مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوازدهم، شماره 3، پاییز 1396، صفحات 54-47

بررسی اثر دو روش حرارتی تغلیظ، تبخیر کننده چرخشی و مایکروویو بر میزان ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و رنگ کنسانتره آب گریپ فروت

سونا رسولیان شبستری[1]، مهرناز امینی فر[2]، لادن رشیدی[3]

1- کارشناسی ارشد میکروبیولوژی علوم و صنایع غذایی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه آزاد واحد علوم دارویی، تهران، ایران

2- نویسنده مسئول: استادیار گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران aminifar.m@standard.ac.ir

3- استادیار گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

تاریخ دریافت: 95/5/11 تاریخ پذیرش: 95/9/5

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به خصوصیات منحصر به فرد انرژی مایکروویو که می‌تواند به عنوان یک روش حرارتی مناسب مورد استفاده قرار گیرد، از این رو می‌توان با بررسی میزان تفاوت احتمالی و یا معنی‌دار بودن تفاوت ایجاد شده در ویژگی‌های کیفی کنسانتره تولید شده توسط انرژی مایکروویو نسبت به سایر روش‌های تبخیر، روشی مناسب در راستای تولید مواد غذایی عملگرا برای اهداف و اشخاص خاص و استخراج ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدان‌ها برای کاربردهای خاص پیشنهاد داد که هدف اصلی این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق آب گریپ فروت توسط دو روش حرارتی، تبخیر کننده چرخشی و مایکروویو در فشارهای 7، 36 و 100 کیلو پاسکال تا بریکس 42° تغلیظ شد. ترکیبات فنلی کل با روش رنگ سنجی فولین سیکالتو، فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش DPPH و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) توسط شاخص‌های رنگ به دست آمده از روش هانتر لب مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: این تحقیق نشان می‌دهد که تفاوت ایجاد شده توسط مایکروویو در میزان محتوای ترکیبات فنلی کل، محتوای فلاونوئید کل، قدرت آنتی‌اکسیدانی و رنگ کنسانتره نسبت به روش تبخیرکننده چرخشی، در سطح اطمینان 5% (α= 0/05)، معنی‌دار می‌باشد.

نتیجه‌گیری: مایکروویو می‌تواند به عنوان روشی مناسب به منظور تولید غذاهای عملگرا و استخراج فیتوکمیکال‌ها به کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: تبخیرکننده چرخشی، ترکیبات فنلی کل، شاخص قهوه‌ای شدن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مایکروویو

• مقدمه

طی سال‌های گذشته تقاضا برای استفاده از مواد غذایی با منشاء گیاهی رشد چشمگیری داشته است (1). میوه‌های خانواده مرکبات علاوه بر ویتامین ث، غنی از ترکیبات فنلی بوده که به علت دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و به دام انداختن رادیکال‌های آزاد برای سلامت انسان بسیار مفید شناخته شده‌اند (2). در این میان گریپ فروت منبع خوبی از ترکیبات مغذی و فیتوشیمیاها (*Phytochemicals*) است. فیتوکمیکال‌های موجود در گریپ فروت دارای خواص درمانی فراوانی بوده و همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها باعث مقابله با عوامل سرطان زا می‌شود (3).

صنعت تولید آبمیوه از جمله صنایعی است که سهم مهمی در بازار صنایع غذایی داشته و برای حصول به رقابت مؤثر باید بتوان آن را با بالاترین کیفیت ارائه نمود. این کیفیت باید با استمرار ارائه محصول در بازار توأم باشد. یکی از روش‌های مناسب برای امکان ارائه مستمر این محصول، تولید آبمیوه کنسانتره است. با توجه به صرفه اقتصادی روش تبخیر در فرآیند تولید کنسانتره، به علت استفاده از حرارت‌های بالا واکنش‌های نامطلوب متعددی طی فرآیند حرارتی صورت می‌گیرد که منجر به تخریب مواد مغذی و فیتوشیمیایی‌های آن می‌شود (4).

مایکروویو یک روش حرارتی به شمار می‌آید که با قابلیت حرارت دهی منحصر به فردش، کاربردهای فراوانی مانند غیرفعال نمودن آنزیم‌ها، خشک کردن، پاستوریزسیون و استریلیزاسیون در صنایع غذایی دارد. همچنین کاربردهای توسعه یافته‌ترآن عبارتند از: پاستوریزه کردن نان، خشک کردن نهایی ماکارونی، پیازها، بیسکویت‌ها، خشک کردن

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

انجمادی و خشک کردن در خلاء کنسانتره آبمیوها (5). انرژی مایکروویو به علت نرخ حرارت دهی بالا، کاهش زمان فرایند، ایجاد حرارت یکنواخت، ایمنی و آسان بودن استفاده از آن و هزینه نگهداری پایین مورد استقبال فراوانی واقع شده است (6). همچنین عمق نفوذ بالای مایکروویو سبب ایجاد حرارت حجمی شده که باعث افزایش نرخ حرارت و کاهش زمان فرایند می‌شود. علاوه بر این به کارگیری حرارت مایکروویو نسبت به روش حرارت دهی معمولی می‌تواند در حفظ و کاهش اتلاف عطر و طعم و کیفیت تغذیه‌ایی مواد غذایی موثر واقع شود (7). به تازگی از انرژی مایکروویو به عنوان یک کمک فرایند در استخراج MAE (Microwave-Assisted Extraction) ترکیبات آلی از خاک، رسوبات، دانه‌ها و ماتریکس میوه‌ها نیز استفاده می‌شود (8).

