تاثیر روش پخت بر خواص آنتی‌اکسیدانی و رنگدانه بتالائین در چغندرقرمز

اعظم ملک‌قاسمی [1*]، علیرضا صادقی ماهونک[2]، محمد قربانی[3]، مهران اعلمی[4]، یحیی مقصودلو[5]

1. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
2. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
3. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
4. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
5. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: **93/2/1**، تاریخ پذیرش: **93/2/18**)

چکیده

چغندرقرمز دارای مقادیر زیادی رنگدانه بتالائین است که به عنوان رنگ و آنتی‌اکسیدان طبیعی در مواد غذایی استفاده می‌شود. چغندرقرمز به‌طور معمول قبل از مصرف تحت فرایند حرارتی قرار می‌گیرد که بر پایداری رنگ و قابلیت پذیرش و خواص سلامتی بخش آن تاثیرگذار است. هدف از این فرایند بررسی تاثیر چهار روش پخت مایکروویو، حرارت مرطوب، جوشاندن و اتوکلاو بر محتوای رنگدانه بتالائین و خواص آنتی‌اکسیدانی چغندرقرمز بود. نتایج نشان داد که مقدار رنگدانه بتالائین تحت فرایند مایکروویو در توان 850 وات به مدت سه دقیقه 71/9 درصد افزایش داشت، اما در اثر سایر فرایندهای حرارتی کاهش داشت. خاصیت آنتی‌اکسیدانی با روش مهار رادیکال آزاد اندازه‌گیری شد و در اثر فرایندهای مایکروویو، جوشانیدن و حرارت مرطوب در مقایسه با نمونه شاهد افزایش داشت، اما تحت فرایند اتوکلاو نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. بیش‌ترین میزان مهار رادیکال آزاد در فرایند مایکروویو بود که 52/25 درصد افزایش نشان داد. میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نیز تحت فرایندهای مایکروویو، جوشاندن و حرارت مرطوب نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت و بیش‌ترین میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در اثر فرایند مایکروویو بود که به ترتیب،43/84 و 40/8درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد اما تحت فرایند اتوکلاو این ترکیبات کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: بتالائین، آنتی‌اکسیدانی، روش پخت، چغندرقرمز.

