مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی بادام‌هندی خام و تفت‌داده

محمد یقطینی[1]، جواد فیضی[2*]، سید عزیزالله حسینی طاهری[3]، سید عماد حسینی طاهری[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، شرکت تکچین الماس سحر (آجیل برادران حسینی)، شهرک صنعتی توس، مشهد، ایران
2- استادیار گروه ایمنی و کنترل کیفیت مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
3- کارشناسی، شرکت تکچین الماس سحر (آجیل برادران حسینی)، شهرک صنعتی توس، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: 98 /09/13 تاریخ پذیرش: 99/02/13)

چکیده

سرخ کردن و بودادن دو فرایند حرارتی معمول برای بهبود ویژگی‌های حسی آجیل‌ها هستند که متعاقباً سایر ویژگی‌های آن‌ها، از جمله خواص فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی را تغییر می‌دهند. با توجه به ارزش تغذیه‌ای آجیل‌ها بررسی این تغییرات ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی مغز بادام‌هندی خام و تفت‌داده شامل رطوبت و مواد فرار، خاکستر، چربی، پروتئین، فیبر، کربوهیدرات، پراکسید، انرژی، پروفایل اسید چرب، اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی کل و بعضی عناصر معدنی مانند پتاسیم، سدیم، آهن و کلسیم مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده بر اساس ماده خشک نشان داد که نمونه خام، دارای محتوای چربی (43/0±89/40 گرم در صد گرم)، رطوبت و مواد فرار (0/01 ± 1/64 گرم در صد گرم) و فیبر (3/0±22/08 گرم در صد گرم) بالاتری است، در حالی که نمونه تفت‌داده دارای خاکستر (عناصر معدنی) (0/07±2/76 گرم در صد گرم)، کربوهیدرات (0/10±31/44 گرم در صد گرم)، پراکسید (0/07 ± 0/91 میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن) و انرژی (1/99 ± 597/29 کیلوکالری در گرم) بیشتری است. برای بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی از آزمون‌های DPPH و FRAP استفاده شد، که هر دو آزمون در تأیید یکدیگر فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر نمونه تفت‌داده (IC_{50} برابر با 3388/6 میلی‌گرم بر لیتر و غلظت آهن II برابر با 0/15 میلی‌مولار) را نشان دادند. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت بادام‌هندی تفت‌داده شده می‌تواند به عنوان میان وعده‌ای با ارزش تغذیه‌ای بالا و چربی کم توصیه گردد.

کلید واژگان: بادام‌هندی خام، بادام‌هندی تفت‌داده، فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی

*مسئول مکاتبات: j.feizy@rifst.ac.ir

1- مقدمه

آجیل‌ها به دلیل داشتن انرژی بالا، تنوع زیاد، ارزش غذایی و طعم‌های بی‌نظیر، قرن‌هاست در رژیم غذایی بسیاری از فرهنگ‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند. از دلایل مصرف آجیل‌های درختی در طی سال‌های گذشته دارا بودن مزیت‌های فراوان برای سلامتی به دلیل ترکیب غذایی خاص آن است. آجیل‌های درختی حاوی مقدار بالایی اسیدهای چرب غیراشباع هستند که با تنوع زیادی از ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آمینه، فیتوسترول‌ها و مقادیر زیادی فیبر همراه است. گنجانیدن مصرف آجیل در رژیم غذایی، تنها به دلیل کاهش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی و مرگ و میر [1]، خصوصاً سکته مغزی [2] نیست، بلکه باعث کاهش خطر سندرم متابولیک [3] و دیابت [4] نیز می‌شود. علاوه بر این، مصرف آجیل دارای مزایای دیگری مانند بهبود سلامت روان [5]، افزایش تراکم مواد معدنی استخوان [6] و کاهش خطر ابتلا به افسردگی [7] نیز می‌باشد. مصرف طولانی مدت آن نیز باعث کاهش خطر افزایش وزن و چاقی می‌شود [8]. مطالعات اخیر روی آزمایشات بالینی نشان داده است که ارتباطی بین مصرف آجیل و افزایش وزن وجود ندارد [9]. علاوه بر این، اضافه کردن بادام‌هندی به رژیم غذایی در مورد افراد مبتلا به سندروم متابولیک منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود [10]. بررسی مزایای افزودن آجیل به یک رژیم سالم نسبت به یک رژیم کم‌چربی توسط استراچ[1] و همکاران در سال 2013 [2] نشان داد، احتمال بروز حوادث عمده قلبی، عروقی و مرگ و میر در افرادی که رژیم مدیترانه‌ای را با مصرف روزانه یک مشت آجیل همراه کرده‌اند، نسبت به کسانی که رژیم غذایی کم چربی را استفاده می‌کنند 30% کمتر است. در بین آجیل‌های درختی، بادام‌هندی با متوسط تولید جهانی 547/371 تن در 10 سال گذشته و روند افزایشی مداوم، رتبه سوم تولید جهانی را دارد. این درخت در قرن شانزدهم توسط پرتغالی‌ها به هند و آفریقا معرفی و از طریق هند، در سرتاسر جنوب شرقی آسیا گسترش یافت. امروزه هندوستان بزرگ‌ترین صادرکننده بادام‌هندی به کشورهایی نظیر ایالات‌متحده آمریکا، ایتالیا، ایران، اتریش و سنگاپور است. در سال 2014، تولید کل مغز بادام‌هندی به 629/668 تن رسید که هند با تولید 164/286 تن رتبه اول، ویتنام با تولید 119/048تن رتبه دوم، ساحل‌عاج با تولید 109/583تن رتبه سوم، گینه بیسائو با تولید48/300 تن رتبه چهارم و تانزانیا با تولید 35/200 تن رتبه پنجم را داشتند [11]. با توجه به اینکه درخت بادام‌هندی در داخل کشور کاشته نمی‌شود و ایران نقشی در تولید جهانی آن ندارد، در مقالات و آمارنامه‌ها نامی از ایران در رده‌بندی تولید جهانی این محصول برده نشده است.