لذا این تحقیق با هدف بررسی میزان احتمالی اختلاف موجود و معنی‌دار بودن این اختلاف در میزان حفظ ترکیبات فنلی کل، فلاونوئیدهای کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و رنگ کنسانتره آب گریپ فروت فرایند شده با دو روش حرارتی تغلیظ، مایکروویو و تبخیرکننده چرخشی انجام شد.

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه: گریپ فروت نوع رابی رد (Ruby Red) از میدان تره بار مرکزی تهران در سه نوبت به فواصل دو هفته خریداری شد و به منظور حذف آلودگی‌های سطحی، عمل شستشو انجام پذیرفت. سپس آب گریپ فروت توسط آبمیوه‌گیری دستی استخراج و به منظور ته نشین شدن مواد معلق یک شبانه روز در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از جداسازی مواد با صافی پارچه ایی، تا زمان تغلیظ، در منفی 25 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

تغلیظ نمونه به روش حرارتی مایکروویو: آون مایکروویو (ساخت ایران، شرکت بوتان، مدلMR-1) با حداکثر توان 900 وات که به عنوان تبخیر کننده طراحی شده و متصل به پمپ خلأ (ساخت کره جنوبی، شرکت Jeioteck) و کنترل کننده فشار (ساخت آلمان، شرکت Vacuubrand) بوده و دارای ارلن خلأ (ساخت آلمان، شرکت Isolab) به ظرفیت 1000 میلی‌لیتر می‌باشد، مورد استفاده قرار گرفت. در هر نوبت بالن مخصوص تبخیر (محفظه هرمس) با 600 میلی لیتر آبمیوه پر شد و در توان 300 وات در سه فشار 100، 36 و 7 کیلو پاسکال تا حصول بریکس 42° تغلیظ آب گریپ فروت صورت گرفت.

تغلیظ نمومه به روش حرارت دهی معمولی: برای این منظور از تبخیر کننده چرخشی (ساخت آلمان، شرکت IKA) استفاده گردید. از روغن سویا به عنوان محیط انتقال حرارت به منظور دستیابی به دمای جوش 120 درجه سانتی‌گراد برای تبخیر در فشار 100 کیلو پاسکال و فشارهای 36 و 7 کیلوپاسکال از آب استفاده شد. بالن مخصوص تبخیر توسط 600 میلی‌لیتر آبمیوه پر شد و در سه فشار 100، 36 و 7 کیلو پاسکال تا حصول بریکس 42° تغلیظ صورت گرفت.

اندازه‌گیری شاخص قهوه‌ای شدن: شاخص قهوه‌ای شدن طبق روش ارائه شده توسط عسکری و همکاران (2008) به صورت زیر مورد ارزیابی قرار گرفت (9). شاخص قهوه‌ای شدن یکی از شاخص‌های مورد اندازه گیری پارامترهای رنگ است که میزان تغییر رنگ محصول به سمت رنگ قهوه‌ای را نشان می‌دهد و از طریق معادله زیر توسط پارامترهای رنگ به دست آماده توسط روش هانتر لب محاسبه شد.

$$BI = \frac{(100-(x-0.31))}{0.71}$$

که در آن x برابر است با :

$$x = \frac{a+1.75L}{5.645L+a-3.012b}$$

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل: ترکیبات فنلی کل توسط روش رنگ‌سنجی با استفاده از معرف فولین سیکالتو طبق روش ارائه شده توسط فضائلی و همکاران (2013) مورد ارزیابی قرار گرفت و مقدار ترکیبات فنلی کل موجود در هر نمونه بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در 100 میلی لیتر نمونه گزارش شد(10).

اندازه گیری فلاونوئید کل: فلاونوئید کل توسط روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید طبق روش ارائه شده توسط آدیل و همکاران مورد ارزیابی قرار گرفت و مقدار فلاونوئید کل برحسب میلی‌گرم کاتچین در 100 میلی لیتر نمونه گزارش شد (11).

اندازه گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طبق روش ارائه شده توسط یوسفی و همکاران (2011) به روش DPPH بر اساس درصد باقیمانده رادیکال آزاد 2و2-دی فنیل-1-پیکریل هیدرازیل مورد ارزیابی قرار گرفت (12).

