

تأثیر روش‌های مختلف پخت بر ویژگی‌های ضداکسایشی ریشه گیاه سلغم (*Brassica rapa*)

سعیده عربشاهی دلویی^{۱*}، نرگس امیدزاده^۲، عادل محمدی^۳

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

۲- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۱)

چکیده

سلغم گیاهی با خواص سلامت بخشی بالا می‌باشد و به طور معمول قبل از مصرف تحت فرآیند حرارتی قرار می‌گیرد. در این پژوهش، تأثیر چهار روش پخت (آب‌پز کردن، بخار پز کردن، پخت با مایکروویو و زودپز کردن) بر محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (اسید آسکوربیک، ترکیبات فنولی کل و ترکیبات فلاونوئیدی کل) و نیز ویژگی‌های ضداکسایشی سلغم (مهار رادیکال آزاد DPPH، قدرت احیاکنندگی آهن (III) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پخت سلغم سبب کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) در محتوای اسید آسکوربیک، محتوای فنول کل و محتوای فلاونوئید کل سلغم می‌گردد. از بین روش‌های مختلف پخت، بخارپز کردن کمترین میزان کاهش و آب‌پز کردن و زودپز کردن بیشترین کاهش را در میزان این ترکیبات نشان دادند، به طوری که محتوای فنول کل از ۱۱۸/۶ در سلغم تازه به ۹۵/۷ در سلغم بخار پز شده و به کمتر از ۷۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم (معادل گالیک اسید) در نمونه‌های آب‌پز شده و زودپز شده رسید. فرآیندهای مختلف پخت کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) در شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی سلغم ایجاد نمود بطوری که سلغم تازه بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در همه روش‌ها از خود نشان داد. هم‌چنین بین محتوای آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف پخته شده ارتباط مستقیمی وجود داشت بطوری که نمونه سلغم بخارپز شده بیشترین (70.53%) و آب‌پز شده کمترین (60.46%) قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH را در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از خود نشان دادند. به‌طورکلی با افزایش غلظت از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در همه تیمارها فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. نمونه‌های بخار پز شده و مایکروویو شده در تمامی غلظت‌ها دارای درصد مهار رادیکال آزاد DPPH، قدرت احیاکنندگی آهن (III) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بالاتری نسبت به نمونه‌های آب‌پز شده و زودپز شده بودند. بنابراین، دو روش بخارپز کردن و مایکروویو به عنوان بهترین روش‌ها برای پخت سلغم و استفاده بهینه از ترکیبات مفید و ارزشمند این گیاه توصیه می‌گردد.

کلید واژگان: فعالیت ضداکسایشی، ترکیبات فنولی، سلغم، روش‌های پخت

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر علاقه پژوهشگران به بررسی حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در محصولات کشاورزی به ویژه میوه‌ها و سبزیجات به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. ویژگی‌های سلامتی بخش آنتی‌اکسیدان‌ها و نقش آنها در پیشگیری از بیماری‌ها دلایل عمده این افزایش بوده است. در واقع آنتی‌اکسیدان‌ها از فرایند اکسایش که از عوامل بروز بیماری‌هایی همچون سرطان است پیشگیری کرده و از این جهت اثرات خود را بر سلامت انسان‌ها می‌گذارند. علاوه بر این، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی معمولاً به منظور جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها، در برخی محصولات به عنوان افزودنی استفاده شده که باعث افزایش زمان ماندگاری محصولات می‌شوند [۱].

شلغم با نام علمی *Brassica Rapa ssp. rapa* از خانواده براسیکاسه گیاهی دو ساله است و به رنگ‌های سبز، سفید و بنفش با برگ‌هایی ناصاف و بریدگی‌های زیاد وجود دارد. شلغم گیاهی است با مقادیر قابل توجه ویتامین C و سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی که در پیشگیری از بروز سرطان و حفظ سلامت دستگاه گوارش موثر هستند [۲]. شلغم غنی از ویتامین‌های گروه B, C, E, K و همچنین منگنز، پتاسیم، منیزیم، آهن، کلسیم، مس، فسفر، اسیدهای چرب امگا۳، فیبر و پروتئین می‌باشد [۳]. وجود شلغم در رژیم غذایی روزانه خطر ابتلا به سرطان پستان و سرطان روده بزرگ را کاهش می‌دهد. گلوکوزینولات‌ها دفع سموم از کبد را بهبود داده و باعث کاهش اثر سرطان و ممانعت از بروز این بیماری می‌شوند. همچنین روند رشد تومورها را مهار می‌سازند. شلغم منبع خوبی از فولات بوده که جهت تقویت سیستم ایمنی، قلب و عروق بسیار موثر است. همچنین منبع کلسیم و پتاسیم بوده که برای رشد و سلامت استخوان‌ها ضروری می‌باشند [۴].