بادام‌هندی با نام علمی *آناکاردیم اکسیدنتال ال*[2]. از خانواده آناکاردیاسه[3] درختی همیشه سبز و بومی شمال شرقی برزیل است که به طور خودجوش در کشورهای آمریکای جنوبی گسترش یافته است [12]. این درخت میوه‌ای نرم، براق، خوشمزه و گلابی شکل تولید می‌کند که به سیب بادام‌هندی معروف است و در انتهای خود یک آجیل تک‌دانه‌ای با پوشش خاکستری سخت دارد که میوه‌های حقیقی بادام‌هندی هستند و در اصطلاح گیاه‌شناسی میوه خشک یا آجیلی نامیده می‌شوند. این میوه زیر دم میوه گلابی شکل رشد می‌کند و به‌صورت زنگوله‌ای به آن می‌چسبد. از آنجایی که بادام‌هندی یک گیاه گرمسیری و منطقه‌ای است، از بسیاری از قسمت‌های درخت آن استفاده‌های متفاوت خوراکی و غیرخوراکی می‌شود. قسمت‌هایی که به‌عنوان خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند سیب بادام‌هندی و آجیل آن است. زمانی که میوه بادام‌هندی کاملاً رسیده باشد، می‌تواند به صورت خام، مربا یا آب میوه‌هایی که در تولید نوشیدنی‌ها به کار می‌روند استفاده شود [13]. بادام‌هندی نوعی میان وعده محبوب است و طعم خوشایند آن باعث می‌شود که به‌صورت خام، تفت‌داده، نمکی، شکری، یا پوشانده شده با روکشی از شکلات استفاده شود [14]. از پودر آجیل بادام‌هندی به همراه پوره سیب‌زمینی برای تهیه نوعی کیک در موزامبو و آفریقای جنوبی استفاده می‌شود، و بنابراین از آن در قنادی و نانوایی هم می‌توان استفاده کرد. پوسته بادام‌هندی دارای ترکیبات سمی است که از مغز خوراکی آن در برابر حشرات در طول رشد آن محافظت می‌کند به همین دلیل بادام‌هندی همراه با پوسته فروخته نمی‌شود [15]. عصاره‌ی

1. Estruch

2. Anacardiumoccidentale L.
3. Anacardiaceae

این پوسته فعالیت آنتی باکتریایی خوبی علیه اشرشیاکلای و سودوموناس دارد [16]. فعالیت آنتی باکتریایی میوه بادام‌هندی علیه باکتری هلیکوباکترپیلوری که عامل زخم معده است نیز گزارش شده است. به دلیل محتوای بالای ویتامین C و نمک‌های معدنی میوه بادام‌هندی، از آن برای پوست و محصولات پوستی مانند انواع ماسک‌های صورت نیز استفاده می‌شود [17]. بادام‌هندی منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌ها خصوصاً آلکیل فنول‌هاست [18].