* مسئول مکاتبات: azam.malekghasemi@yahoo.com

1- مقدمه

رنگ، شاخص مهم کیفیت مواد غذایی است که پذیرش مصرف‌کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اخیراً کاربرد رنگ‌های سنتزی به دلیل مضرات آن و علاقه به رنگ‌های طبیعی کاهش یافته است. میوه و سبزیجات منبع مناسب رنگ‌های طبیعی هستند با این حال رنگ‌های طبیعی معایبی مانند هزینه بالاتر و پایداری کم دارند[1]. فرایند مواد غذایی یک عمل رایج است که در طی آن مواد غذایی با منشا گیاهی به منظور گسترش عمر مفید و بهبود طعم توسط روش‌های حرارتی فرایند می‌گردد و به علت فرایند و نگهداری، تغییرات زیادی در بتالائین‌ها اتفاق می‌افتد. در سال‌های اخیر مصرف غذاهای فرایند شده نسبت به میوها و سبزیجات تازه افزایش یافته است[2]. بتالائین‌ها رنگدانه‌های نیتروژن دار محلول در آب هستند که در غلظت‌های بالا در چغندرقرمز (*Betavulgaris*) یافت می‌شوند. رنگدانه بتالائین از دو زیرواحد بتاسیانین (رنگدانه قرمز) و بتاگزانتین (رنگدانه زرد) تشکیل شده است[3]. این رنگدانه اثرات ضد میکروبی و ضد ویروسی دارد و هم‌چنین می‌تواند رشد سلول‌های سرطانی را مهار کند. بتالائین می‌تواند به عنوان افزودنی به منظور ایجاد رنگ و غنی‌سازی مواد غذایی استفاده شود. استفاده از بتالائین به عنوان رنگ در مواد غذایی توسط اتحادیه اروپا با عنوان E-162 تصویب شده است[4]. بتالائین نسبت به سایر رنگدانه‌های قرمز مانند آنتوسیانین‌ها در برابر pH و دما پایدارتر است و در گستره وسیعی از pH پایدار است و بیش‌تر برای مواد غذایی کم اسید استفاده می‌شود در حالی که استفاده از آنتوسیانین برای این مواد غذایی غیر ممکن است. برای رنگ زرد متمایل به نارنجی کارتنوئیدها رنگدانه‌های طبیعی هستند اما به علت حلالیت کم در آب بتاگزانتین می‌تواند به عنوان جایگزین در غذاهای با رنگ نارنجی استفاده شود[5]. مخلوط رنگدانه بتالائین می‌تواند به عنوان یک افزودنی طبیعی برای مواد غذایی، داروها و محصولات آرایشی و بهداشتی به صورت عصاره غلیظ یا پودر استفاده شود [6]. چغندر قرمز با توجه به فعالیت آنتی‌اکسیدانی یکی از مهم‌ترین سبزیجات است. بتاسیانین‌ها یک گروه از ترکیبات هستند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال آزاد دارند و هم‌چنین سلول‌های سرطانی در مثانه و دهانه شرایط آزمایشگاهی مهار می‌کنند [7]. بتالائین و ترکیبات فنلی موجود در چغندر قرمز آسیب اکسیداتیو چربی را کاهش داده و باعث بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی در انسان می‌شود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی در چغندر قرمز مربوط به مهار رادیکال آزاد و در نتیجه پیشگیری از بیماری‌هایی مثل سرطان و بیماری‌های قلبی و عروقی است [8]. بنابراین به حداکثر رساندن بازده بتالائین در استخراج و فراوری شرط لازم است، بتالائین‌ها نسبت به pH، فعالیت آبی، نور، اکسیژن، یون‌های فلزی، دما و فعالیت آنزیمی حساس هستند، با این حال دما مهم‌ترین عامل تعیین کننده برای تجزیه بتالائین در pH بهینه است بنابراین فراوری مواد غذایی باعث تغییر محتوای بتالائین و در نتیجه رنگ خوراکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. حساسیت بتالائین به عوامل ذکر شده استفاده از آن‌ها را به عنوان رنگ غذا محدود می‌کند [9]. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر روش‌های پخت بر ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی، خواص آنتی‌اکسیدانی و رنگدانه بتالائین در چغندرقرمز است.

2-مواد و روش‌ها

2-1- جمع آوری نمونه

چغندر قرمز از مزارع اطراف گرگان خریداری و در دمای 4 °C نگهداری شد. آزمایشات بلافاصله بعد از تهیه نمونه انجام شد.

آماده سازی نمونه: جهت انجام آزمون نمونه‌ها شسته و با استفاده از خردکن به قطعات کوچک خرد شدند.

فرایند پخت به روش جوشاندن: 10 گرم از نمونه خرد و هموژن شده با مقدار مساوی آب در دمای 70 °C به مدت 3-1 دقیقه تحت فرایند جوشاندن قرار گرفت.

فرایند پخت به روش اتوکلاو: 10 گرم از نمونه خرد و هموژن شده به مدت 3-1 دقیقه تحت فرایند اتوکلاو قرار گرفت.

فرایند پخت به روش مایکروویو: 10گرم از نمونه خرد و هموژن شده در توان‌های 170، 340، 680 و 850 وات به مدت 3-1 دقیقه تحت فرایند مایکروویو (مدل LG-LF-520) قرار گرفت.

پخت به روش حرارت مرطوب: 10 گرم از نمونه خرد و هموژن شده به مدت 3-1 دقیقه تحت فرایند حرارت مرطوب قرارگرفت.

2-2- عصاره‌گیری از چغندرقرمز

0/1گرم از نمونه فرایند شده در 10میلی‌لیتر از اتانول 50 درصد حل شد سپس با سانتریفوژمدل ژربر ایران با دور 6000 rpm درمدت 10 دقیقه عصاره‌گیری انجام گرفت و محلول رویی جمع‌آوری شد. این کار برای اطمینان از حداکثر استخراج عصاره دو مرتبه انجام شد [9].