مواد غذایی گیاهی به منظور افزایش عمر مفید، بهبود خواص تغذیه‌ای و طعم، توسط روش‌های حرارتی فرآیند می‌گردند [۵]. فرایند پخت باعث ایجاد تغییرات در خصوصیات فیزیکی و ترکیبات شیمیایی سبزی‌ها می‌گردد [۶]. روش‌های مختلف حرارتی از قبیل جوشاندن، سرخ کردن، بخارپز کردن و مایکروویو تاثیرات متفاوتی بر روی محتوای ترکیبات مغذی،

فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سبزیجات دارند [۷]. اگرچه پخت باعث بهبود طعم و نابودی میکروارگانیسم‌های موجود در سبزیجات می‌شود اما ثابت شده است که پختن بیش از اندازه منجر به از بین رفتن ویتامین‌ها و ریزمغذی‌ها می‌گردد [۸]. بخارپز کردن سبزیجات سبز از نظر حفظ طعم، بافت و مواد مغذی ارجحیت بیشتری نسبت به سایر روش‌های پخت دارد [۹]. اما آب پز کردن که از روش‌های متداول پخت نیز محسوب می‌گردد در اغلب موارد منجر به از بین رفتن مواد مغذی و شکستن بافت سبزیجات حساس می‌شود [۷]. مطالعات زیادی حاکی از آن است که روش‌های مختلف پخت بر محتوای آنتی‌اکسیدان‌های موجود در سبزیجات اثرات متفاوتی دارند [۱۰]. تیان و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر روش‌های پخت (آب پز کردن، پختن، بخارپز کردن، مایکروویو، سرخ کردن، سرخ کردن عمیق و روش جدید سرخ کردن با هوا) بر ترکیبات شیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب‌زمینی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد طی فرآیندهای مختلف پخت میزان ویتامین C، محتوای فنولیکل، میزان آنتوسیانین و کاروتنوئیدها کاهش معنی‌داریافته است [۱۱]. همچنین جوین کائو و همکاران (۲۰۱۴) اثر آب‌پز کردن بر محتوای آنتی-اکسیدانی سبزیجاتی از قبیل گشنیز، ریحان و سیب‌زمینی را از لحاظ تغییرات کاروتنوئیدی، ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقدار کاروتنوئید در گشنیز، برگ ریحان و سیب زمینی شیرین به ترتیب بعد از ۱۰، ۵ و ۵ دقیقه پخت به حداکثر رسید و محتوای آنتی‌اکسیدانی در روش آب‌پز یک روند ثابت از خود نشان داد، هم چنین زمان جوشیدن ۵ دقیقه بهترین زمان برای حفظ ترکیبات کاروتنوئیدی و محتوای فنول کل سبزیجات بود [۱۲].

شلغم منبعی غنی از ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات آنتی-اکسیدانی با ارزش قلمداد شده و در زمره سبزیجات مهم محسوب می‌گردد. از آنجا که شلغم معمولاً بصورت پخته مصرف می‌شود، لذا هدف از این پژوهش اندازه‌گیری ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ریشه شلغم و بررسی تاثیرات روش‌های مختلف پخت بر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی این گیاه و تعیین بهترین روش جهت پخت از لحاظ حفظ مواد آنتی‌اکسیدانی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه

در این پژوهش شلغم مورد نیاز به میزان ۵ کیلوگرم از بازار محلی واقع در استان گلستان (گرگان) خریداری شد. شلغم پس از شستشو و خشک کردن به دو بخش تقسیم شد، یک بخش از آن به صورت تازه در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و بخش دیگر تحت فرآیندهای مختلف پخت از جمله آب پز کردن، بخارپز کردن، مایکروویو و زودپز قرار گرفت.

۲-۲- روش‌های پخت شلغم

۲-۲-۱- آبی‌کردن

نمونه‌های شلغم در یک ظرف استیل ضدزنگ با محتوای ۱۰۰۰ میلی‌لیتر قرار داده شد. نمونه‌ها به صورتی در ظرف آب پز شدن که شلغم‌ها کاملاً در آب فرورفته بودند. این عمل به مدت ۱۰ دقیقه انجام پذیرفت، سپس نمونه‌ها از ظرف خارج گردید و به منظور سرد شدن درون یخ قرار گرفتند [۷].

۲-۲-۲- بخارپز کردن

شلغم‌ها در سبید بخارپز خانگی (Bitron، مدل BF30-30 آمریکا) تحت فشار اتمسفری به مدت ۱۰ دقیقه بخارپز شدند. سپس نمونه‌ها از بخارپز خارج و درون یخ قرار گرفتند [۷].

۲-۲-۳- پخت با مایکروویو

نمونه‌های شلغم در یک ظرف شیشه‌ای قرار داده شدند و سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه گردید و با کیسه پخت ۲۵ به همراه منافذ کوچک روی آن پوشانده شد، عمل پخت به مدت ۳ دقیقه در مایکروویو (LG، مدل MHF900) انجام گرفت و نمونه‌ها مانند مراحل قبل مجدداً به منظور سرد شدن سریع در یخ قرار گرفتند [۷].

۲-۲-۴- زودپز کردن

در این روش نمونه‌ها درون زودپز قرار گرفتند و تا سطح نمونه‌ها آب ریخته شد. نمونه‌ها بعد از پخت در یخ قرار گرفتند تا کاملاً سرد شوند [۷].

۲-۳- عصاره‌گیری

نمونه‌های پخته شده پس از خشک شدن و آب‌گیری، هموژن شده (Moulinex، مدل LM 302141 فرانسه) سپس عصاره‌گیری به روش اتانولی-آبی انجام گرفت. بدین منظور ۱۰۰ گرم از هر نمونه توزین شده، سپس ۶۰۰ میلی‌لیتر

حلال اتانول/آب (۷۵ درصد الکل و ۲۵ درصد آب) به آن اضافه گردید و در انکوباتور شیکردار (IKA، مدل KS 4000 IC آلمان) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت جهت عصاره‌گیری قرار گرفت. بعد از طی شدن مدت زمان استخراج، عصاره با کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) صاف گردید، سپس اتانول با استفاده از یک تبخیرکننده چرخشی (Buchi مدل V800) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد از عصاره جدا گردید و طی آون‌گذاری (Memmert، مدل UNB 400 آلمان) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک گردید. عصاره تهیه شده در داخل بطری سترون و تیره تا زمان استفاده در شرایط یخچال نگهداری گردید [۱۳].