با وجود این که بادام‌هندی در رتبه سوم تولید جهانی قرار دارد و از آجیل‌های محبوب در بین مردم محسوب می‌شود، تحقیقات نسبتاً کمی روی آن انجام شده است. هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه خواص بادام‌هندی خام و تفت‌داده، جهت بررسی اثرات حرارتی که در مرحله تفت دادن روی آن اعمال می‌شود است. نتایج این تحقیق باعث بالا بردن آگاهی ما درباره نوع و میزان تغییراتی است که حرارت‌دهی روی بادام‌هندی دارد و در صورتی که افت خواص در اثر حرارت‌دهی قابل توجه باشد افزودن ترکیباتی در حین حرارت‌دهی جهت جبران افت ایجاد شده در خواص و یا پیشنهاد فرایند بهینه حرارت‌دهی می‌تواند موضوعی جهت بررسی‌های بیشتر باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1 مواد شیمیایی و واکنش‌گرها

سولفات آهن، یدید پتاسیم، استات سدیم، تیوسیانات آمونیوم، هیدروکسید پتاسیم و کلرید آهن استفاده شده از شرکت مرک آلمان و DPPH و TPTZ از شرکت سیگما آمریکا خریداری شدند. سایر مواد استفاده شده در این پژوهش اعم از آب مقطر، کلیه حلال‌ها و اسید و بازها دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند. نمونه‌های بادام‌هندی خام و تفت‌داده مورد نیاز برای این تحقیق، توسط کارخانه تکچین الماس سحر (آجیل برادران حسینی) واقع در شهرک صنعتی توس- مشهد تأمین، وجهت انجام آزمون‌های مورد نظر به آزمایشگاه مرکزی موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی فرستاده شد.

2-2 دستگاهوری

در این تحقیق از دستگاه جذب اتمی مدل SensAA DUAL (GBC Scientific Equipment) برای اندازه‌گیری فلزات، اسپکتروفوتومتر مدل DR 5000 (HACH LANGE) برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پراکسید و کجلدال مدل BUCHI 322 برای اندازه‌گیری پروتئین استفاده شده است.

آنالیز کروماتوگرافی گازی متیل استرهای اسید چرب توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی ساخت شرکت Agilent مدل 7890 مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای انجام شد. از ستون مویینه BPX-70 با مشخصات طول 120 متر، قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن 0/25 میکرومتر استفاده شد. دمای محل تزریق 250 درجه سانتی‌گراد، دمای آشکارساز 300 درجه سانتی‌گراد و دمای آون به‌صورت ایزوترمال در 198 درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. گاز حامل نیتروژن با خلوص بالا و سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه بود. حجم نمونه تزریق شده یک میکرولیتر با اسپلیت 1:100 بود. از نرم‌افزار Chemstation برای پردازش داده‌ها استفاده شد.

2-3 فرآیند حرارتی تفت‌دادن بادام‌هندی

فرایند تفت دادن یا بو دادن بادام‌هندی مورد استفاده در این تحقیق، صرفاً با استفاده از جریان هوای داغ و بدون هیچ گونه افزودنی انجام شده است. در این دستگاه بادام‌هندی خام توسط نوار نقاله با قطر 55 میلی‌متر به قسمت حرارتی دستگاه انتقال پیدا می‌کند، و پس از عبور از سه ناحیه دمایی 145 درجه سانتی‌گراد با سرعت 55 دور بر ساعت در مدت 23 دقیقه، از دستگاه خارج می‌شود.

2-4 آماده‌سازی نمونه

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، پروفایل اسیدچرب، عناصر معدنی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی کل، یک کیلوگرم از هر نمونه آسیاب شده، و پودر آن‌ها پس از عبور از الک با چشمه 500 میکرومتر، در یخچال با دمای 4 درجه سانتی‌گراد و به صورت محافظت شده از نور، تا زمان انجام آزمون نگهداری شد.

5-2 روش‌های آزمون

1-5-2 رطوبت و مواد فرار

به کاهش جرم حاصل از حرارت دادن مغز خشکبار پودر شده، رطوبت و مواد فرار گفته می‌شود. برای اندازه‌گیری رطوبت و مواد فرار، دو گرم از هر نمونه درون پلیتی که رطوبت آن گرفته شده و به وزن ثابت رسیده است، به مدت سه ساعت درون آون با دمای 2 ± 105 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد [19].

