DOI: http://dx.doi.org/ 10.22104/JIFT.2017.2151.1494

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، دوره ۵، شماره ۴، صفحه ۵۶۶-۵۵۷، تابستان۱۳۹۷

تأثیر پیش تیمارهای مختلف در خشک کردن تفاله هویج و بررسی برخی از ویژگی‌های کیفی پودر حاصله در طی دوره نگه‌داری

زیبنده اخلاقان[۱]، عارف اولاد غفاری[۲]، صدیف آزادمرد دمیرچی[۳] و سیدهادی پیغمبردوست[۳*]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. مربی، گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج

۳. استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۰، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۶/۶/۱۹، تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۲)

چکیده

خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌ها در صنایع غذایی به دلایل مختلفی هم‌چون تولید محصولات جدید و نگه‌داری به‌مدت طولانی‌تر انجام می‌گیرد. واکنش‌های مخرب زیادی می‌تواند در طی خشک کردن اتفاق بیافتد که با استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف می‌توان سرعت این واکنش‌ها را کند کرد. در این پژوهش، اثر پیش تیمارهای آنزیم‌بری آب داغ حاوی اسید سیتریک با pH=۴/۵، آب سرد حاوی اسید سیتریک، آنزیم‌بری با آب داغ و یک نمونه بدون آنزیم‌بری (نمونه کنترل) قبل از خشک کردن تفاله هویج بر برخی از ویژگی‌های کیفی پودر به‌دست آمده در طی نگه‌داری بررسی شد. تفاله‌ها در خشک‌کن کابینی با دمای ۸۵ °C با سرعت ۱ متر بر ثانیه تا رطوبت ۲٪ (بر حسب وزن تر) خشک شده و سپس آسیاب و به پودر تبدیل شدند. پودرهای تولیدی به‌مدت ۳ ماه در دمای ۲۵ °C نگه‌داری شدند. درصد فیبر، خاکستر و رطوبت پودرها اندازه‌گیری شد. هم‌چنین در روزهای ۱، ۴۵ و ۹۰ اندازه‌گیری ترکیبات فنلی، ویتامین C و کاروتنوئیدها انجام و با نمونه کنترل مقایسه شد. نتایج نشان دادند که با اعمال آنزیم‌بری مقدار کاروتنوئیدها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت که این می‌تواند به دلیل غیرفعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده رنگدانه‌های هویج باشد. علاوه براین، آنزیم‌بری موجب افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) ترکیبات فنلی در مقایسه با نمونه کنترل شد که دلیل آن خروج بهتر این ترکیبات با حرارت دیدن بافت‌های گیاهی و استخراج بهتر می‌باشد. آنزیم‌بری باعث کاهش ویتامین C پودرهای تولیدی شد. برعکس، آنزیم‌بری به همراه اسید سیتریک از تخریب بیش‌تر ویتامین C جلوگیری کرد. از طرفی اعمال پیش تیمارهای آنزیم‌بری باعث افزایش درصد فیبر و خاکستر نمونه‌ها گردید. در طی نگه‌داری مقدار کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی در پودر تفاله هویج به‌صورت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت و در طی نگه‌داری کاهش مقدار ویتامین C در نمونه‌های آنزیم بری شده نسبت به نمونه شاهد و اسید سیتریک کم‌تر بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پیش تیمار آنزیم بری در خشک کردن تفاله هویج می‌تواند روشی مناسب جهت حفظ کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی پودر هویج حاصله باشد.

واژه‌های کلیدی: تفاله هویج، خشک کردن، اسید سیتریک، آنزیم بری، کیفیت، نگه‌داری.

* نویسنده مسئول: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

۱- مقدمه

خشک‌کردن مواد غذایی یکی از عمومی‌ترین و اساسی‌ترین فرایندها جهت افزایش پایداری ماده غذایی از طریق کاهش فعالیت آبی، کاهش فعالیت میکروبی و تغییرات فیزیکی و شیمیایی در طی دوره نگه‌داری است [۱]. خشک‌کردن علاوه‌بر افزایش پایداری محصول، با کاهش وزن و حجم آن موجب کاهش هزینه‌های بسته‌بندی و نگه‌داری محصول می‌شود. این فرایند به‌طور گسترده در تولید مواد غذایی به‌صورت صنعتی مورد استفاده قرار گرفته و یکی از عملیات با مصرف انرژی بالا در صنعت غذا است. تغییرات فیزیکی و شیمیایی متعددی در حین فرایند خشک‌کردن صورت می‌پذیرند. این تغییرات، عموما تابعی از دما، رطوبت و زمان صرف شده جهت خشک‌کردن است. بنابراین، اثرات نامطلوب در حین فرایند خشک‌کردن بر محصول خشک‌شده با پیش‌بینی دمایی و رطوبتی در محصول کنترل شود [۲، ۳].