۲-۴- اندازه‌گیری اسید اسکوربیک

اسید اسکوربیک با روش تیتراسیون ۲،۶-دی کلروفنول ایندوفنول ارزیابی شد که این روش بر پایه کاهش رنگ از آبی به صورتی کم رنگ توسط اسید اسکوربیک می‌باشد. نتایج بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد [۱۴].

۲-۵- اندازه‌گیری محتوای فنول کل

محتوای فنول کل با معرف فولین سیوکالتو بر اساس روش مک دونالد و همکاران (۲۰۰۱) اندازه‌گیری گردید. ۰/۵ میلی-لیتر از عصاره در غلظت‌های مختلف در حلال متانول با ۰/۱ میلی‌لیتر از معرف فولین سیوکالتو مخلوط شدند، این ترکیب به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت، سپس ۲/۵ میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات (۲۰ درصد) اضافه گردید و دوباره به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. پس از آن جذب در ۷۶۰ نانومتر در طیف سنج مرئی/فرابنفش (Cecil، مدل Aquarius) اندازه‌گیری شد. میزان کل ترکیبات فنلی موجود در عصاره بر حسب معادل اسید گالیک و با استفاده از معادله به دست آمده از منحنی استاندارد محاسبه و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد [۱۵].

۲-۶- اندازه‌گیری فلاونوئید کل

محتوای فلاونوئیدی کل در نمونه‌ها با استفاده از روش دوانتو و همکارانش (۲۰۰۲) تعیین شد. ۲۰ میکرولیتر از عصاره‌ها (درحلال متانول) توسط ۱ میلی‌لیتر آب دیونیزه رقیق‌سازی شد. سپس ۷۵ میکرولیتر سدیم نیتريت ۵ درصد به آن اضافه گردید. پس از ۵ دقیقه، ۰/۱۵ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد به محلول اضافه گردید. پس از ۶ دقیقه، ۰/۵ میلی‌لیتر

پرایتو و همکاران (۱۹۹۹) استفاده گردید. ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول عصاره (در متانول) با غلظت‌های مختلف (۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر) با ۱ میلی‌لیتر معرف (اسیدسولفوریک ۰/۶ مولار، فسفات سدیم ۲۸ میلی مولار و آمونیوم مولیبدات ۴ میلی مولار) در لوله آزمایش مخلوط شدند و به مدت ۱/۵ ساعت در حمام آب گرم با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن، جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۹۵ نانومتر خوانده شد. در نمونه کنترل به جای عصاره از ۰/۱ میلی لیتر متانول استفاده شد [۱۹]. با استفاده از منحنی استاندارد اسکوربیک اسید، نتایج بر حسب میلی گرم اسکوربیک اسید در گرم عصاره بیان شد.

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایش‌های در سه تکرار انجام شد و نتایج به صورت مقادیر میانگین و انحراف معیار استاندارد (SD) بیان شدند. اختلاف بین مقادیر در نمونه‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک سویه و جدول دانکن در سطح آماری ۵ درصد ($P < 0.05$) آنالیز گردید. آنالیزهای ذکر شده توسط نرم افزار SPSS (version 18.0) انجام گرفت و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان اسید اسکوربیک

بیش از ۸۵٪ اسید اسکوربیک (ویتامین C) رژیم غذایی انسان از طریق مصرف سبزیجات و میوه‌ها تامین می‌شود. ویتامین C یکی از ویتامین‌های محلول در آب بوده که به آسانی با اکسیژن هوا ترکیب شده و در برابر حرارت نیز بسیار ناپایدار است [۲۰]. میزان ویتامین C در نمونه تازه شلغم ۳۱/۷۶ (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم عصاره) بود که با اعمال روش‌های آب پز کردن، بخارپز کردن، مایکروویو و زودپز به ترتیب به سطح ۱۵/۱۴، ۲۰/۹۷، ۱۵/۹۷ و ۱۵/۵۳ (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم عصاره) کاهش یافت. شکل ۱ میزان تغییرات ویتامین C طی فرایندهای مختلف پخت را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان ویتامین C شلغم با اعمال روش‌های پخت مختلف نسبت به نمونه خام کاهش یافت ($p < 0.05$). از بین روش‌های مختلف پخت روش آب پز کردن بیشترین تاثیر و بخارپز کردن کمترین تاثیر را بر کاهش میزان ویتامین C داشته است. پس از بخارپز کردن، پخت با مایکروویو و سپس زودپز کردن روش‌های

هیدروکسید سدیم ۱ مولار اضافه شده و در نهایت حجم کل محلول توسط آب دیونیزه به ۳ میلی لیتر رسانده شد. جذب محلول حاصل بلافاصله در ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. محتوای فلاونوئیدی کل بر حسب میزان کوئرستین موجود در صد گرم عصاره بیان شد [۱۶].