X100 (جذب نمونه کنترل– جذب نمونه/جذب کنترل)=درصد مهار رادیکال آزاد

تجزیه و تحلیل آماری: در این پژوهش، داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس (تیمارها در نه تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی) تجزیه و تحلیل شدند. همچنین، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ایی دانکن در سطح اطمینان 5% (α= 0/05) صورت گرفت. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 21 انجام شد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

• یافته‌ها

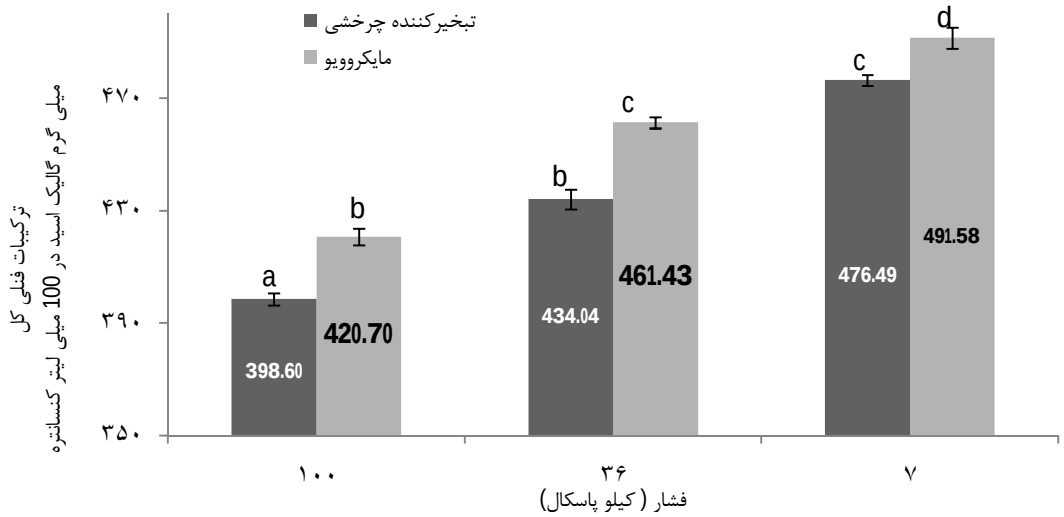
تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن طی فرآیند حرارتی: نتایج به دست آمده در خصوص تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن طی فرآیند حرارتی در جدول (1) قابل مشاهده می‌باشد. طبق نتایج حاصله اندیس قهوه‌ای شدن نمونه‌ها با به کارگیری مایکروویو در فشارهای 100، 36 و 7 کیلو پاسکال نسبت به روش حرارت دهی معمولی به ترتیب، 29، 44/47 و 8/58 درصد کاهش یافته است و این کاهش در سطح اطمینان 5% (α= 0/05) کاملاً معنی‌داری می‌باشد. لذا همان طور که مشهود است استفاده از مایکروویو در نمونه‌ها به طور چشمگیری باعث کاهش پیدایش رنگدانه‌های قهوه‌ای شده است و کمترین تفاوت مربوط به فشار 7 کیلو پاسکال می‌باشد.

تغییرات ترکیبات فنلی کل طی فرآیند حرارتی: نتایج به دست آمده درخصوص تغییرات ترکیبات فنلی کل طی فرآیند حرارتی در شکل 1 قابل مشاهده می‌باشد. طبق نتایج به دست آمده به کار گیری مایکروویو در فشارهای 100، 36 و 7 کیلو پاسکال نسبت به روش حرارت دهی معمولی به ترتیب باعث افزایش 5/54، 6/31 و 3/16 درصدی ترکیبات فنلی شده است و این تفاوت در حفظ ترکیبات فنلی کل در سطح اطمینان 5% (α= 0/05) کاملاً معنی‌داری می‌باشد. همچنین استفاده از فشارهای پایین‌تر نیز اتلاف ترکیبات فنلی کل را به طور معنی‌داری (p<0/05) کاهش داده است. بدین ترتیب بیشترین اثر حفاظت کنندگی بر ترکیبات فنلی کل مربوط به روش مایکروویو در فشار 7 کیلو پاسکال و کمترین آن مربوط به حرارت دهی معمولی توسط تبخیرکننده چرخشی در فشار 100 کیلو پاسکال می‌باشد.

جدول 1. تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن طی فرآیند حرارتی

روش حرارتی	فشار (kPa)	b	a	L	اندیس قهوه‌ای شدن
تبخیرکننده چرخشی	100	7/15±/057[a]	4/97±0/011[e]	25/77±0/031	100/76±0/11[f]
	36	9/53±0/1154[b]	3/74±0/075[b]	27/48±0/036[b]	80/33±0/07[b]
	7	12/1±0/0367[d]	2/1±0/008[a]	28/93±0/093[c]	45/29±0/057[c]
مایکروویو	100	11/74±0/012[c]	3/49±0/578[f]	27/16±0/366[b]	71/76±0/065[d]
	36	14/41±0/005[e]	2/51±0/86[d]	29/48±0/021[c]	44/6±0/461[b]
	7	15/69±0/439[f]	2/06±0/017[c]	31/25±0/037[d]	41/4±0/034[a]

*حروف یکسان مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند ((α= 0/05)).