هویج سرشار از کاروتنوئیدها، کلسیم، پتاسیم، پیش‌ساز ویتامینA و ویتامین‌های B، C، D و E است که می‌توانند در سلامت مؤثر باشند. هویج هم‌چنین حاوی مس، آهن، منیزیم، منگنز، فسفر، سولفور است که بیش‌تر این ترکیبات با ارزش پس از آب‌گیری هویج به شکل تفاله هدر می‌روند [۴]. کاروتنوئیدها و مواد مغذی موجود در هویج در کاهش ابتلا به سرطان، افزایش ایمنی بدن، کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، مقابله با برونشیت، کاهش خطر افزایش فشارخون، از بین بردن فراورده های سمی حاصل از متابولیسم بدن و رادیکال‌های آزاد مؤثر است. در کشور ما در صنعت و نیز در واحدهای آبمیوه گیری مقادیر بالایی هویج در تولید آب هویج استفاده شده و ضایعات آن به‌صورت تفاله هویج دور ریخته می‌شود [۴]. تفاله هویج دارای ترکیبات مغذی زیادی است که بیشتر در فرمولاسیون جیره غذایی دام‌ها استفاده می‌شود. تفاله هویج به‌علت فعالیت آبی بالا خیلی سریع فاسد می‌شود. برای استقاده بهینه از منابع مغذی فراوان در تفاله هویج و نیز به‌منظور افزایش ماندگاری آن خشک کردن تفاله به عنوان راهکاری مناسب مطرح است [۵]. تولید پودر تفاله هویج می‌تواند روشی برای استفاده از این منبع ارزان و سودمند در محصولات غذایی باشد. تفاله هویج از لحاظ فیبر غیرمحلول مانند لیگنو سلولوز غنی است که ترکیبی از پلی‌ساکاریدهای پکتیک، همی‌سلولز و سلولز است و این اجزا خواص فیزیولوژیکی مطلوبی دارند. تفاله هویج شامل ۲۸ ٪ سلولز، ۱۷/۵ ٪ لیگنین، ۶/۷ ٪ همی سلولز و ۲/۱ ٪ پکتین بر اساس وزن خشک تفاله است. از تفاله هویج می‌توان در فرمولاسیون بسیاری از مواد غذایی استفاده کرد. در برخی کشورها محصولات صنایع پخت با تفاله هویج تازه یا خشک غنی‌سازی می‌شوند و چنین محصولاتی توسط مصرف‌کنندگان پذیرفته شده است. بنابراین امکان توسعه محصولاتی که حاوی تفاله هویج می‌باشند، بسیار بالا است [۶]. کاربرد دیگر تفاله هویج، در غنی‌سازی نوشیدنی‌ها است که حاوی فیبرهای رژیمی هستند. در این نوشیدنی‌ها میزان بتاکاروتن تفاله نیز سودمند واقع می‌شود چرا که علیرغم پیشرفت‌های قابل توجه در روش‌های فراوری، مقادیری از ترکیبات با ارزش و مغذی مثل کاروتن‌ها هنوز در تفاله باقی می‌مانند.

پیش‌تیمارهای مختلفی را در صنعت برای جلوگیری از واکنش‌های مخرب در خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌ها انجام می‌دهند. لذا در این تحقیق، با اعمال شرایط بهینه به‌عنوان پیش تیمار قبل از فرایند خشک کردن تفاله هویج سعی شده است که اثرهای این پیش تیمارها بر مواد مغذی مانند کاروتنوئیدها، ویتامین C و ترکیبات فنلی و دیگر ویژگی‌های کیفی پودر هویج بررسی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

هویج تازه (*Daucus carota*) از بازار محلی تهیه شد. ابتدا سر و ته هویج‌ها جداسازی و با آب شسته شدند. سپس تفاله هویج با خروج کامل آب در دستگاه آب میوه‌گیر RT-400 (ناسیونال، ژاپن) با ۳۷ ٪ تفاله و ۶۳ ٪ آب هویج به‌دست آمد. متانول، معرف فولین سیوکالچو، اسید کلردریک، اسید گالیک، کربنات سدیم، یدید پتاسیم، یدات پتاسیم، هگزان، الکل اتانول، اسیدآسکوربیک، اسید سیتریک از شرکت مرک تهیه گردید.

۲-۲- آماده سازی تفاله‌ها قبل از خشک کردن

پیش تیمارهای تحت بررسی در تحقیق عبارت بودند از:

۱- آنزیم‌بری آب داغ با اسید سیتریک: تفاله‌ها در داخل اسید با pH=۴/۵ که تا دمای ۹۰ °C گرم شده بود به مدت ۱ min قرار گرفته و سپس به مدت ۱۵ min عمل آبکشی صورت گرفت [۷].

۲- آنزیم بری سرد با اسید سیتریک: تفاله‌ها به نسبت ۱:۶

(تفاله:محلول) در محلول اسید سیتریک با pH=۴/۵ به مدت min ۱ قرار گرفتند و سپس min ۱۵ آبکشی صورت گرفت.

۳- آنزیم بری با آب داغ: تفاله‌ها به نسبت ۱:۶ (تفاله:آب) در آب با دمای °C ۹۰ به مدت min ۱ قرار گرفته و سپس به مدت min ۱۵ عمل آبکشی صورت گرفت [۷].

۴- نمونه بدون آنزیم‌بری (نمونه کنترل): پس از آب گیری هویج، تفاله‌های به‌دست آمده، بدون اعمال تیمار خشک شدند.

۲-۳- خشک کردن

ابتدا سینی‌های خشک‌کن کابینتی مدل 28000x شرکت صنعت سازان با فویل‌های آلومینیومی کاملا پوشانده شدند. تفاله‌های به‌دست آمده از هر تیمار در داخل سینی‌ها به ضخامت cm ۱پهن شدند. پس از رسیدن دمای خشک کن به °C۸۵ سینی‌ها در داخل آن قرار گرفتند. در مورد تفاله شاهد عمل خشک کردن تا رسیدن به رطوبت ۲ ٪ بر پایه تر صورت گرفت که این عمل به‌مدت h ۴ انجام گرفت. ولی در مورد تفاله‌های آنزیم‌بری شده با تیمارهای مختلف خشک کردن به مدت h ۵ طول کشید. محتوای رطوبتی همه پودرها با انجام آزمایش به ۲٪ رسانده شد.