۲-۷- مهار رادیکال آزاد DPPH

مهار رادیکال آزاد DPPH با روش شیامالا و جامونا (۲۰۱۰) انجام گرفت. بدین صورت که غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر از عصاره‌ها در حلال متانول تهیه گردید. سپس ۴ میلی‌لیتر از محلول ۰/۱ مولار متانولی DPPH به این نمونه‌ها اضافه و به شدت تکان داده شدند. از نمونه بدون عصاره نیز به عنوان نمونه شاهد (کنترل) استفاده گردید. سپس لوله‌ها برای مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. تغییرات در جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر توسط طیف‌سنج مرئی/فرابنفش (UV-Visible/ unico) اندازه‌گیری شدند. در نهایت درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH توسط عصاره با فرمول زیر محاسبه گردید.

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

که در این رابطه Ac و As به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه می‌باشند [۱۷].

۲-۸- مهارکنندگیون آهن

توانایی عصاره‌ها برای احیاء آهن سه ظرفیتی به روشیلدیریم و همکاران (۲۰۰۱) تعیین گردید. نمونه‌ها (غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر) با ۲/۵ میلی لیتر از بافر فسفات (۰/۲ مول و $\text{pH} = 7.6$) و ۲/۵ میلی‌لیتر از پتاسیم پری سیانید مخلوط شدند و سپس ترکیبات در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند. بعد از گذشت این زمان ۲/۵ میلی‌لیتر از تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد (وزنی: حجمی) اضافه گردید و سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۶۵۰g سانتریفوژ (Sigma مدل K3-18 آلمان) شدند. از محلول روئی پس از سانتریفوژ ۲/۵ میلی‌لیتر به دقت برداشته و پس از افزودن ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر کلرید آهن III (۱ گرم در لیتر)، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. میزان جذب بالا نشان دهنده قدرت احیاءکنندگی بالا می‌باشد [۱۸].

۲-۹- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌ها، از روش

$$R^2 = 0.9949$$

$$Y = 0.0011 X - 0.0001$$

نتایج بررسی تاثیر روش‌های مختلف پخت بر محتوای فنولی کل گیاه شلغم در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد میزان فنول کل در گیاه شلغم با پخته شدن به روش‌های مختلف کاهش یافته است. میزان ترکیبات فنولی کل در نمونه تازه شلغم ۱۱۸/۶ (میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم عصاره) بود که با اعمال روش‌های پخت آب پز کردن، بخارپز کردن، مایکروویو و زودپز به ترتیب به ۶۹/۵۳، ۹۵/۷۶، ۸۷/۷۳ و ۶۳/۸ (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم عصاره) کاهش یافت ($p < 0.05$). از بین روش‌های پخت انجام شده در این پژوهش، روش بخارپز کردن کمترین و زودپز کردن بیشترین تاثیر منفی را بر میزان این ترکیبات داشته است. پس از بخارپز کردن، پخت با مایکروویو و سپس آب پز کردن روش‌های بهتری نسبت به زودپز کردن از نظر حفظ میزان ترکیبات فنولی تیمارها بودند. در طی بخار پز کردن درجه حرارت کمتر از سایر روش‌ها بوده و ترکیبات فنولی در معرض مستقیم آب قرار ندارند، بنابراین محتوای فنولی کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد [۲۰]. لذا می‌توان بیان نمود که روند کاهشی ترکیبات فنولی با انجام فرآیند حرارت‌دهی ممکن است به دلیل تجزیه این ترکیبات در اثر فرآیند حرارتی باشد [۲۱]. ملک قاسمی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تاثیر روش‌های پخت بر خواص آنتی‌اکسیدانی چغندر قرمز گزارش نمودند که اتوکلاو کردن باعث کاهش محتوای فنول کل از ۴۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در نمونه تازه چغندر قرمز به ۲۱/۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در نمونه ۳ دقیقه حرارت دیده می‌گردد [۲۲].

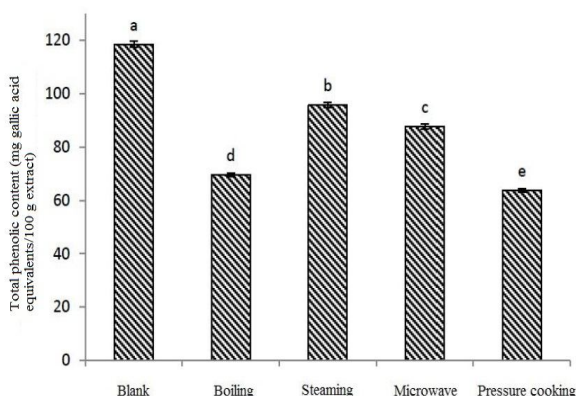


Fig 2 Effect of different cooking methods on total phenolic content (mg gallic acid equivalents/100 g extract) of turnip. Fresh turnip was used as blank. Values denoted by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

بهتری نسبت به آب پز کردن از نظر حفظ میزان ویتامین C نمونه‌ها بودند. با توجه به نتایج در روش‌های پختی که شلغم در آب غوطه‌ور بوده میزان ویتامین C کاهش بیشتری داشته که این امر احتمالاً به دلیل حلالیت ویتامین C در آب و همچنین حساسیت این ترکیب نسبت به حرارت می‌باشد. قابل ذکر است که در روش بخار پز و مایکروویو که غوطه‌وری در آب وجود ندارد ویتامین C بیشتری در نمونه حفظ شده است. در تحقیقی مشابه شمس ال دین و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند با آب پز کردن کلم بروکلی، کلم سفید و گل کلم میزان ویتامین C حدود ۶۰ درصد کاهش یافت و همچنین پخت کلم بروکلی با مایکروویو طی ۲ دقیقه باعث کاهش ویتامین C از ۹۲/۶۵ در نمونه تازه به ۵۵/۷۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم در نمونه فرایند شده گردید که این نتایج با تحقیق حاضر مطابقت داشت [۷]. نتایج مطالعه فرانچسکو و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که نه تنها فرایند پخت باعث کاهش میزان ویتامین C در گیاهان خانواده *Brassica rapa* می‌شود بلکه کلیه فرایندهای آماده سازی قبل از پخت نیز در کاهش این ویتامین تاثیر دارند که این امر به دلیل پایداری کم و حلالیت بالای این ویتامین می‌باشد [۲۰].