3-2- تعیین رنگدانه کل

رنگدانه کل با استفاده از اسپکتروفتومتر (S 2000 UV/VIS) اندازه‌گیری شد و طول موج 535 و 476 نانومتر به ترتیب برای رنگدانه بتاسیانین و بتاگزانتین استفاده شد. غلظت رنگدانه در عصاره چغندر قرمز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$C=A/\alpha b \quad (1)$$

در این فرمول A جذب، α ضریب جذب مولکولی و b=1cm است. بتاسیانین در طول موج 535 نانومتر،α=1120 و بتاگزانتین در طول موج 476 نانومتر، α=650 دارد. رنگدانه کل از مجموع بتاسیانین و بتاگزانتین بدست آمد [10].

4-2- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

به منظور اندازه‌گیری ترکیبات فنلی از روش فولین سیوکالته استفاده شد. برای این منظور از عصاره به‌دست آمده 1میلی‌لیتر برداشته و به ترتیب 0/5، 1 و 7/5 میلی‌لیتر از محلول‌های فولین سیوکالتو، کربنات سدیم20 درصد و آب مقطر به آن افزوده و با ورتکس چند ثانیه هم‌زده شد. پس از 30 دقیقه انکوباسیون در دمای محیط جذب نمونه‌ها در طول موج 760 نانومتر قرائت گردید و نتایج بر اساس میلی‌گرم تانیک اسید درمیلی‌لیتر عصاره بیان شد [11].

5-2- اندازه‌گیری میزان کل ترکیبات فلاونوئیدی

میزان کل فلاونوئیدها به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید اندازه‌گیری شد. در این روش نیم میلی‌لیتر از عصاره با یک و نیم میلی‌لیتر اتانول 95٪، 0/1میلی‌لیترآلومینیوم کلرید 10٪، 0/1 میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و 2/8 میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد. بعد از نگه‌داری نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت 30 دقیقه، جذب مخلوط در طول موج 415 نانومتر قرائت شد. به منظور رسم نمودار استاندارد از کوئرستین استفاده شد. نتایج بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در هرمیلی لیتر عصاره بیان شد [12].

6-2- اندازه‌گیری مهار رادیکال آزاد

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره با استفاده از مهار رادیکال آزاد اندازه‌گیری شد. در این روش 0/1 میلی لیتر از عصاره به 3/9 میلی لیتر از DPPH (با غلظت 0/06میلی مولار) افزوده و به مدت 30 ثانیه با ورتکس همزده شد. مخلوط حاصل به مدت 30 دقیقه به منظور انجام واکنش در محل تاریک قرار گرفت سپس جذب در طول موج 515 نانومتر قرائت گردید. لازم به ذکر است که نمونه کنترل همان محلول متانولی DPPH بدون افزودن عصاره بود. در نهایت، درصد مهار رادیکال‌ها بر اساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد مهار رادیکال آزاد} = (Ac-As/Ac)\times 100 \quad (2)$$

در این فرمول Ac و As به ترتیب جذب نمونه و جذب کنترل در طول موج 515 نانومتر می‌باشند [13].

7-2- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، تیمارها در سه تکرار انجام شد و نتایج حاصل با استفاده از روش آنالیز واریانس(ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P<0/05$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS16.0 و نمودارها با نرم افزار اکسل انجام شد.

3-نتایج و بحث

1-3- اندازه‌گیری بتالائین

پایداری رنگدانه بتالائین تحت تاثیر فاکتورهای داخلی مختلفی مانند، رطوبت، pH و فاکتورهای خارجی مانند دما، نور و اکسیژن است [14]. یکی از روش‌های فرایند مواد غذایی فرایند حرارتی است و مهم‌ترین عیب فرایندهای حرارتی تجزیه بتالائین تحت تاثیر دمای بالا است [15]. در این پژوهش تاثیر روش پخت

چغندرقرمز بر رنگدانه بتالائین بررسی شد. نتایج نشان داد که از بین فرایندهای مختلف فرایند مایکروویو باعث افزایش محتوای رنگدانه بتالائین تحت شرایط بالا مانند توان 850 وات به مدت سه دقیقه می‌گردد اما سایر فرایندهای حرارتی به دلیل اثر تخریبی دما باعث کاهش رنگدانه نسبت به نمونه کنترل شد (شکل1 و2 و3 و 4). نتایج تحقیق حاضر با نتایج اسلاوو و همکاران (2013) و راویچاندران و همکاران (2013) هم‌سو است. این محققان گزارش کردند که فرایند مایکروویو باعث افزایش بازده رنگدانه بتالائین شد زیرا در طی فرایند سنتز رنگدانه اتفاق می‌افتد [9و16]. هاریویندران و همکاران(2008) هم گزارش کردند که، با افزایش دما در حرارت‌دهی خشک بازده رنگدانه بتالائین افزایش می‌یابد[17].