۲-۴- استخراج و اندازه‌گیری کاروتنوئید کل

کاروتنوئیدهای کل با استفاده از روش چانتارو و همکاران [۷] استخراج و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV VISIBLE -2100 ساخت یونیکو اطریش اندازه‌گیری شد. برای این منظور حدود ۰/۱ نمونه پودر شده با mL ۲۵ حلال هگزان-اتانول (با نسبت ۹ به ۱) داخل فالکون پلاستیکی درب‌دار ریخته و در سانتریفوژ مدل BHG500 ساخت شرکت ZENTRIFUGBN آلمان با دور rpm ۱۰۰۰۰ به مدت min ۵ قرار داده شدند. فالکون‌ها از داخل سانتریفوژ بیرون آورده و از مایع بالایی، داخل کووت شیشه‌ای درب‌دار ریخته و بعد از صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر با نمونه بلانک (حلال هگزان-اتانول) مقدار جذب برای کاروتنوئید کل در λ=۴۵۰ nm (طول موج) تعیین شد. مقدار کاروتنوئید کل بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید:

$$\text{کاروتنوئید کل}\left(\frac{\mu g}{gr}\right)=\frac{A*V*1000000}{2500*100*M} \qquad (۱)$$

۲-۵- اندازه‌گیری ویتامین C

مقدار ویتامین C موجود در تفاله‌های خشک شده با روش یدومتری اندازه‌گیری شد. ابتدا g ۱ از پودر تفاله هویج را برداشته و به آن mL ۱۵۰ آب مقطر و mL ۵ پتاسیم یدید M ۰/۶ و mL ۵ اسیدکلریدریک M ۱ و mL ۱ محلول نشاسته ۰/۵٪ اضافه شد. مخلوط حاصل با پتاسیم یدات M ۰/۰۰۲ تیتر شد. تیتراسیون تا ظهور رنگ قهوه‌ای خاکستری ادامه داده شد و به مدت s ۱۵-۱۰ پایدار ماند. میزان ویتامین C بر حسب mg/g تفاله هویج توسط معادله (۲) محاسبه شد:

$$KIO_3mL = -0.300937 + 0.917858X \text{ mg/g} \qquad (۲)$$

X: مقدار ویتامین C بر حسب mg/g

۲-۶- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

محلول‌های استاندارد اسیدگالیک در متانول با غلظت‌های مختلف در دامنه ۰/۰۴ تا ۰/۴ mg/mL آماده شد. سپس به بالن ژوژه‌های ۵۰ میلی‌لیتری، mL ۱ محلول استاندارد اسیدگالیک، mL ۲/۵ معرف فولین سیوکالچو (برای تهیه این معرف، معرف فولین سیوکالته غلیظ با آب مقطر به نسبت ۱ به ۱۰ رقیق شد) و mL ۵ کربنات سدیم اشباع اضافه و با آب مقطر به حجم نهایی رسانده شد. محلول به مدت h ۲ در محیط تاریک نگه‌داری و جذب آن در طول موج nm ۷۶۵ خوانده شد و مقدار ترکیبات فنلی از رابطه (۳) به‌دست آمد [۸]:

جذب در ۷۶۵ نانومتر=۰/۰۰۱۱۰۲۰+ ۰/۳۷۳۵۱۰۲ (۳)

۲-۷- اندازه‌گیری فیبر

اندازه‌گیری فیبر طبق روش آزادمرد دمیرچی [۹] صورت گرفت. در این روش از محلول بافر ۲- (N-مورفولینو) اتان سولفونیک اسید و تریس (هیدروکسی متیل) آمینو متان استفاده گردید.

۲-۸- اندازه‌گیری خاکستر

خاکستر، کل مواد معدنی موجود در ماده غذایی است و با سوزاندن و حذف مواد آلی به‌دست می‌آید. مقدار خاکستر کل بر حسب درصد وزن نمونه اولیه به‌صورت معادله (۴) محاسبه شد [۹]:

$$\text{درصد خاکستر کل} = \frac{\text{وزن خاکستر}}{\text{وزن نمونه اولیه}} \times 100 \quad (۴)$$

۲-۹- اندازه‌گیری رطوبت

اندازه‌گیری رطوبت با خشک کردن در آون ساخت شرکت Memmert آلمان صورت گرفت. ابتدا به مدت ۵-۳ ساعت در آون با دمای ۱۱۰-۱۰۲ °C قرار داده شد. سپس بعد از رسیدن به دمای اتاق، نمونه‌ها وزن شده و از روی کاهش وزن، مقدار رطوبت نمونه از معادله (۵) محاسبه گردید.

$$\text{درصد رطوبت نمونه} = \frac{M_1 - M_2}{M_0} \times 100 \quad (۵)$$

M_1= وزن پلیت دارای نمونه

M_2= وزن پلیت دارای نمونه خشک شده

M_0= وزن نمونه

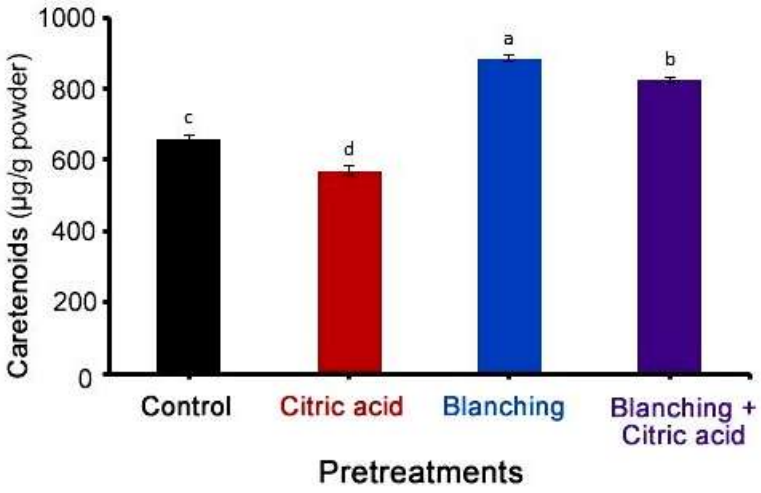
۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. از طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی (با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه و مقایسه میانگین-ها به روش دانکن) استفاده شد. برای تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. نمونه‌ها در چهار تیمار و متغیرهای استفاده از آنزیم بری و اسید سیتریک به‌صورت جدا از هم و هم به‌صورت تاثیر هر دو عامل مورد بررسی قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر پیش تیمارهای مختلف بر تغییرات کاروتنوئیدها در خشک کردن