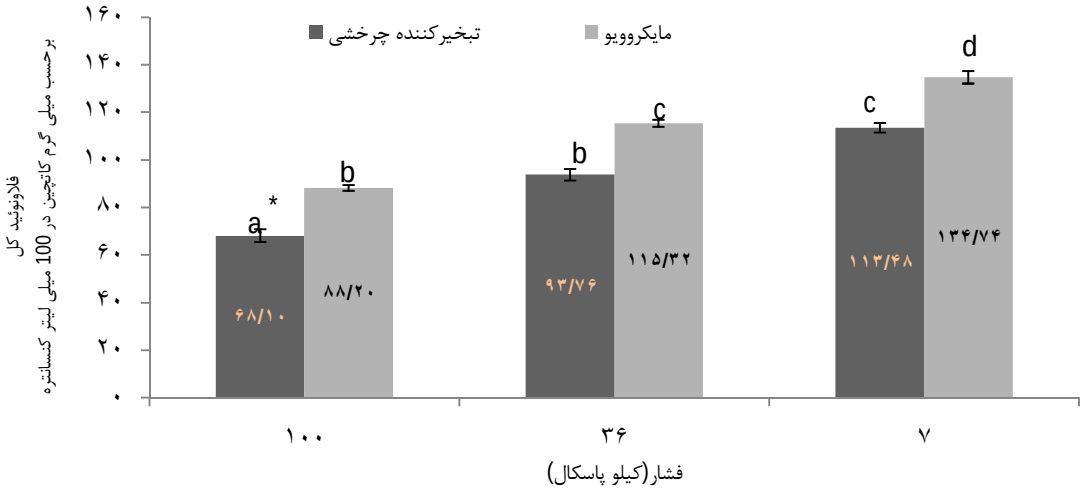
شکل 1. بررسی تغییرات ترکیبات فنلی کل طی فرآیند حرارتی

*ستون‌های دارای حروف یکسان مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار است ((α= 0/05)).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

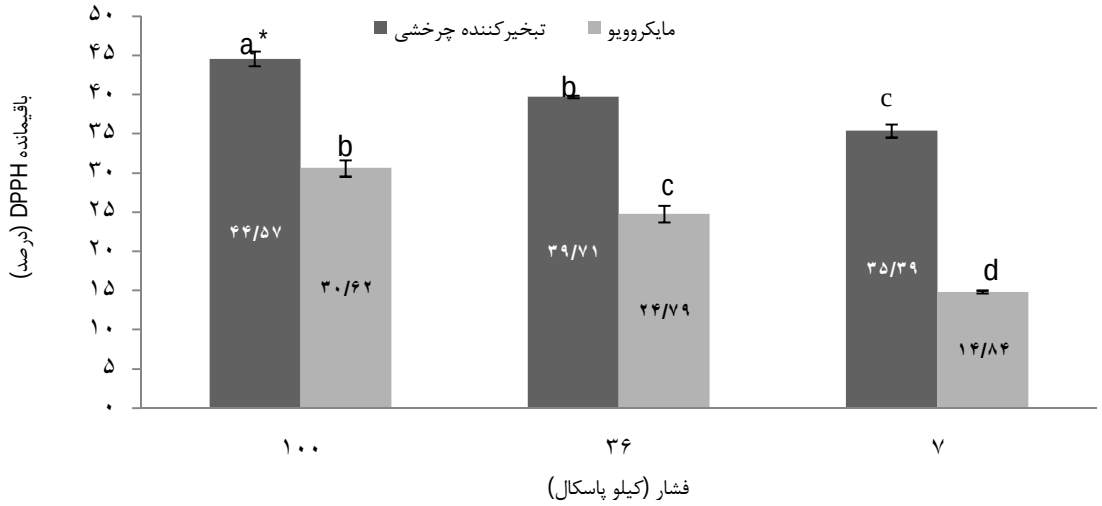
تغییرات فنلاونوئید کل طی فرآیند حرارتی: نتایج به دست آمده درخصوص تغییرات فنلاونوئیدهای کل طی فرآیند حرارتی در شکل 2 قابل مشاهده می‌باشد به کارگیری مایکروویو در فشارهای 100، 36 و 7 کیلو پاسکال نسبت به روش حرارت دهی معمولی به ترتیب باعث افزایش 29/51، 23 و 18/73 درصدی فلاونوئیدهای کل شده است و این تفاوت در حفظ ترکیبات فنلی کل در سطح اطمینان 5% (α= 0/05) کاملاً معنی‌داری می‌باشد. بیشترین و کمترین تفاوت در حفظ ترکیبات فلاونوئیدی کل به ترتیب مربوط به فشارهای عملیاتی 100 و 7 کیلو پاسکال می‌باشد. همان طور که مشهود هست استفاده از فشارهای عملیاتی پایین با وجود اینکه باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان 5% (α= 0/05) شده است نسبت به فشار عملیاتی 100 کیلو پاسکال تغییر کمتری ایجاد نموده است.

تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی فرایند حرارتی: نتایج به دست آمده در خصوص بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی فرآیند حرارتی بر اساس درصد DPPH باقیمانده در شکل 3 مشخص شده است. طبق نتایج به دست آمده بکارگیری مایکروویو نسبت به روش حرارت دهی معمولی توسط تبخیرکننده چرخان در فشارهای 100، 36 و 7 کیلو پاسکال به ترتیب باعث کاهش 31/3، 37/57 و 58/07 درصدی رایکال‌های آزاد شده است. تفاوت ایجاد شده در مقدار رادیکال‌های آزاد باقیمانده در نمونه‌های فرایند شده توسط مایکروویو در سطح اطمینان 5% (α= 0/05) کاملاً معنی‌دار و چشمگیر است. همان طور که قابل ملاحظه می‌باشد بیشترین و کمترین کاهش در مقدار رادیکال‌های آزاد باقیمانده به ترتیب مربوط به فشارهای عملیاتی 7 و 100 کیلو پاسکال می‌باشد.



شکل 2. بررسی تغییرات محتوای فلاونوئید کل طی تغییرات حرارتی

*ستون‌های دارای حروف یکسان مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار است ((α= 0/05)).



شکل 3. بررسی تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی فرآیند حرارتی

* ستون‌های دارای حروف یکسان مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار است ((α= 0/05)).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

• بحث

بررسی اثر فرایند حرارتی بر تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن: در پی تغییرات پارامترهای رنگ، اندیس قهوه‌ای شدن نیز در طول فرایند تغلیظ با افزایش دما به دلیل بروز واکنش‌هایی نظیر میلارد و یا کاراملیزاسیون که با کاهش رطوبت و افزایش دما همراه است، افزایش می‌یابد(13). با توجه به اینکه L شاخص روشنایی- تاریکی نمونه است، این کاهش در مقدار L بیانگر تیره تر شدن رنگ نمونه‌ها در طول مرحله تغلیظ بوده است. کاهش شاخص(L) به میزان زیادی در ارتباط با افزایش قهوه ای شدن و تخریب ساختار رنگدانه‌های مواد غذایی است (14). کاهش شاخص روشنایی و شاخص رنگ زرد (b) و همچنین افزایش شاخص رنگ قرمز (a) در طول فرآیند حرارتی می تواند به علت محو شدن رنگ زرد مایل به قهوه‌ای در حین عملیات حرارتی باشد که رنگدانه‌های ناپایدار آب میوه را تحت تاثیر قرار می دهد یا آن که ممکن است به علت پلیمریزه شدن رنگدانه‌ها و ترکیبات فنلی دیگر باشد (15). در پژوهش صورت گرفته توسط طهماسبی پور و همکاران (2014) بیان شده است که میزان قرمزی محصولات کشاورزی خشک شده با جریان هوا بیش تر از جریان هوا به همراه مایکروویو است و میزان ΔE نمونه‌ها نیز در حالت به کارگیری مایکروویو کاهش می‌یابد (16).

از سوی دیگر، بسیاری از واکنش هایی که هنگام فرآیند حرارتی در مواد غذایی اتفاق می‌افتد، می‌تواند بر روی رنگ آن‌ها مؤثر باشد. رایج ترین این واکنش ها، از بین رفتن رنگدانه‌های موجود در میوه‌ها به ویژه کاروتنوئیدها و کلروفیل ها، واکنش قهوه‌ایی شدن غیر آنزیمی میلارد و اکسیداسیون اسید آسکوربیک است. سایر پارامترهایی که بر روی رنگ محصول مؤثرند شامل اسیدیته، دما، زمان فرایند حرارتی و pH می‌باشند (17).

نتایج به دست آمده از پژوهش عسکری و همکاران (2008) نیز نشان داد که پارامترهای رنگی می‌توانند تحت تأثیر روش خشک شدن قرار گیرند. هوای داغ به دلیل زمان طولانی فرآیند، بیش ترین افت رنگی را در محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند. در حالی که، کاربرد هم زمان مایکروویو و هوای داغ، به دلیل کاهش زمان خشک شدن، می‌تواند تغییرات رنگی را تقلیل دهد (9).

در مقایسه پارامترهای مختلف رنگ مشخص شد که میزان افت کیفیت با به کارگیری مایکروویو نسبت به روش حرارت دهی معمولی توسط تبخیرکننده چرخان کمتر بوده است. که می تواند در نتیجه غیر فعال شدن آنزیم‌های اکسید کننده طبیعی مؤثر بر تغییر رنگ، به علت دمای بالا و زمان کوتاه فرآیند اعمال شده باشد (18).

در این زمینه فضائلی و همکاران (2013) در مطالعه خود روی اثرات روش‌های حرارتی مختلف و شرایط آن بر سرعت تبخیر و خواص کیفی کنسانتره آب شاتوت، یوسفی و همکاران (2011) در مقایسه روش حرارت دهی معمولی و حرارت مایکروویو در فشارهای متفاوت بر سرعت تبخیر و خواص کیفی کنسانتره آب انار و آشوش و همکارش (2011) در مطالعه خود تحت عنوان تأثیر روش‌های حرارات دهی مختلف بر خصوصیات کیفی آب انار به نتایج مشابهی دست یافته‌اند (13، 12، 10).