2-5-2 خاکستر

به باقیمانده مواد غیر قابل احتراق پس از سوزاندن در کوره، خاکستر گفته می‌شود. برای انجام آزمون، ابتدا کروزه حاوی نمونه آسیاب شده زیر هود آزمایشگاهی و روی چراغ سوزانده شد. پایان این مرحله زمانی است که دودی از نمونه خارج نشود. سوختن مواد تا احتراق کامل فرآورده، در کوره 550 درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت ادامه پیدا می‌کند، طوری که ذرات سیاه کربن مشاهده نشود. زمانی که فرایند سوختن در کوره کامل شد، بوته از کوره خارج و تا زمان سرد شدن در دسیکاتور قرار داده شد [19].

3-5-2 اندازه‌گیری چربی

چربی کل عبارت است از کل مواد استخراج شده به وسیله هگزان، که در این پژوهش برای اندازه‌گیری آن از روش ذکر شده در استاندارد ملی ایران شماره 2862 [20] استفاده شد. اصول روش شامل هیدرولیز نمونه مورد آزمایش به وسیله اسیدکلریدریک در حضور الکل اتیلیک و اسید فرمیک می‌باشد. چربی آزاد شده را به وسیله هگزان استخراج نموده و پس از تبخیر حلال، باقی‌مانده حاصل چربی کل موجود در نمونه خواهد بود.

4-5-2 پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین به روش کجلدال و با ضرب محتوای نیتروژن (N_2) در عدد 6/25 محاسبه شد. در این روش نمونه با استفاده از اسیدسولفوریک در حضور کاتالیزور، هضم می‌شود. حاصل واکنش هضم، قلیایی شده و سپس تقطیر می‌شود. آمونیاک آزاد شده در محلول اسیدبوریک، جمع‌آوری و با محلول اسیدسولفوریک، عیارسنجی می‌شود. میزان نیتروژن اندازه‌گیری و مقدار پروتئین خام محاسبه می‌شود [11].

5-5-2 فیبر خام

به کل موادی که در برابر هیدرولیز مقاوم و نامحلول بوده و قابلیت سوختن دارند فیبر خام گفته می‌شود. برای اندازه‌گیری درصد وزنی فیبر خام، از نمونه چربی‌زدائی شده استفاده شد. سپس جهت هضم، با 50 میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید (محلول آبی 1/25 درصد) به مدت 30 دقیقه جوشانده شده، باقیمانده نامحلول به وسیله صاف کردن جداسازی شد و پس از شستشو با آب داغ، با 50 میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید (محلول آبی 1/25 درصد) به مدت 30 دقیقه جوشانده شد. سپس جداسازی، شستشو، خشک کردن و توزین باقیمانده نامحلول برای اندازه‌گیری کاهش جرم در اثر سوزاندن در کوره 550 درجه سانتی‌گراد انجام شد [11].

6-5-2 عدد پراکسید

0/2 گرم نمونه روغن با 9/8 میلی‌لیتر محلول کلروفرم: متانول (3 :7 حجمی/ حجمی) مخلوط شده و به آن 50 میکرولیتر محلول تیوسیانات آمونیوم (محلول آبی 30 درصد) اضافه شد. مخلوط چند ثانیه هم زده شده سپس 50 میکرولیتر محلول آهن II به آن اضافه شد. پس از 5 دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج 500 نانومتر در برابر شاهد (حاوی همه معرف‌ها جز نمونه) با دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. تمام مراحل آزمایش در مدت 10 دقیقه انجام گرفت. از محلول آهن III (شامل 1 تا 40 میکروگرم در میلی‌لیتر) به عنوان استاندارد استفاده شد. منحنی استاندارد رسم و نتایج بر اساس میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم گزارش شد [21].

7-5-2 کربوهیدرات

محتوای کربوهیدرات به روش محاسباتی و با کسر عدد 100 از مجموع فیبر، رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین به دست آمد [19].

2-5-8- انرژی

با توجه به اینکه هر گرم کربوهیدرات و پروتئین 4 کیلوکالری، و هر گرم چربی 9 کیلوکالری انرژی تولید می‌کند، مقدار انرژی نمونه‌ها به روش محاسباتی به دست آمد [19].