3-2- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و مهار رادیکال آزاد

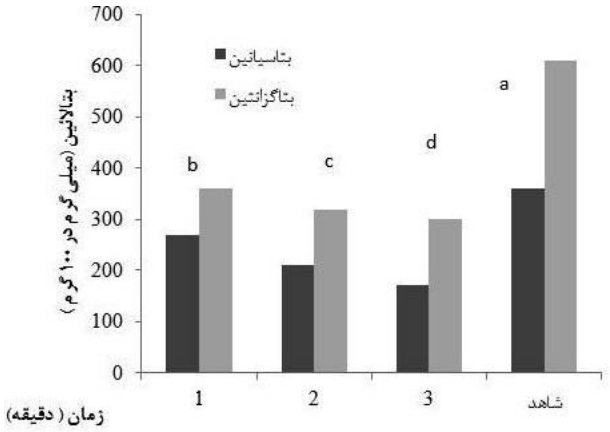
میزان کل ترکیبات فنلی چغندر قرمز تحت تیمارهای مختلف حرارتی با روش فولین سیوکالته به صورت میلی‌گرم تانیک اسید درمیلی‌لیتر عصاره و بر اساس معادله خط منحنی استاندارد تانیک اسید (r^2=0/981 و y=0/033x-0/225) محاسبه شد. میزان کل ترکیبات فلاونوئیدی به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید و به صورت میلی‌گرم کوئرستین درمیلی‌لیتر عصاره و بر اساس معادله خط منحنی استاندارد کوئرستین (r^2=0/996 وy=95/83x-75) محاسبه شد. میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی تحت فرآیند مایکروویو، جوشاندن و حرارت مرطوب نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (جدول 1، 2، 3 و4).

جدول (1) اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و درصد مهار رادیکال آزاد تحت زمان‌های مختلف حرارت مرطوب

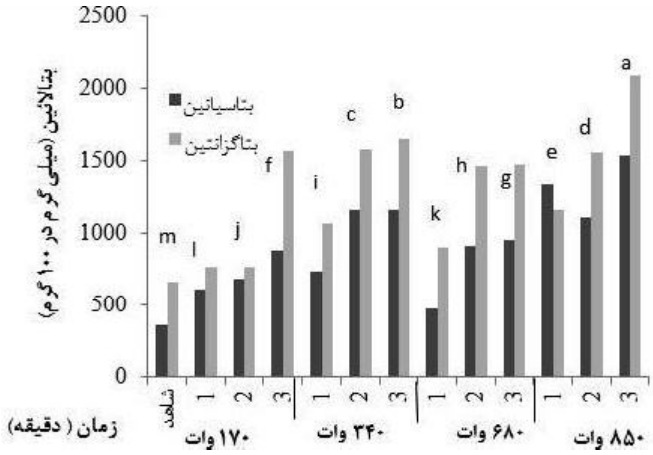
زمان	فنل (میلی‌گرم تانیک اسید بر میلی‌لیتر عصاره)	فلاونوئید (میلی‌گرم کوئرستین بر میلی‌لیتر عصاره)	درصد مهار رادیکال آزاد
شاهد	45/042 ±0/038[d]	68/68400 ±0/00059[d]	2/42 ±0/05[d]
1 دقیقه	45/305 ±0/006 [c]	73/260±0/052 [c]	13/32 ±0/02 [c]
2 دقیقه	57/558 ±0/080[b]	97/207 ±0/030[b]	14/63 ±0/03[b]
3 دقیقه	62/575 ± 0/038 [a]	11/055 ±0/128 [a]	16/52±0/02 [a]