شکل (۱) اثر تیمارهای مختلف بر مقدارکاروتنوئید پودر هویج خشک شده را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای اعمال شده اثر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر مقدار کاروتنوئید داشت. آنزیم‌بری موجب افزایش مقدار کاروتنوئید در پودر تفاله هویج نسبت به نمونه کنترل شد. در این رابطه آنزیم‌بری با آب موجب افزایش بیش‌تر کاروتنوئیدها نسبت به آنزیم‌بری با اسید سیتریک گردید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود کم‌ترین مقدار کاروتنوئید (۵۶۹ ppm) مربوط به پودر تفاله هویج تیمار شده با اسید سیتریک و بیش‌ترین مقدار کاروتنوئید (۸۸۴ ppm) مربوط به نمونه آنزیم‌بری شده با آب است. در نمونه‌ای که با آب آنزیم بری شده، مقدار کاروتنوئید بالاتری نسبت به نمونه آنزیم‌بری شده با اسید سیتریک وجود دارد. در طی آنزیم‌بری هویج آنزیم‌های تجزیه‌کننده رنگدانه هویج غیرفعال می‌شود و همین امر باعث حفظ کاروتنوئیدها نسبت به نمونه شاهد است [۱۰]. آنزیم‌بری باعث تثبیت رنگ میوه‌ها و سبزی‌ها و موجب کاهش سرعت واکنش‌های اکسیداسیون آنزیمی و قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود. همین امر به نوبه خود باعث کاهش سرعت فساد مواد غذایی می‌گردد. هم‌چنین ترکیبـــاتی نظیر کاروتنوئیدها که مـقدار آن‌ها در تفاله هویج بالا



شکل (۱) تاثیر پیش تیمارهای آنزیم بری بر مقدار کاروتنوئید پودر تفاله هویج.

(بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در بین تیمارها هستند)

Fig. 1 Effect of different pretreatments on carotenoid content of carrot discard powder.
(Error bras indicate standard deviation; different letters indicate significant differences ($p<0.05$) between treatments)

است با غیرفعال کردن آنزیم‌ها کم‌تر مستعد واکنش‌های اکسیداسیون قرار می‌گیرند.

با افزودن اسید سیتریک به تفاله هویج مقدار کاروتنوئید بعد از خشک کردن در پودر تفاله به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری که مقدار کاروتنوئید پودر شاهد ۶۶۰ ppm و تفاله تیمار شده با اسید سیتریک ۵۷۰ppm به‌دست آمد. دلیل کاهش کاروتنوئیدها در تیمارهای اسید سیتریک می‌تواند به‌دلیل افزایش زمان خشک کردن آن‌ها باشد که هرچه نمونه بیش‌تر در معرض دما قرار بگیرد، مقدار کاروتنوئید آن کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج پراکاش و همکاران [۱۱] و چانتارو و همکاران [۱۲] مطابقت دارد. در تحقیقات اخیر تفاله‌های هویج را در معرض دماهایی ۶۰، ۷۰ و ۸۰ °C قرار دادند و خشک شدن تفاله‌ها را تا رسیدن به یک رطوبت یکسان ادامه دادند. معلوم شد که مقدار کاروتنوئید تفاله هویج بعد از خشک شدن آن به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند [۱۲]. نتایج نشان داد که دمای پایین ۶۰ °C که مدت زمان خشک شدن آن بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بود کاهش بیش‌تری در مقدار کاروتنوئیدها داشت.

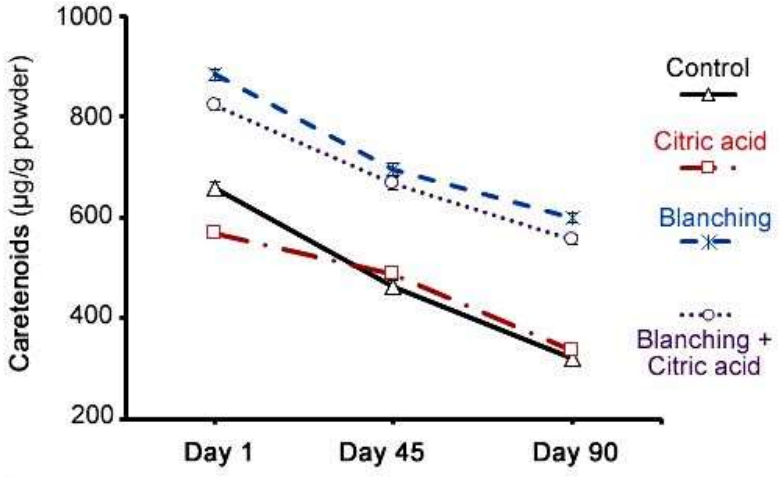
۳-۲- اثر زمان نگه‌داری و پیش تیمارهای مختلف بر تغییرات کاروتنوئیدها در خشک کردن

شکل (۲) اثر توأم زمان نگه‌داری (در دمای اتاق) و پیش تیمارهای مختلف بر تغییرات کاروتنوئیدها در پودر هویج را نشان می‌دهد. با گذشت زمان مقدار کاروتنوئیدها در همه پیش‌تیمارها به‌صورت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت. این روند کاهشی در نمونه شاهد به مقدار قابل توجهی نسبت به سایر نمونه‌ها بیش‌تر بود. این امر احتمالا به‌دلیل فعال بودن آنزیم‌های تجزیه کننده رنگدانه هویج در نمونه شاهد است که حتی با وجود مقدار رطوبت پایین موجب بروز واکنش‌های اکسیداسیون که مسئول تخریب رنگدانه‌های کاروتنوئیدی است گردیده است [۱۰]. در تیمارهای آنزیم‌بری شده به‌دلیل غیر فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده کاروتنوئیدها روند کاهش کم‌تری دیده شد.