بررسی اثر فرایند حرارتی بر تغییرات ترکیبات فنلی کل: نتایج به دست آمده نشان دهنده این است که ترکیبات فنلی در برابر تخریب حرارتی بسیار حساس بوده و میزان اتلاف آن‌ها در طی فرآیند حرارتی بسیار زیاد می‌باشد. همچنین ترکیبات فنلی می‌توانند در طول فرآیند حرارتی تحت واکنش‌های مختلفی مانند هیدورکسیلاسیون، متیلاسیون، ایزوپرنیلاسیون و ایمریلاسیون و یا گلیکوزیلاسیون قرار گیرند. نشان داده شده است که بعد از اعمال فرایند حرارتی به دلیل شکسته شدن پیوندهای استری و گلیکوزیدی و سایر پیوندهای موجود در ساختار اسیدهای فنلی، توزیع اسیدهای فنلی دستخوش تغییر می‌شود. بطور خلاصه فراکسیون‌های آزاد افزایش یافته و فراکسیون‌های استری، گلیکوزیدی و فراکسیون‌هایی که دارای پیوند استری می‌باشند کاهش می‌یابند و علاوه بر این تغییر ساختار اسیدهای فنلی، مقدار آنها نیز کاهش می‌یابد (19). تسریع زمان فرآیند و ایجاد حرارت کمتر توسط مایکروویو باعث حفظ بیشتر ترکیبات فنلی نسبت به روش حرارت دهی معمولی توسط تبخیر کننده چرخشی می‌شود (20). همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که طبق نمودار فشار-دما، اعمال فشارهای عملیاتی پایین تر باعث ایجاد حرارت کمتر وکاهش زمان فرآیند می‌شود که این مشخصه در حفظ ترکیبات حساس به حرارت مانند ترکیبات فنلی مؤثر می‌باشد. در فشارهای عملیاتی بالاتر تفاوت استفاده از مایکروویو در حفظ ترکیبات فنلی کل نسبت به فشارهای پایین بیشتر می‌باشد. در تحقیقی که توسط Khuwijitjaru و همکاران (2014) روی تخریب حرارتی 10 ترکیب فنلی که شامل 9 فنلی اسید (کافئیک، فلورژنیک، پی-کوماریک، گالیک، جنیتیسیک، پی-هیدروکسی بنزوئیک، پروتوکاتچیک، سینرژیک و وانیلیک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

اسید) و یک فلاونول (کاتچین) در محیط آبی در دمای 100-250 درجه سانتی‌گراد به مدت 30-120 دقیقه صورت گرفت، نشان داده شد که فرآیند تخریب حرارتی از مدل کینتیک درجه اول پیروی کرده و تمام ترکیبات فنلی در دمای 250 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه کاملاً از بین رفته و مقاوم‌ترین فولیک اسید در این دما و زمان فرآیند کافئیک اسید گزارش شد (21).

بررسی اثر فرایند حرارتی بر تغییرات فنلاونوئید کل: تجزیه حرارتی فلاونوئیدها بستگی به تعداد استخلاف‌های موجود در مولکول فلاونوئید دارد. هر چه تعداد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار فلاونوئیدها افزایش یابد میزان تجزیه حرارتی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد و در عوض وجود قندها و گروه‌های متوکسیل در ساختار آن‌ها اثر حفاظتی در برابر تجزیه حرارتی فلاونوئیدها خواهند داشت. بی ثبات ترین ترکیب فلاونوئیدی نسبت به تجریه حرارتی میریستین گزارش شده است (22). در مطالعه‌ای که توسط بیئساگا (2011) برای تعیین ثبات فلاونوئیدها تحت چهار نوع روش استخراج با حلال (گرمایش رفلاکس، فراصوت، خیساندن و مایکروویو) از نمونه ذرت صورت گرفت. 11 فلاونوئیدها متعلق به گروه‌های مختلف: فلاونول (*Kaempferol*، *Myricetin*، *Rhamnetin*، کوئرستین و روتین)، فلاوانون‌ها (*Naringenin*، *Naringin* و هسپریدین، فلاون‌ها (*Apigenin* و *Luteolin*)، ایزوفلاون‌ها (*Genistein*) مورد مطالعه قرار گرفتند. نشان داده شد که تخریب حرارتی فلاونوئیدها به روش استخراج و ساختار شیمیایی آن‌ها بستگی دارد. روش استخراج رفلاکس گرم در عرض 30 دقیقه در حمام آب و استخراج به کمک مایکروویو در توان160 وات در طول 1 دقیقه کمترین تخریب را بر روی فلاونوئیدها داشت (22). در تحقیق صورت گرفته در مورد تیمار حرارتی آب گریپ فروت توسط مایکروویو و روش حرارت دهی معمولی توسط Igual و همکاران (2011) نشان داده شد که به کارگیری مایکروویو باعث حفظ بیشتر فلاونوئیدهای موجود در آب گریپ فروت شده است. علاوه بر این به کارگیری مایکروویو در پاستوریزاسیون محصول باعث حفظ بهتر ترکیبات زیست فعال محصول بعد از مدت زمان نگهداری مشخصی (2 تا 3 ماه) شده است (23). همچنین اعمال فشارهای عملیاتی پایین تر به علت کاهش دما و مدت زمان فرایند حرارتی بر اساس نمودار دما-فشار باعث حفظ بیشتر ترکیبات فیتوشیمیایی از جمله فنلاونوئیدها می‌شود. همان طور که این تحقیق نشان می‌دهد به کارگیری مایکروویو نیز به علت کاهش دما و زمان فرایند در حفظ بیشتر این ترکیبات موثر واقع شده است. نتایج مشابهی نیز توسط اکیجی (2014) در مورد استفاده از حرات معمولی، خلأ و مایکروویو در مورد تغلیظ آب زغال اخته موید نتایج حاصله از این تحقیق می‌باشد (24).