جدول (2) اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و درصد مهار رادیکال آزاد تحت زمان‌های مختلف جوشاندن

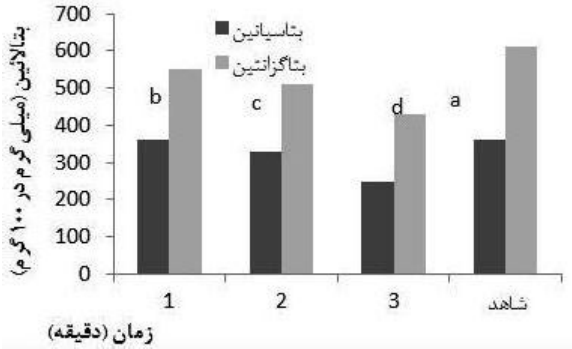
زمان	فنل (میلی‌گرم تانیک‌اسید برمیلی‌لیترعصاره)	فلاونوئید (میلی‌گرم کوئرستین برمیلی‌لیتر عصاره)	درصد مهار رادیکال آزاد
شاهد	45/042 ±0/038 [c]	28/244 ±0/0001[d]	2/41±0/05[d]
1 دقیقه	51/542 ±0/094 [a]	83/25000±0/00012 [a]	3/41±0/01 [a]
2 دقیقه	48/992 ±0/237[b]	68/68400±0/00059[b]	3/2±0/02[b]
3 دقیقه	39/267 ±0/028[d]	32/46000±0/00006 [c]	2/61±0/01 [c]



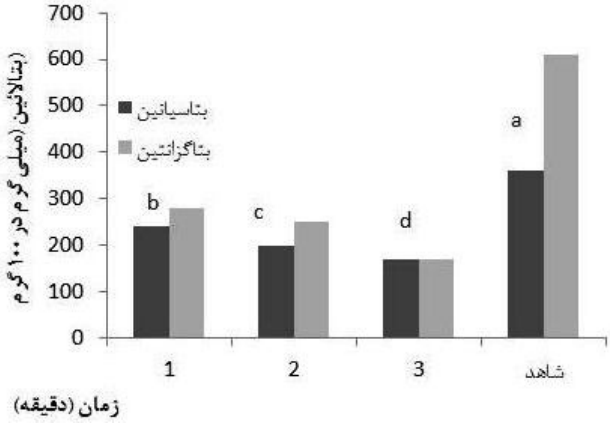
شکل(1) مقدار رنگدانه بتالائین تحت فرایند جوشاندن در زمان‌های مختلف



شکل(2) محتوای رنگدانه بتالائین تحت فرایند مایکروویو



شکل(3) محتوای رنگدانه بتالائین تحت فرایند حرارت مرطوب



شکل(4) محتوای رنگدانه بتالائین تحت فرایند اتوکلاو

نتایج گـزارش شده توسط اسـلاوو و همکاران (2003) نشان می‌دهد که فرایند حرارتی باعث افزایش استخراج و زیست‌دسترسی این ترکیبات می‌شود[16]. بر اساس نتایج گزارش شده توسط سیدهوراجو و همکاران (2006) افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی تحت فرایند حرارتی ممکن است به علت تخریب جزیی دیواره سلولی گیاهان و آزاد شدن ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی باند شده توسط فرایند حرارتی باشد [18]. روند کاهشی این ترکیبات با افزایش زمان تحت فرایند اتوکلاو (جدول 4) و تحت فرایند جوشاندن ممکن است به‌دلیل تجزیه این ترکیبات در اثر فرایند حرارتی باشد [19]. مقایسه میانگین ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی چغندرقرمز تحت فرایندهای حرارتی مختلف نشان داد که فرایند مایکروویو بیش‌ترین تاثیر را در استخراج ترکیبات فنلی داشت. در بررسی حیات و همکاران (2010)، در اثر فرایند مایکروویو بر محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی تفاله مرکبات با افزایش توان و زمان میزان این ترکیبات افزایش یافت و این احتمالا به دلیل نقش

جدول(3) اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید ودرصد مهار رادیکال آزاد تحت توان‌ها و زمان‌های مختلف مایکروویو