۳-۳- اثر پیش تیمارهای مختلف خشک کردن و زمان نگه‌داری بر تغییرات ویتامین C

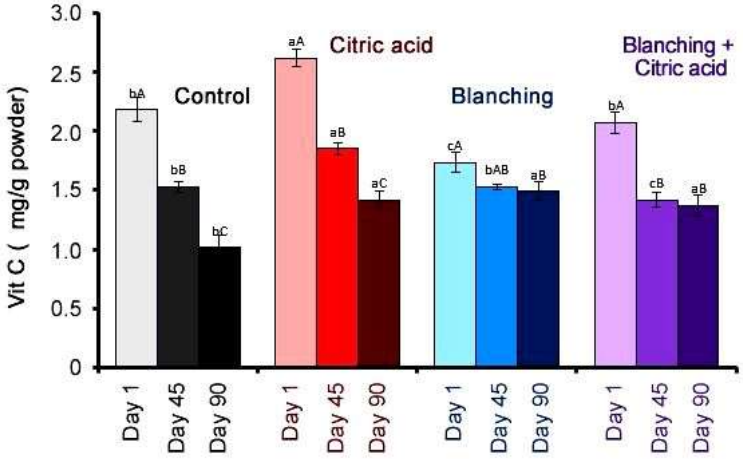
تغییرات ویتامین C با اعمال پیش تیمارهای مختلف خشک کردن و روزهای نگه‌داری در شکل (۳) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در روز اول مقدار ویتامین C در نمونه‌های پودر تفاله هویج پیش تیمار شده با اسید سیتریک نسبت به بقیه به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیش‌تر بود. با گذشت زمان ویتامین C در همه نمونه‌ها کاهش یافت، اما این کاهش در مورد نمونه‌های آنزیم‌بری شده نسبت به نمونه شاهد و اسید سیتریک کم‌تر بود.

ویتامین C از جمله ترکیبات حساس به حرارت بوده و سریع اکسیده می‌شود. با افزایش دما مقدار ویتامین C به مقدار ویتامین C از جمله ترکیبات حساس به حرارت بوده و سریع اکسیده می‌شود. با افزایش دما مقدار ویتامین C به مقدار بیش‌تری کاهش می‌یابد. هم‌چنین مدت زمان حرارت‌دهی تأثیر قابل توجهی در کاهش مقدار ویتامین C دارد، به‌طوری که مدت زمان طولانی حرارت دهی اثر تخریبی بیش‌تری نسبت به دماهای بالا



شکل (۲) اثر توأم پیش تیمارهای مختلف و زمان نگه‌داری بر مقدار کاروتنوئید پودر تفاله هویج در دمای ۲۵ °C.

Fig. 2 Combined effect of different pretreatments and storage time on carotenoid content of carrot discard powder at 25 °C.



شکل (۳) تاثیر پیش تیمارهای مختلف و زمان نگه‌داری بر مقدار ویتامین C پودر تفاله هویج (بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد، حروف لاتین کوچک و بزرگ غیرمشابه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) به ترتیب در بین تیمارها و روزهای نگه‌داری است).

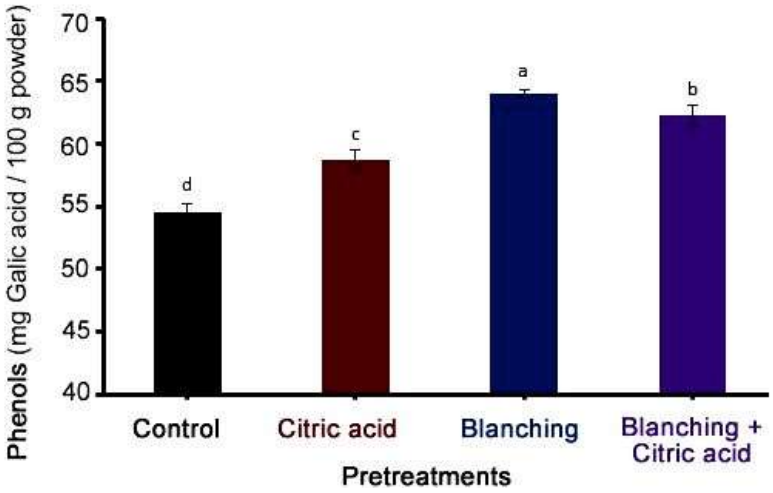
Fig. 3 Effect of different pretreatments and storage days on vit C content of carrot discard powder (error bras indicate standard deviation; different small and capital letters indicate significant differences ($p<0.05$) between treatments and storage day, respectively).

دارد. اگرچه با عمل آنزیم بری فعالیت آنزیم اسید اسکوربیک اکسیداز متوقف می‌شود و ویتامین C موجود در تفاله هویج از دسترس واکنش‌های اکسیداسیون آنزیمی خارج می‌شود ولی با این حال تاثیر حرارت در از بین بردن و اکسید شدن ویتامین C بیش‌تر است. بعد از عمل آنزیم‌بری تفاله‌های هویج در معرض دمای خشک کردن قرار می‌گیرند و این دما موجب تخریب ویتامین C می‌شود. اگر آنزیم‌های واکنش اکسیداسیون در نمونه‌ها فعال باقی بماند، در طول زمان نگه‌داری حتی با وجود مقدار کم رطوبت، تخریب ویتامین C نسبت به نمونه‌های آنزیم‌بری شده بیش‌تر بود. می‌توان گفت آنزیم‌بری اگرچه باعث کاهش ویتامین C به‌دلیل تخریب حرارتی می‌شود، ولی پایداری ویتامین باقی‌مانده در نمونه بعد از عمل خشک کردن در طی زمان نگه‌داری بیش‌تر از نمونه شاهد بود. اسیدی کردن تفاله هویج با افزودن اسید سیتریک ویتامین C را به میزان بیش‌تری نسبت به نمونه شاهد در خود حفظ کرد و این اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود. اسید سیتریک از ترکیبات شلاته کننده بوده و در جلوگیری از واکنش‌های اکسیداسیون نقش به سزایی دارد. می توان حدس زد که آنزیم‌بری تفاله هویج با اسید سیتریک (در دمای ۹۰ °C) از طرفی موجب غیر فعال شدن آنزیم اسید آسکوربیک اکسیداز شده است و از طرف دیگر موجب نگه‌داری بهتر ویتامین C در نمونه‌ها شده است.