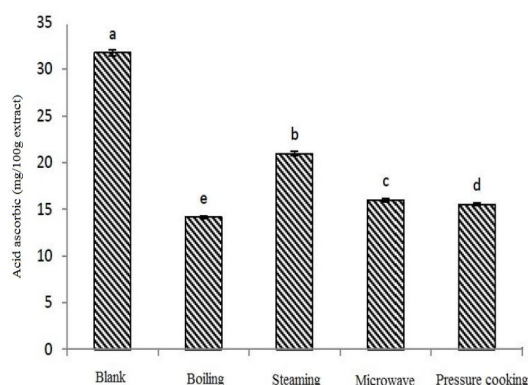


Fig 1 Effect of different cooking methods on acid ascorbic content (mg/100g extract) of turnip. Fresh turnip was used as blank. Values denoted by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۲- محتوای فنولی کل

ترکیبات فنولیک عمدتاً شامل هیدروکسی بنزوئیک اسید، هیدروکسی سینامیک اسید و فلاونولها می‌باشند [۲۰]. معادله خط رگرسیونی که رابطه غلظت اسید گالیک را با میزان جذب نشان می‌دهد به صورت ذیل می‌باشد که در این معادله Y مقدار جذب و X مقدار ترکیبات فنولی براساس میلی‌گرم اسید گالیک را مشخص می‌نماید:

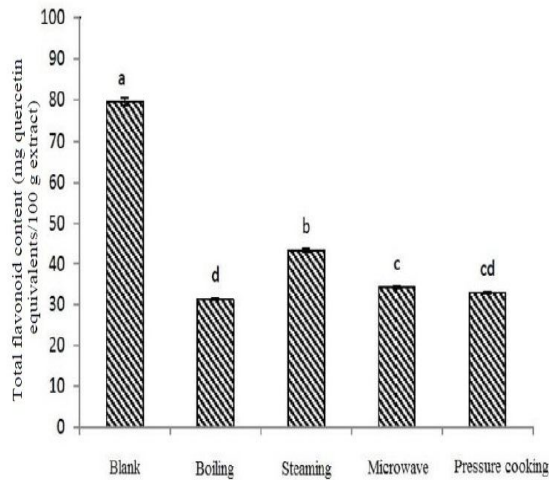


Fig 3 Effect of different cooking methods on total flavonoid content (mg quercetin equivalents/100 g extract) of turnip. Fresh turnip was used as blank. Values denoted by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۴- قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH

درصد مهار رادیکال آزاد DPPH توسط تیمارهای مختلف شلغم در غلظت‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است اعمال فرآیندهای پخت (آب پز کردن، بخارپز کردن، میکروویو و زودپز) در همه‌ی غلظت‌ها تاثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) در قدرت مهار رادیکال آزاد توسط نمونه‌های تحت فرآیند نسبت به نمونه‌ی تازه داشته و میزان فاکتور مورد نظر در نمونه‌ی تازه نسبت به نمونه‌های فرآیند شده در غلظت‌های مختلف عصاره بیشتر بود. قابل ذکر است که افزایش غلظت در تمامی نمونه‌ها باعث افزایش درصد مهار رادیکال‌های DPPH گردید. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم/لیتر، مهار رادیکال‌های آزاد توسط نمونه‌هایی که تحت فرآیند آب پز کردن، میکروویو و زودپز قرار گرفته‌اند تقریباً یکسان بود ($p > 0.05$). در غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم/لیتر درصد مهار رادیکال‌های DPPH برای نمونه تازه به ترتیب ۵۴/۵۰ و ۷۳/۲۶ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های پخته شده داشت.