توان(وات)	زمان(دقیقه)	فنل (میلی‌گرم تانیک‌اسید بر میلی‌لیتر عصاره)	فلاونوئید (میلی‌گرم کوئرستین برمیلی‌لیتر عصاره)	درصد مهار رادیکال آزاد
170	1 دقیقه	48/61 ±0/01^{l}	74/246 ±0/05^{i}	1/052±0/002^{k}
	2 دقیقه	59/22±0/02^{k}	87/64 ±0/05^{h}	1/31±0/01^{j}
	3 دقیقه	63/61±0/01^{j}	91/826 ±0/03^{d}	4/736 ±0/005^{h}
340	1 دقیقه	64/76 ±0/01^{i}	69/032 ±0/3^{l}	8/13 ±0/01^{f}
	2 دقیقه	67/800±0/005^{h}	70/94 ±0/04^{g}	9/203 ±0/005^{e}
	3 دقیقه	70/81±0/01^{g}	116/052±0/030^{a}	12/003 ±0/005^{d}
680	1 دقیقه	76/650±0/005^{f}	70/452±0/05^{k}	2/376 ±0/005^{i}
	2 دقیقه	77/81±0/01^{e}	90/42±0/02^{e}	6/866 ±0/015^{g}
	3 دقیقه	79/08±0/01^{d}	11/462±0/02^{b}	14/81±0/01^{c}
850 وات	1 دقیقه	86/800±0/005^{c}	89/052±0/06^{g}	9/216 ±0/015^{e}
	2 دقیقه	90/52±0/01^{b}	89/54±0/034^{f}	16/516 ±0/015^{b}
	3 دقیقه	94/31±0/01^{a}	110/44± 0/02^{c}	23/836 ±0/005^{a}
	شاهد	45/030±0/005^{m}	68/66 ±0/02^{m}	0/51±0/01^{d}

جدول(4) اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و درصد مهار رادیکال آزاد تحت زمان‌های مختلف اتوکلاو

زمان	فنل (میلی‌گرم تانیک‌اسید برمیلی‌لیتر عصاره)	فلاونوئید (میلی‌گرم کوئرستین برمیلی‌لیتر عصاره)	درصد مهار رادیکال آزاد
1 دقیقه	29/076 ±0/062^{b}	13/827 ±0/030^{b}	1/72±0/03^{b}
2 دقیقه	27/183±0/160^{c}	1/591±0/187^{c}	1/05 ±0/005^{c}
3 دقیقه	21/700±0/066^{d}	0/48 ±0/105^{d}	0/32±0/025^{d}
شاهد	45/042±0/038^{a}	0/6800±0/0059^{a}	2/42±0/05^{a}

نقش مولکول‌های آب و دو قطبی شدن آن و جذب امواج مایکروویو در جهت تخریب دیواره سلولی و آزاد شدن ترکیبات باند شده است [20].

فعالیت آنتی‌اکسیدانی چغندر قرمز تحت تیمارهای مختلف با روش مهار رادیکال آزاد اندازه‌گیری شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش زمان تحت تیمارهای مختلف مایکروویو، حرارت مرطوب و جوشاندن افزایش یافت. افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارها نشان می‌دهد که این فاکتور علاوه بر حضور بتالائین به حضورعوامل دیگری مانند پلی-فنول‌ها که در طی فرایند افزایش می‌یابند، بستگی دارد. نتایج این پژوهش با نتایج دوانتو و همکاران (2002) همسو است. این محققان گزارش کردند که، افزایش ارزش تغذیه‌ای گوجه فرنگی و ذرت تحت فرایند حرارتی به علت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی است این افزایش احتمالا به دلیل حضور ویتامین‌ها و ترکیبات فنلی است [21]. هم‌چنین بر اساس نتایج آدفقا و همکاران (2009) پخت باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برگ سبزیجات شد [22]. حیات و همکاران (2010) نیز گزارش کردند که بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی رابطه خطی وجود دارد[20]. زاپسکی و همکاران (2010)، گزارش کردند که بین خاصیت آنتی‌اکسیدانی و رنگدانه بتالائین رابطه خطی وجود دارد [23].