۳-۴- اثر پیش تیمار های مختلف بر تغییرات ترکیبات فنلی در خشک کردن

شکل (۴) اثر تیمارهای مختلف بر تغییرات ترکیبات فنلی پودر هویج خشک شده را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای اعمال شده اثر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر مقدار ترکیبات فنلی پودر تفاله هویج داشت. با اعمال پیش‌تیمارهای آنزیم بری حرارتی تفاله هویج، مقدار ترکیبات فنلی کل به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) نسبت به نمونه‌های تیار نشده (نمونه کنترل) افزایش یافت.

بالا بودن مقدار ترکیبات فنلی در نمونه‌های پیش تیمار شده با حرارت احتمالا به دلیل آزاد شدن این ترکیبات از کمپلکس‌های پروتئینی و کربوهیدراتی باشد [۱۳]. آنزیم بری تفاله هویج از یک طرف باعث نرم شدن بافت تفاله و تخریب دیواره سلولی که در نتیجه آن آزاد سازی بهتر ترکیبات موثره از کمپلکس‌های پروتئینی و کربوهیدارتی می‌شود، و از طرف دیگر باعث غیر فعال شدن آنزیم‌های موجود در تفاله هویج از جمله فنلاز، پراکسیداز، اسید اسکوربیک اکسیداز می‌شود. در صورت غیر فعال شدن آنزیم فنلاز در میوه ترکیبات فنلی تجزیه نمی‌شوند و در تفاله باقی می‌مانند. طبیعتا تفاله‌هایی که عمل آنزیم بری در آن‌ها صورت گرفته است دارای ترکیبات فنلی بالاتری نسبت به نمونه شاهد هستند. با افزودن اسید سیتریک به تفاله هویج مقدار ترکیبات



شکل (۴) تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر مقدار ترکیبات فنلی پودر تفاله هویج (بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در بین تیمارها هستند)

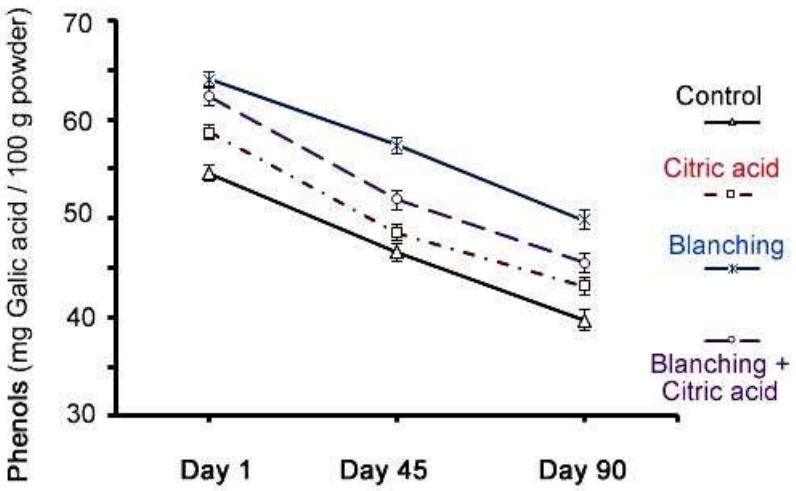
Fig. 4 Effect of different pretreatments on phenolic compounds' content of carrot discard powder (error bras indicate standard deviation; different letters indicate significant differences ($p<0.05$) between treatments)

فنلی در پودر تفاله هویج نسبت به پودر شاهد به‌صورت معنی-داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت. به‌طوری که مقدار ترکیبات فنلی پودر شاهد ۵۴/۵ میلی‌گرم در صد گرم نمونه است و تفاله تیمار شده با اسید سیتریک ۵۸/۶ mg در ۱۰۰ g نمونه است. اسید سیتریک از جمله ترکیبات شلاته کننده است که می‌تواند از واکنش‌های اکسیداسیون جلوگیری کند. ولی از طرف دیگر غوطه‌وری تفاله هویج با اسید سیتریک می‌تواند باعث خروج بیش‌تر ترکیبات فنلی نسبت به آب شود، به همین دلیل آنزیم‌بری با اسید سیتریک دارای ترکیبات فنلی پایین‌تری نسبت به آنزیم-بری بدون اسید سیتریک بود. با این وجود تفاله تیمار شده با اسید سیتریک دارای ترکیبات فنلی بالاتری نسبت به نمونه شاهد می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل اثر بیش‌تر واکنش‌های اکسیداسیون آنزیمی در نمونه شاهد باشد. اگرچه اسید سیتریک باعث خروج ترکیبات فنلی می‌شود ولی به‌دلیل مدت زمان کم تماس تفاله با اسید سیتریک از خروج بیش‌تر ترکیبات فنلی جلوگیری شده است. نشان داده شده است که با افزایش زمان خیساندن نمونه با محلول‌های اسیدی از جمله اسید سیتریک و اسید استیک میزان خروج ترکیبات فنلی بیش‌تر می‌شود. هر چه زمان تماس بیش‌تر باشد ترکیبات موجود در تفاله بیش‌تر خارج می‌شود [۱۴].

شکل (۵) تغییرات ترکیبات فنلی کل پودر تفاله هویج در طول دوره نگه‌داری در دمای ۲۵ °C را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با گذشت زمان مقدار ترکیبات فنلی به‌صورت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت. در نمونه‌های آنزیم‌بری شده روند کاهشی ترکیبات فنلی آهسته‌تر از نمونه‌های بدون اعمال آنزیم‌بری بود. مقدار ترکیبات فنلی نمونه شاهد با گذشت زمان به مقدار قابل توجهی نسبت به سایر نمونه‌ها کاهش یافت. این امر می‌تواند به‌دلیل فعال بودن آنزیم فنلاز حتی با وجود مقدار کم رطوبت در نمونه‌های پودر هویج باشد. شکستن ساختار ترکیبات فنلی و تخریب آن‌ها در طول زمان باعث کاهش ترکیبات فنولی می‌شود. هم‌چنین اکسیداسیون آنزیمی ترکیبات فنلی در حضور اکسیژن به مرور زمان باعث این کاهش می‌شود. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های چانتارو و همکاران [۷] همخوانی دارد. آن‌ها گزارش کردند که عمل آنزیم‌بری در حدی که بتوان آنزیم‌ها را غیرفعال کرد، می‌تواند باعث پایداری ترکیبات فنلی تفاله هویج شود که دلیل این امر غیرفعال شدن آنزیم تجزیه کننده ترکیبات فنلی می‌باشد. هم‌چنین اشاره کردند که اگر زمان آنزیم‌بری افزایش یابد می‌تواند این امر می‌تواند نتیجه عکس داشته باشد و این مدت زمان در معرض دما بودن موجب تخریب ترکیبات فنلی می‌شود.