۳-۳- محتوای فلاونوئیدی کل

ترکیبات عمدۀ فلاونوئیدی شلغم شامل انواع کامفرول‌ها، ایزورامنتین و کوئینیک اسید می‌باشد [۲۰]. روش‌های پخت مشابه اثرات متفاوتی بر محتوای فلاونوئیدهای مختلف حتی در یک کلاس مشابه دارد که این امر به پایداری آنها در برابر حرارت مرتبط می‌باشد [۲۰]. تغییرات میزان فلاونوئید کل شلغم طی روش‌های مختلف پخت در شکل ۳ نشان داده شده است. محتوای فلاونوئید کل نیز مانند دیگر ترکیبات (ویتامین C و محتوای فنول کل) در شلغم با اعمال فرآیند پخت (آب پز کردن، بخارپز، میکروویو و زودپز) کاهش پیدا کرد. میزان ترکیبات فلاونوئیدی کل در نمونه تازه شلغم ۷۹/۵۶ (میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم عصاره) بود که با اعمال روش‌های پخت آب پز کردن، بخارپز کردن، میکروویو و زودپز به ترتیب به ۳۱/۳۳، ۴۳/۳۶، ۳۴/۳۰ و ۳۳/۰۳ (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم عصاره) کاهش یافت ($p < 0.05$). از بین روش‌های مختلف پخت، بخارپز کردن کمترین و آب پز کردن بیشترین تاثیر منفی را بر میزان ترکیبات فلاونوئیدی شلغم داشت، روش‌های پخت میکروویو و زودپز تاثیر تقریباً یکسانی بر میزان فلاونوئید کل شلغم داشتند و هم چنین تفاوت معنی‌داری بین روش پخت زودپز با روش آب پز کردن مشاهده نشد ($p > 0.05$). به‌طور کلی از بین روش‌های پخت بررسی شده، روش بخار پز بهترین روش جهت حفظ ترکیبات فلاونوئیدی شلغم بود. فرآیند پخت باعث تغییرات قابل توجهی در میزان محتوای فنولی و فلاونوئیدی سبزیجات می‌شود که این امر به علت پایداری حرارتی کم این ترکیبات در برابر حرارت بیان می‌شود [۲۳]. مطالعه فرانچسکو و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشخص ساخت که بخارپز کردن تاثیرات کمتری در کاهش محتوای فلاونوئیدی شلغم دارد در حالی که جوشاندن موجب کاهش چشم‌گیر این ترکیبات می‌شود [۲۰]. نتایج تحقیق سان و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که آب پز کردن باعث کاهش ترکیبات فلاونوئیدی در کلم بروکلی می‌شود در حالی‌که روش‌های بخارپز کردن و میکروویو در حفظ ترکیبات فنولیک بهتر عمل می‌نمایند [۲۴].

۳-۵- قدرت احیاکنندگی یون آهن

شکل ۵ قدرت احیاکنندگی یون آهن توسط غلظت‌های مختلف تیمارها را نشان می‌دهد. قدرت احیاکنندگی همه تیمارها با افزایش میزان غلظت عصاره‌ها افزایشیافت ($p < 0.05$). نمونه تازه شلغم قدرت احیاکنندگی بیشتری نسبت به نمونه‌های فرایند شده (آب پز کردن، بخارپز، مایکروویو و زودپز) داشت به طوری که این اختلاف قدرت احیاکنندگی در همه غلظت‌ها معنی‌دار بود ($p < 0.05$). در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر نمونه تازه دارای بیشترین و نمونه آب پز شده و زود پز دارای کمترین قدرت احیاکنندگی بودند. در بین روش‌های پخت، روش پخت بخارپز و مایکروویو بیشترین قدرت احیاکنندگی را داشتند. اعمال حرارت و حساسیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به دما عامل اصلی کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شلغم طی پخت می‌باشد و دلیل افت بیشتر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روش‌های آب پز کردن و زودپز نسبت به روش‌های بخار پز و مایکروویو به دلیل انتشار ترکیبات فنولی در آب طی فرایند پخت بوده است.

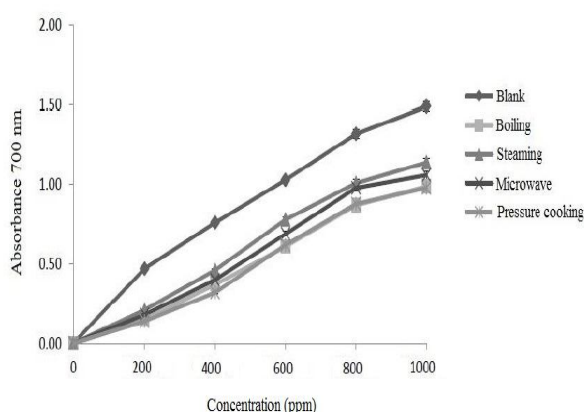


Fig 5 Effect of different cooking methods on ferric reducing power (Absorbance at 700 nm) of turnip. Fresh turnip was used as blank.

۳-۶- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

اعمال فرآیندهای پخت (آب پز کردن، بخارپز کردن، مایکروویو و زودپز) باعث کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نسبت به نمونه تازه گردید (شکل ۶). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در نمونه‌ی تازه نسبت به نمونه‌های فرایند شده بیشتر بوده و تفاوت معنی‌داری بین تمامی غلظت‌ها مشاهده شد ($p < 0.05$). در غلظت‌های ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر، کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به تیمارهایی

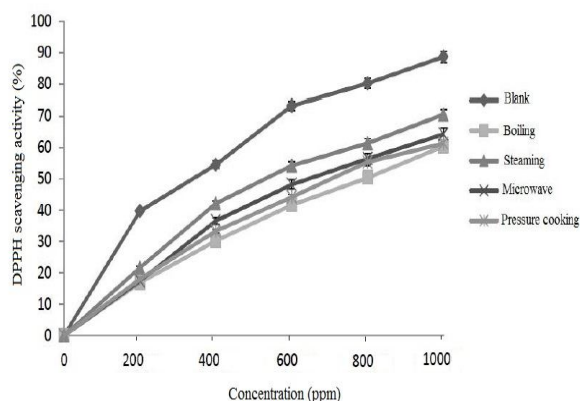


Fig 4 Effect of different cooking methods on DPPH radical scavenging activity (%) of turnip. Fresh turnip was used as blank.