4-نتیجه‌گیری

فرایند مایکروویو فرایند حرارتی مناسبی برای افزایش استخراج رنگدانه بتالائین از چغندرقرمز است و با افزایش توان تا 850 وات مقدار رنگدانه افزایش می‌یابد. هم‌چنین این فرایند باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی چغندرقرمز می‌شود بنابراین، این فرایند نسبت به استفاده از چغندرقرمز تازه و سایر فرایندهای حرارتی فرایند مناسب‌تری است و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای چغندرقرمز بعد از فرایند زمینه مناسبی برای گسترش تولید مواد افزودنی با قابلیت کاربرد در مواد غذایی، آرایشی، بهداشتی و صنایع داروسازی است.

منابع

[1] Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2004). Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (Beta vulgaris L.) preparations. J*ournal of Food Science*, 69(6), C491-C498.

[2] Howard, L. (2008). Processing techniques and their effect on fruit and vegetable phytochemicals, improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products. In F. *A. Tomás-Barberán, & M. I. Gil (Eds.), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, No. 157.

[3] Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., & Paredes-López, O. (2000). Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40, 173–289.

[4] Von Elbe, J. H., Maing, I., & Amundson, C. H. (1974). Colour stability of betanin. *Journal of Food Science*, 39, 334–337.

[5] Stintzing, F. C., & Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 19–38.

[6] Dörnenburg, H., & Knorr, D. (1996). Generation of colors and flavors in plant cell and tissue cultures. *Critical Review in Plant Sciences*, 15, 141–168.

[7] Escribano, J., Pedreño, M. A., García-Carmona, F., & Muñoz, R. (1998). Characterization of the antiradical activity of betalains from Beta vulgaris L. roots. *Phytochemical Analysis*, 9, 124-127.

[8] Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., & Paredes-López, O. (2000). Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40, 173–289.

[9] Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A.

A., Gabr, A. M. M., Kastell, A., Riedel, H., et al.(2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International*, 50(2), 670-675.

[10] Deshpande, S. S., Cheryan, M., Salunkhe, D. K., & Luh, B. S. (1986). Tannin analysis of food products. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 24(4), 401-449.

[11] Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.

[12] Gasztonyi, M. N., Daood, H., Hajos, M. T., Biacs, P. (2001). Comparison of red beet (Beta Vularis Var conditiva) varieties on the basis of their pigment components. *Journal Science of Food Agriculture*, 81, 932-933.

[13] Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 71(4), R41-R50.

[14] Barrera, F., C. Reynoso y E. Mejía. (1998). Estabilidad de betalaínas extraídas delgarambullo (Myrtillocactus geometrizans). *Food Science and Technology International*, 4, 115–120.

[15] Escribano, J., Gandía-Herrero, F., Caballero, N., & Pedreño, M. A. (2002). Subcellular localization and isoenzyme pattern of peroxidase and polyphenol oxidase in beet root (Beta vulgaris L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6123–6129.

16] Slavov A., Karagyozov V., Denev P., Kratchanova M & Kratchanov Chr. (2013). Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pretreatments. *Czech Journal of Food Science* 31(2): 139-147.

[17] Harivaindaran, K. V., Rebecca, O. P. S., & Chandran, S. (2008). Study of optimal temperature, pH and stability of dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) peel for use as potential natural colorant. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(18), 2259–2263.

[18] Siddhuraju, P. (2006). The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean [Vigna aconitifolia (Jacq.) Marechal] seed extracts. *Food Chemistry* 99(1): 149-157.

[19] Raupp, D. d. S., Rodrigues, E., Rockenbach, I. I., Carbonar, A., Campos, P. F. d & Borsato, A. l. V. (2011). Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet (Beta vulgaris L.). *Food Science and Technology* (Campinas), 31, 688-693.

[20] Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, S., Xia, S., Jia, C., & Zhang, J. (2010). Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. *Food chemistry,* 123(2), 423-429.

[21] Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50, 3010–3014.

[22] Adefegha, S. A., & Oboh, G. (2009). Cooking enhances the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables. *African Journal of Biotechnology,* 10(4), 632-639.

[23] Czapski, J., Mikołajczyk, K., & Kaczmarek, M. (2009). Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and content of its betalain pigment. *Polish Journal of Food & Nutrition sciences,* 59(2), 119-122.