۳-۵- اندازه‌گیری فیبر

تأثیر تیمارهای مختلف آنزیم‌بری بر درصد فیبر پودر تفاله هویج در شکل (۶) نشان داده شده است. اعمال حرارت و آنزیم-بری قبل از خشک کردن تفاله هویج، باعث افزایش جزئی مقدار



شکل (۵) اثر توأم پیش تیمارهای مختلف و زمان نگه‌داری بر مقدار ترکیبات فنلی پودر تفاله هویج در دمای ۲۵ °C

Fig. 5 Combined effect of different pretreatments and storage time on phenolic compounds' content of carrot discard powder at 25 °C

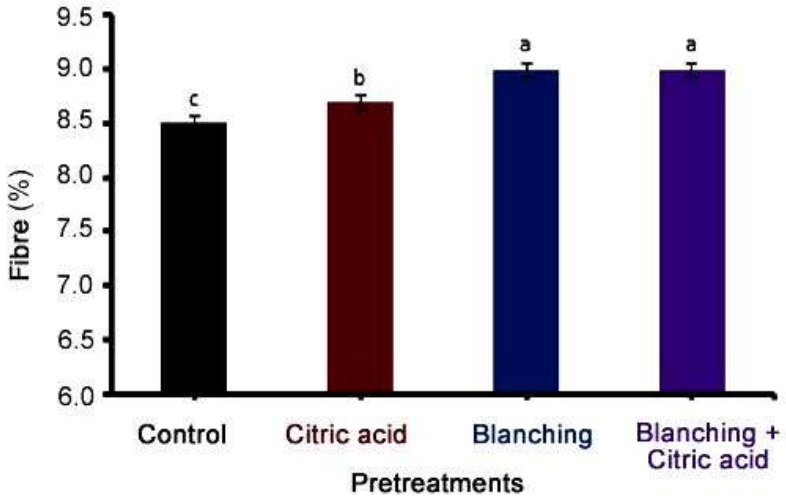
فیبر به میزان ۰/۵٪ گردید. هم‌چنین با افزودن اسید سیتریک فیبر تفاله هویج ۰/۳٪ افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار فیبر مربوط به نمونه آنزیم‌بری شده است که این مقدار نسبت به نمونه شاهد ۰/۵٪ افزایش یافته و به ۹٪ فیبر در تفاله خشک رسید. افزایش مقدار فیبر با عمل آنزیم‌بری احتمالا می‌تواند به‌دلیل از دست رفتن ترکیبات با وزن مولکولی پایین از قبیل ویتامین‌ها، قندها، املاح و مواد معدنی از سلول‌های گیاهی به درون آب آنزیم‌بری باشد و از این‌رو مقدار فیبر در تفاله بالا رود [۷].

۳-۶- اندازه‌گیری خاکستر

اثر آنزیم‌بری بر تفاله هویج اثر معنی‌داری ($p<0/05$) در مقدار خاکستر تفاله‌ها داشت (شکل ۷). با اعمال حرارت و آنزیم بری در تفاله‌ها درصد خاکستر به میزان ۰/۶٪ کاهش یافت. اسید سیتریک به تنهایی تاثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر درصد خاکستر تفاله هویج نداشت. بیش‌ترین درصد خاکستر (۷/۶٪) مربوط به نمونه شاهد و کم‌ترین درصد خاکستر (۷٪) مربوط به تیمار آنزیم‌بری بود. با عمل آنزیم‌بری و هم‌چنین غوطه‌وری در آب از مقدار خاکستر نمونه‌ها کاسته شد. خاکستر مجموعه‌ای از املاح موجود در تفاله هویج می‌باشد که حرارت دادن باعث خروج بهتر این املاح می‌شود و درصد خاکستر تفاله کاهش می‌یابد [۷]. در تفاله‌هایی که آنزیم‌بری شدند به‌دلیل حرارت دیدن تفاله‌ها و آزاد شدن ترکیبات موجود در بافت گیاهی از جمله املاح و سایر ترکیبات به درون آب آنزیم‌بری، درصد خاکستر تفاله‌ها کاهش می‌یابد. این نتایج مشابه با نتایج مربوط به اندازه‌گیری فیبر در تفاله هویج است (شکل ۶) که در آن‌جا نیز به‌دلیل پیش تیمارهای حرارتی و غوطه‌وری در آب توام با حرارت با خروج مواد محول و ترکیبات آلی از بافت سبزی به آب فیبر کل باقی‌مانده در تفاله هویج بعد از خشک کردن افزایش یافت.