جدول ۱ مقدار IC_{50} عصاره‌های مختلف را نشان می‌دهد. به‌طور کلی نتایج نشان دادند که روش بخارپز بیشترین قدرت مهار رادیکال‌های DPPH را در بین روش‌های پخت در تمامی غلظت‌ها داشت. روش‌های مایکروویو، زودپز و آب پز کردن به ترتیب بعد از روش بخارپز کردن بیشترین درصد مهار رادیکال‌های DPPH را به خود اختصاص دادند. احتمالاً حساس بودن ترکیبات فنولی از جمله فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها به حرارت دلیل اصلی کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شلغم طی روش‌های پخت بوده است. در روش بخار پز عمل نشستن مواد مغذی به داخل آب انجام نگرفته است و در نتیجه این روش بهتر و به‌طور مؤثرتری باعث حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی شلغم شده است. کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی سبزیجاتی که در معرض فرایند حرارتی قرار می‌گیرند به میزان سطح تماس آنها با آب موجود در محیط و مدت زمان فرایند بستگی دارد [۲۵].

Table 1 IC_{50}^1 ($\mu\text{g/ml}$) values of different cooked turnip samples in DPPH scavenging assay

IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)	Sample
318.40±0.81 ^a	Blank*
761.03±0.72 ^c	Boiling
518.88±0.68 ^b	Steaming
669.08±0.55 ^c	Microwave
703.09±0.77 ^d	Pressure cooking

1. The effective concentration at which DPPH radicals were scavenged by 50%.

* Fresh turnip was used as blank.

Values denoted by different letters within column are significantly different ($p < 0.05$).

اسکوربیک، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی شده و به طبع آن شلغم بخارپز شده دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به شلغم پخته شده با روش‌های دیگر بود. هم چنین، پس از روش بخار پز کردن، پخت با مایکروویو نیز روشی مناسب جهت حفظ خواص آنتی‌اکسیدانی شلغم بود. بنابراین، روش بخارپز کردن و مایکروویو جهت پخت شلغم و استفاده بهینه از ترکیبات مفید و ارزشمند این گیاه توصیه می‌گردد.

۵- منابع

- [1] Shi, H., Noguchi, N., and Niki, E. 2001. Natural antioxidants. In J. Pokorny, N. Yanishlieva, & M. Gordon (Eds.), *Antioxidants In Food Practical Application*, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England, pp: 288.
- [2] Francisco, M., Morenob, D.A., Cartea, M.E., Ferreres, F., García-Viguera, C., and Velasco, P. 2009. Simultaneous identification of glucosinolates and phenolic compounds in a representative collection of vegetable *Brassica rapa*. *J Chromatogr A*, 1216: 6611-6619.
- [3] Chung, I.M., Rekha, K., Rajakumar, G., and Thiruvengadam, M. 2016. Production of glucosinolates, phenolic compounds and associated gene expression profiles of hairy root cultures in turnip (*Brassica rapa ssp. rapa*). *3 Biotech*, 6, 175-191.
- [4] Rajic, T., and Ristic, A. 2016. Antioxidants: Role On Health And Prevention. In: B. Caballero, P. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *The Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press, pp: 4006.
- [5] Howard, L.A., Wong, A.D., Perry, A.K., and Klein, B.P. 1999. β -carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *Journal of Food Science*, 64: 929-936.
- [6] Turkmen, N., Sari, F., and Velioglu, Y.S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93: 713-718.
- [7] Shams El-Din, M.H.A., Abdel- Kader, M.M., Makhlof, S.K. and Mohamed, O.S.S. 2013. Effect of some cooking methods on natural antioxidants and their activities in some brassica vegetables. *World Applied Sciences Journal*, 26: 697-703.

بود که تحت فرآیند جوشاندن قرار گرفتند. در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر، نمونه تازه و نمونه پخته شده در آب جوش به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند. روش پخت بخارپز در تمامی غلظت‌ها بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در بین سایر روش‌ها به خود اختصاص داد و بعد از آن روش مایکروویو و در نهایت روش آب پز کردن و زودپز بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند. همچنین نتایج حاکی از آن بود که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل وابسته به غلظت بوده و با افزایش غلظت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. در روش آب پز کردن و زود پز به دلیل غوطه‌وری شلغم‌ها در آب و اعمال حرارت مستقیم بیشترین افت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در نمونه‌ها قابل مشاهده است. پودسگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که طی فرآیند پخت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سبزیجات کاهش می‌یابد و از بین روش‌های پخت مقایسه شده آب پز کردن بیشترین تاثیر را بر کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در سبزیجات بررسی شده دارد. در تحقیق حاضر نیز نتیجه‌ای مشابه حاصل گردید و آب پز کردن بیشترین کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در نمونه شلغم به خود اختصاص داد [۲۶].

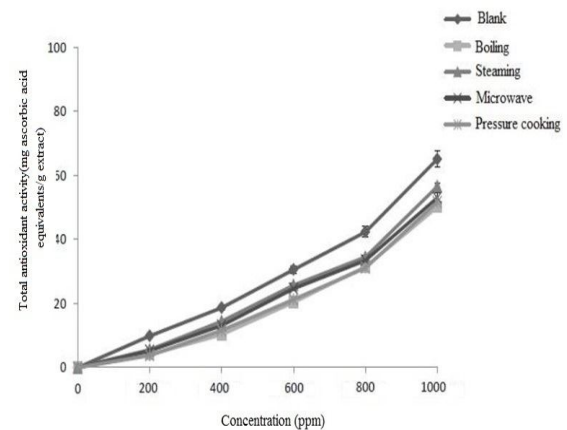


Fig 6 Effect of different cooking methods on total antioxidant activity (absorbance at 695 nm) of turnip. Fresh turnip was used as blank.

