

[12]. Doymaz, I. 2010. Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples, food and bioproducts processing, 88: 124–132.

[13] Khraisheh, M. A. M., Cooper, T. J. R., & Magee, T. R. A. 1997. Shrinkage characteristics of potatoes dehydrated under combined microwave and convective air conditions. Drying Technology, 15(3/4): 1003–1022.

[14] Gupta, R. G. and Nigrankar, V. 1984. Drying of tomatoes. J. Food Sci. Technol. 21(6): 372- 376.

[15] . Kingsly, A.R.P., Singh, R., Goyal, R.K. and Singh, D.B. 2007. Thin-layer drying behaviour of organically produced tomato. Am. J. Food Technol., 2: 71–78.

[16]. Mate, J.I., Zwietering, M. and van't Riet, K. 1999. The effect of blanching on the mechanical and rehydration properties of dried potato slices. Eur. Food Res. Technol., 209: 343–347.

[17] Tembo, L., Chiteka, Z.A., Kadzere, I., Akinnifesi, F.K. and Tagwira, F. 2008. Blanching and drying period affect moisture loss and vitamin C content in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.). Afr. J. Biotechnol., 7: 3100–3106.

[18] Demiral, D. and turhan, M. 2003. Air drying behavior of dwarf cavendish and gross michel banana slices. Journal of food engineering. 59: 1-11.

[19] Singh, B., and Mehta, S. 2008. Effect of Osmotic Pretreatment on Equilibrium Moisture Content of Dehydrated Carrot Cubes. International Journal of Food Science & Technology. 43(3): 532-537.

[20] AOAC, 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th ed., Vol . 2. USA: *AOAC*, Inc. Method 920.152. p. 917.

[21] Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., and Mortazavi, S. A. 2011. Multi-objective optimization of osmotic–ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. Food Bioprocess Technology, Doi: 10.1007/ s11947-011-0577-8.

[22] Rahmanpor, S., and Hasheminejhad, A. 2014. Pretreatment effect on the quality of quince slice. The 2nd national conference on optimizating the production chain, distribution and consumption of food industries. Sari agricultural sciences and Natural Resource University, 29-30 Jan. 2014.

[23] Diamante, L., Durand, M., savage, G., Vanhaneb, L. 2010. Effect of temperature on the drying characteristics color and ascorbic acid content of green and gold kiwifruit. International food research journal, 17: 441-451.

[24] Hosseini, Z. 2007. Common method in decomposion of food materials, 6th edit. Shiraz university printing center.

[25] Parvaneh, V. 1992. Quality control and chemical experiments of food. Printed in University of Tehran, Iran.

[26] Rahman, M.S. 2007. Handbook of food preservation 2nd ed. CRC press. P. 408, 409, 420.

[27] Lin, T. M., Durance, T. D., and Scaman, C. H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Research International. 4: 111–117.

[28] Fatemi, H. 2012. Principle of food keeping technology. 2nd edit, Enteshar Co. Ltd., Iran.

[29] Cheraghi S., Hamdami N. 2014. Influence of Agitation Speed and Water Temperature on Dried Squash (Cucurbita pepo) properties during its rehydration process. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 45(2).

[30] Fathi, M., Mohebi, M., and Razavi, S. 2009. The mass transfer kinetic modeling in the kiwi osmosis drying process by Artificial Neural Network. Journal of food processing and preservation, 1(1): 1-12.

The Effects of Pretreatments Blanching on the Quality Properties of Slice Quinc*e (cydoniaoblonga*) in the Microwave Drying

Hashemi, S. J. [1*], Rahmanpour, S. [2], Motemedzadegan, A. [3], Tabatabaei, R.[4]

1. Assistant Prof. of Biosystem engineering Department, Sari Agricultural Science and Natural Resources University
2. Department of food industry engineering, Sari Agricultural Science and Natural Resources University
3. Associated Prof. of food industry engineering Department, Sari Agricultural Science and Natural Resources University
4. Associated Prof. of Biosystem engineering Department, Sari Agricultural Science and Natural Resources University

(Received: 94/4/12 Accepted: 94/6/7)

This research work was studied to evaluate the effects of different pretreatments of blanching and microwave drying on the qualities and appearance properties of slice quince. In this experiment, three blanching treatments including hot water (Wt), water vapour (Vt), citric acid (At) and three blanching time (2, 4 and 6 min) and also a control treatment were considered with three replications. The results showed that the color differences decreased when the samples pretreated in compare of control sample. Minimum shrinkage was observed in pretreated samples in compare of control. Among the pretreated samples, minimum shrinkage were belong to samples which pretreated by citric acid and vapour. It was occurred in the blanching times of 4 and 6 min. Maximum and minimum vitamin C was observed in vapour and hot water pretreated samples, respectively. Therefore, blanching by vapour up to 4 min and hot water up to 2 min found as the optimum conditions for reaching the best quality of quince fruit in microwave drying process.

Keywords: Microwave, Pretreatment, Blanching, Quince drying, Dehydration.

[*] Corresponding Author E-Mail Address: j.hashemi@sanru.ac.ir