بررسی اثر فرایند حرارتی بر تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی: ترکیبات فنلی و سایر فیتوکمیکال‌ها با خاصیت آنتی‌اکسیدانی موجود در میوه‌ها وسبزیجات جز ترکیبات زیست فعالی هستند که قادر به خنثی‌سازی رادیکال‌ها آزاد بوده و نقش بسیار مهمی در جلوگیری از بیماری‌های خاصی ایفا می‌کنند (24).

تخریب حرارتی ویژگی‌های کیفی آبمیوه درطی فرآیند حرارتی به طور مستقیم در ارتباط با دما و زمان فرآیند می‌باشد. با تخریب و کاهش ترکیبات فنلی کل و سایر ترکیبات فیتوشیمیایی فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش می‌یابد (25). استفاده از فشارهای عملیاتی بالاتر منجر به تخریب ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب گریپ فروت در هر دو روش حرارتی (تبخیر کننده چرخشی و مایکروویو) می‌شود. در بررسی اثر روش حرارت در تخریب فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد که تسریع زمان فرایند و ایجاد حرارت کمتر توسط مایکروویو باعث حفظ بهتر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کنسانتره آب گریپ فروت می‌شود. نتایج به دست آمده توسط سایر محققین از جمله فضائلی و همکاران (2013) در مورد کنسانتره آب انار، Ashoush و همکاران (2011) در مورد کنسانتره آب انار، حجت پناه و همکاران (2011) در مورد کنسانتره آب شاتوت، Ekici (2014) در مورد شربت زغال اخته نتایج حاصله از این آزمایش را زمینه حفظ بیشتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نیز تأیید می‌کند (24، 20، 13، 10).

نتیجه گیری: نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که محتوای ترکیبات فنولی کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی با بکارگیری حرارت مایکروویو و اعمال فشارهای پایین عملیاتی نسبت به روش حرارتی تبخیرکننده چرخشی افزایش چشمگیری داشته و همچنین شاخص های رنگ (L) و (b) در طول زمان فرایند کاهش و شاخص (a) افزایش یافته است. از اینرو می توان استفاده از روش حرارتی مایکروویو و فشار عملیاتی پایین را به عنوان روشی موثر در حفظ ترکیبات فیتوکمیکال و ویژگی‌های رنگی محصول موثر دانست.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