۴- نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روش‌های مختلف پخت تاثیرات بسزایی در مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدان و نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی شلغم دارد. روش بخارپز باعث حفظ بهتر اسید

- [18] Yildirim, A., Mavi, A., and Kara, A.A. 2001. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of rumex crispus L. extracts. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 49:4083-4089.
- [19] Prieto, P., Pineda, M., and Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269:337-341.
- [20] Francisco, M., Velasco, P., Moreno, D.A., García-Viguera, C., and Cartea, M.E. (2010). Cooking methods of Brassica rapa affect the preservation of glucosinolates phenolics and vitamin C. *Food Research International*, 43:1455-1463.
- [21] Raupp, D.D.S., Rodrigues, E., Rockenbach, I.I., Carbonar, A., Campos, P.F.D and 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.
- [22] Malekghasemi, A., Sadeghi Mahoonak, A.R., Ghorbani, M., Alami, M., and Maghsodlou, Y. 2014. The effect of cooking methods on the antioxidant and the Betalain pigment in Red beet. *Innovative Food Technologies*, 1(4):29-36.
- [23] Ismail, A., Marjan, Z., and Foong, C.W. 2004. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, 87:581-586.
- [24] Sun, L., Bai, X., and Zhuang, Y. 2012. Effect of different cooking methods on total phenolic contents and antioxidant activities of four Boletus mushrooms. *Journal of Food Science and Technology*, 51:3362-3368.
- [25] Zhang, J.J., Ji, R., Hu, Y.Q., Chen, J.C., and Ye, X.Q. 2011. Effect of three cooking methods on nutrient components and antioxidant capacities of bamboo shoot (*Phyllostachys praecox* C.D Chu et C.S. Chao). *Journal of Zhejiang University B*, 12:752-759.
- [26] Podsedek, A., Sosnowska, D., Redzynia, M., and Koziolkiewicz, M. 2008. Effect of domestic cooking on the red cabbage hydrophilic antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 1770-1777.
- [8] Chang, S.K., Nagendra Prasad, K., and Amin, I. 2013. Carotenoids retention in leafy vegetables based on cooking methods. *International Food Research Journal*, 20: 457-465.
- [9] Zhang, D., and Hamauzu, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88: 503-509.
- [10] Azizah, A. H., Wee, K.C., Azizah, O., and Azizah, M. 2009. Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita oshato*). *International Food Research Journal*, 16: 45-51.
- [11] Tian, J., Chen, J., Feiyan, L., Chen, S., Chen, J., Donghong, L., and Xingqian, Y. 2016. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197:1264-1270.
- [12] Juin Kao, F., Chia, Y., and Chiang, W. 2014. Effect of water cooking on antioxidant capacity of carotenoid-rich vegetables in taiwan. *Journal Of Food And Drug Analysis*, 22:202-209.
- [13] Durling, N.E., Catchpole, O.J., Grey, J.B., Webby, R.F., Mitchell, K.A., Foo, L.Y., and Perry, N.B. 2007. Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixtures. *Food Chemistry*, 101:1417-1424.
- [14] Ranganna, S. 1986. *Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products*. Tata Mcgraw-Hill, New Delhi, India, pp:1112.
- [15] Mc Donald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M., and Robards, K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry*, 73:73-84.
- [16] Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., and 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.
- [17] Shyamala, B.N., and Jamuna, P. 2010. Nutritional content and antioxidant properties of pulp waste from daucus carota and beta vulgaris. *Malaysian Journal of Nutrition*, 16:397-408.

Effect of various cooking methods on the antioxidant characteristics of turnip (*Brassica rapa*)

Arabshahi- Delouee, S. ^{1*}, Omidzadeh, N. ², Mohammadi, A. ³

1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

2. Former M.Sc. Student of Food Science and Technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

3. PhD Student of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 2017/02/16 Accepted: 2017/10/03)

Turnip (Brassica rapa) has a high health-giving properties for human. Normally, turnip is thermally treated before consumption. In this research work, the effects of various cooking methods viz., boiling, steaming, microwaving and pressure cooking on the antioxidants content (vitamin C, total phenolic and total flavonoid) and also antioxidant characteristics (DPPH radical scavenging, ferric ion reducing power and total antioxidant capacity) of tunip were investigated. Results showed that vitamin C, total phenolic and total flavonoid content of turnip decreased significantly ($P < 0.05$) during all the cooking processes. Steaming showed the lowest reduction and boiling and pressure cooking showed the highest reduction in antioxidants content as the total phenol content from 118.6 in fresh turnip decreased 95.7 in steamed turnip and less than 70mg/100g (as gallic acid equivalents) in boiled and pressure cooked samples. Various cooking processes negatively ($P < 0.05$) affected on the antioxidant characteristics of turnip as the fresh sample showed the highest activity in all the methods. There was a positive correlation between the antioxidants content and the antioxidant characteristics of processed turnip samples as the steamed sample showed the highest (88.60) and boiled sample showed the lowest (60.46) percentage inhibition of DPPH at 1000 ppm. The antioxidant activities of all the samples were concentration-dependant in all the assays. Microwave cooked and boiled samples showed the highest DPPH radical scavenging, ferric ion reducing power and total antioxidant capacity in all the concentrations used. Therefore, microwave cooking and boiling are recommended as preferable methods for cooking of turnip with regard to save the maximum amount of antioxidant components and antioxidant activities.

Key words: Antioxidant activity, Phenolic compounds, *Brassica rapa*, cooking methods

* Corresponding Author E-Mail Address: saeedeh_arabshahi@yahoo.com