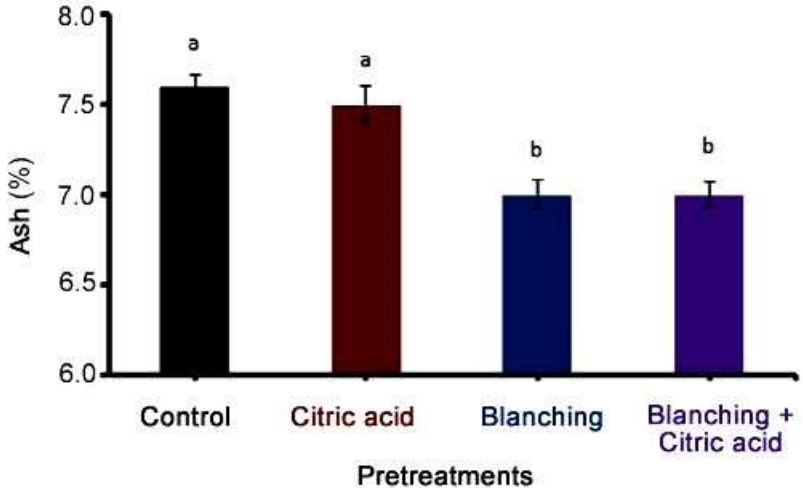
۴- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان دادند که پیش تیمار آنزیم‌بری قبل از خشک کردن موجب افزایش مقدار کاروتنوئیدها در تفاله هویج شد. در این رابطه آنزیم‌بری با آب نسبت به آنزیم‌بری با اسید سیتریک افزایش بیش‌تری نشان داد. اما افـــزودن اسید سیتریک به تفاله هویج مقدار کاروتنوئید پودر تفاله را کاهش داد. در طول دوره نگه‌داری (۹۰ روز) مقدار کاروتنوئیدها در همه پیش تیمارها به‌صورت معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت. این روند کاهشی در نمونه کنترل به مقدار قابل توجهی نسبت به سایر نمونه‌ها بیش‌تر بود. ویتامین C در نمونه‌های پودر تفاله هویج پیش تیمار شده با اسید سیتریک نسبت به بقیه به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) بیش‌تر بود. با گذشت زمان ویتامین C در همه نمونه‌ها کاهش یافت، اما این کاهش در مورد نمونه‌های آنزیم‌بری شده نسبت به نمونه شاهد و اسید سیتریک کم‌تر بود. با اعمال پیش‌تیمارهای آنزیم بری حرارتی تفاله هویج، مـــقدار ترکیبات فنلی کل به‌طور



شکل (۶) تأثیر پیش تیمارهای آنزیم بری بر مقدار فیبر پودر تفاله هویج (بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین کوچک غیرمشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در بین تیمارها هستند)

Fig. 6 Effect of different pretreatments on fibre content of carrot discard powder (error bras indicate standard deviation; different letters indicate significant differences ($p<0.05$) between treatments)



شکل (۷) تأثیر پیش تیمارهای آنزیم بری بر خاکستر پودر تفاله هویج (بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین کوچک غیرمشابه نمایانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در بین تیمارها هستند)

Fig. 7 Effect of different pretreatments on ash content of carrot discard powder (error bras indicate standard deviation; different letters indicate significant differences ($p<0.05$) between treatments)

معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت. در نمونه‌های آنزیم‌بری شده روند کاهشی ترکیبات فنلی در طی نگهداری (تا ۹۰ روز) آهسته‌تر از نمونه‌های بدون اعمال آنزیم‌بری بود. مقدار ترکیبات فنلی نمونه شاهد با گذشت زمان به مقدار قابل توجهی نسبت به سایر نمونه‌ها کاهش یافت. اعمال حرارت و آنزیم‌بری قبل از خشک کردن باعث افزایش جزئی مقدار فیبر و خاکستر در تفاله هویج گردید. در کل نتایج نشان داد که می‌توان با پیش-تیمارهای مناسب، تفاله هویج خشک شده با کیفیت بهتری تولید و در فرمولاسیون محصولات استفاده کرد.

منابع

[1] Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., Gliszczy, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *J. Food Compos Anal.*, 20, 313-322.

[2]Leeratanarak, N., Devahastin, S., Chiewchan, N. (2006). Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. *J. Food Eng.*, 77, 635-643.

[3] Mate, J.I., Quartaert, C., Meerdink, G., Riet, K.V. (1998). Effect of blanching on structural quality of dried potato slices. *J. Agr. Food Chem.*, 46, 676-681.

[4] Eslamzadeh, T., Nasernejad, B., Bonakdarpour, B., Zamani, A, Bygl, M.H., (2004). Removal of heavy metals from aqueous solution by carrot residues. *J. Sci. Tech.*, 28, 161-167.

[5] Aimaretti, N.R., Ybalo, C.V., Rojas, M.L., Plou, F.J, Yori, J.C. (2012). Production of bioethanol from carrot discards. *Bioresour Technol.*, 123, 727-732.

[6] Toğrul, H. (2005). Suitable drying model for infrared drying of carrot. *J. Food Eng.,* 77(3), 610-619.

[7] Chantaro, P., Devahastin, S, Chiewchan, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *Food Sci. Tech.*, 41, 1987- 1994.

[8] Capannesi, C. Palchetti, I. Mascini, M. Parenti, A. (2000). Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chem.*, 71, 553–562.

[9] Azadmard-Damirchi, S. (2012). Food chemistry and analysis. Amidi Pub., Tabriz

[10] Negi, P.S., Roy, S.K. (2001). The effect of blanching on quality attributes of dehydrated carrots during long-term storage. *Eur. Food Res. Tech.*, 212, 445-448.

[11] Prakash, S., Jha, S.K., Datta, N. (2004). Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. *J. Food Eng.*, 62, 305-313.

[12] Chantaro, P., Devahastin, S., Chiewchan, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *Food Sci. Tech.*, 41, 1987-1994.

[13] Doshi, P.J., Adsule, P.G. (2008). Effect of storage on physiocochemical parameters, phenolic compounds and antioxidant activity of grapes. In: *Acta Horticulturae* International Symposium on Grape Production and Processing 785, 447–452.

[۱۴] قادری قهفرخی، م.؛ صادقی ماهونک، ع.؛ اعلمی، م.؛ قربانی، م.؛ عزیزی، م .ح. (۱۳۹۰). تأثیر شرایط اسیدی، قلیایی و نمک بر میزان حذف ترکیبات فنلی از مغز میوه بلوط دو واریته ایرانی. *پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد ۷، شماره ۱، ص ۵۰-۵۹.