References

1. Nasiri M, Farahnaki A, Niakosari M, Majzoobi M, Meshbahi GH. Iranian J Food Res 2014; 24(2): 155-166 [in Persian].
2. Kelebek H. Sugar, organic acids, phenolic compositions and antioxidant activity of Grapefruit (Citrus paradise) cultivars grown in Turkey. J Crops and Products 2010; 32: 269-274.
3. Gattuso G, Barreca D, Garguilli C, Leuzzi U, Coristi C. Flavonoid composition of citrus juice. J Molecules 2007; 12: 1641–1673.
4. Semnani Rahbar M, Kaghazchi T. The use of falling-climbing film evaporator for concentration of indigenous orange juice. Iranian J Food Sci Tech 2009; 6(21): 83-92 [in Persian].
5. Fahim-danesh M. The effect of microwave on physicochemical properties of vegetable oils. Iranian J Innovation in Food Sci & Tech 2011; 3(2): 35-43[in Persian].
6. Hoogenboom R., Wilms TFA, Erdmenger T, Schubert U S. Microwave-Assisted Chemistry: a Closer Look at Heating Efficiency. Aust. J Chem 2009; 62: 236-243.
7. Witkiewicz K, Nastaj JF. Simulation Strategies in Mathematical Modeling of Microwave Heating in Freeze-Drying Process. J Drying Tech 2010; 28: 1001-1012.
8. Garcia-salas P, Morales-soto A, Segura-carretero, A, Fernandez-Gutierrez A. Phenolic compound extraction system for fruit and vegetable samples. J Molecules 2010; 15: 8813-8826.
9. Askari GR, Emam-Djomeh Z, Mousavi SM. An investigation of the effects of drying methods and conditions on drying characteristics and quality attributes of agricultural products during hot air and hot air/microwave-assisted dehydration. J Drying Tech 2008; 27: 831-841.
10. Fazaeli M, Yousefi SH, Emam-Djomeh Z. Investigation on the effects of microwave and conventional heating methods on the phytochemicals of pomegranate (Punica granatum L.) and black mulberry juices. J Food Res 2013; 50: 568-573.
11. Adil RM, Zeng X, Han Z, Sun D. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. J Food Chem 2013; 141: 3201- 3206.
12. Yousefi S, Emam-Djomeh Z, Mousavi SMA, Askari GR. Comparing the Effects of Microwave and Conventional Heating Methods on the Evaporation Rate and Quality Attributes of Pomegranate (Punica granatum L.) Juice Concentrate. J Food Bioprocess Tech. 2011; 5(4): 1328-1339.
13. Ashoush I, Gadallah MGE. Effects of Different Heating Methods on the Quality Characteristics of Pomegranate Juice Concentrates. Egyptian J food Sci 2011; 40: 1-14.
14. Rhim JW, Nunes RV, Jones VA, Swartzel KR. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. J Food Sci. 1989; 54: 776–777.
15. Garcia-Viguera C, Zafrilla P, Romero F, Abellan P, Artes F, Tomas- Barberan FA. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. J Food Sci. 1999; 64: 243–247.
16. Tahmasebipour M, Dehghannia J, Seyyedloo S, Ghanbarzadeh B. Iranian J JIFT 2014; 1(4): 61-69 [in Persian].
17. Maskan M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. J food Engi 2001; 84(2): 169-175.
18. Maskan M. Production of pomegranate (Punica granatum L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. J Food Eng 2006; 72: 218-224.
19. Guihua X, Xingqian Y, Jianchu C, Donghong L. Effect of heating treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of critus peel extract. J Agric food Chem 2007; 55: 330-335.
20. Hojjatpanah G, Fazaeli M, Emam-Djomeh Z. Effects of heating method and conditions on the quality attributes of black mulberry (Morus nigra) juice concentrate. J Food Sci & Tech 2011; 46: 956-962.
21. Khuwijitjaru P, Plernjit J, Suaylam, B,Samuhaseneetoo S, Pongsawatmanit R, Adachi S. Degradation kinetics of some phenolic compounds in subcritical water and radical scavenging activity of their degradation products. Canadian J Chem Eng 2014; 92 (5): 810-815.
22. Biesaga M. Influence of extraction methods on stability of flavonoids. J Chromatography A 2011; 1218(18): 2505-2512.
23. Igual M, Garcia- Martinez E, Camacho M, Martinez-Navarrete N. Chang in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. J Innovative Food Sci & Emerging Tech 2011; 12: 153-162.
24. Ekici L. Effects of concentration methods on bioactivity and color properties of poppy (Papaver rhoeas L.) sorbet, a traditional Turkish beverage. J Food Sci & Tech 2014; 56: 40-48.
25. Savatovic S, Tepic A, Sumic Z, Nikolic M. Antioxidant activity of polyphenol-enriched apple juice. J APTEFF 2009; 40: 95–102.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]

Investigating the Effect of Two Different Thermal Methods of Rotary Evaporation and Microwave on the Phenolic Content, Antioxidant Activity and Color of Grapefruit Juice Concentrate

*Rasoulian Shabestari S[1], Aminifar M[*2], Rashidi L[3]*

1- *Graduated MSc Student, Dept. of Advanced and Technology, pharmaceutical Science Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

2- **Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran, E-mail: aminifar.m@standard.ac.ir*

3- *Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran*

Received 1 Aug, 2016 **Accepted 25 Nov, 2016**

Abstract

Background and Objectives: In recent years, microwave heating has been increasingly popular all over the world due to the unique characteristics of microwave energy, that can be used as a suitable heat treatment. This trend also seems to be associated with increased awareness about the advantages of nutritious and healthy foods as well as functionalities of certain phytochemicals in diets, which may act as neutraceuticals. Microwave heating is known for its operational safety and nutrient retention capacity with minimal loss of heat-labile nutrients, dietary antioxidant phenols and carotenoids. The aim of this study is evaluate and explain a suitable method for production functional foods and extraction of phenolic compounds and antioxidant for Specific goals.

Materials and Methods: Grapefruit juice was concentrated to achieve the final brix 42° by two different heating methods, including conventional heating and microwave heating, at various operational pressures (7, 36, and 100 kPa). The effects of each method on total phenolic content (Folin Ciocalteo Colorimetry method), anti-oxidant activity (DPPH method) and browning index (Hunter parameters) were investigated.

Result: The study shows significant difference created by the microwave in the content of total phenolic compounds, anti-oxidant activity and color concentrates compared to rotary evaporator, at a confidence level of % 5 (05/0 = α).

Conclusion: The results showed that microwave method can be used as an appropriate method to be used in functional foods production and extraction of phytochemicals.

Keywords: Phelolic content, Antioxidant activity, Microwave, Rotary evaporation, Functional foods.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-02-13]