2-5-9 شناسایی و اندازه‌گیری اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب روغن مغز نمونه‌های بادام‌هندی با استفاده از روش آزمون استاندارد ملی شماره 4091 تعیین شد [22]. برای شناسایی اسیدهای چرب، روغن استخراج شده از نمونه توسط ترانس استریفیکاسیون با استفاده از محلول هیدروکسید پتاسیم متانولی به صورت متیل استرهای اسید چرب درآمد. سپس یک میکرولیتر از فاز رویی (هگزان) به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد.

2-5-10- عناصر معدنی

اندازه‌گیری فلزات پتاسیم، سدیم، آهن و کلسیم نمونه‌ها با اسپکتروسکوپی جذب اتمی شعله انجام شد. یک گرم نمونه پس از سوزاندن اولیه روی شعله، به مدت 5 ساعت داخل کوره با دمای 550 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، تا زمانی که خاکستر سفید رنگ با وزن ثابت به دست آمد. استخراج فلزات مورد نظر با اضافه کردن 20 میلی‌لیتر اسیدکلریدریک 2/5 درصد (وزنی/حجمی) و حرارت‌دهی داخل حمام آب تا کم شدن حجم اسید و رسیدن آن به 7 میلی‌لیتر انجام شد. نمونه‌ها صاف شده و با آب دیونیزه به حجم 50 میلی‌لیتر رسانده شدند و تا زمان اندازه‌گیری در ظروف درب‌دار و تمیز پلی‌اتیلن نگهداری شدند [15].

2-5-11- اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی

2-5-11-1- استخراج عصاره متانولی مغز بادام‌هندی

برای اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی، ابتدا عصاره‌ی متانولی مغز بادام‌هندی پودر شده استخراج شد. برای این کار 5 گرم از پودر نمونه، به مدت 24 ساعت در 100 میلی‌لیتر متانول آبی 80% و دمای 35 درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. بعد از استخراج، عصاره با چندین لایه کاغذ صافی، صاف شده و سپس به مدت 10 دقیقه سانتریفیوژ شد. قسمت صاف و شفاف محلول جداسازی شده و سپس تا نزدیک خشک شدن با دستگاه روتاری تبخیر شد. این عصاره تا زمان انجام آزمون در ظرف دربسته و دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [23]. خصوصیات آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی حاصل، با قدرت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد مانند DPPH، و میزان قدرت احیاء کنندگی به روش FRAP[4] انجام شد.

2-5-11-2- ارزیابی توانایی مهار رادیکال آزاد DPPH

رادیکال DPPH خاصیت چربی‌دوستی دارد و می‌تواند آغازگر بسیاری از واکنش‌های زنجیره‌ای پراکسیداسیون لیپیدها باشد. این رادیکال دارای حداکثر جذب در طول موج 517 نانومتر است. اما پس از واکنش با آنتی‌اکسیدان‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای جذب آن کاهش می‌یابد. قدرت آنتی‌اکسیدانی به درصد کاهش رنگ ارغوانی تیره اولیه به رنگ زرد بستگی دارد. در این روش، 2 میلی‌لیتر از غلظت‌های مختلف عصاره متانولی بادام‌هندی (1000، 1500، 2000، 2500، 3000، 3500 میلی‌گرم بر لیتر) در متانول، با 2 میلی‌لیتر از محلول متانولی DPPH با غلظت 40 میلی‌گرم بر لیتر مخلوط شده و به مدت 30 دقیقه در تاریکی و دمای آزمایشگاه انکوبه شد. پس از این زمان، جذب مخلوط‌ها در طول موج 517 نانومتر در مقابل بلانک (2 میلی‌لیتر متانول+ 2 میلی‌لیتر DPPH) قرائت شد. سپس مقدار IC_{50} " غلظتی از هر عصاره که مورد نیاز است تا 50 درصد رادیکال‌های آزاد DPPH مهار گردد" با استفاده از رگرسیون خطی نمودار درصد بازدارندگی بر حسب غلظت عصاره متانولی نمونه مورد محاسبه قرار گرفت [24].

2-5-11-3- اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش FRAP

فعالیت آنتی‌اکسیدانی تام عصاره به روش FRAP نیز اندازه‌گیری شد. برای این منظور محلول استاندارد سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$) با غلظت‌های 0/1، 0/2، 0/4، 0/6، 0/8 و 1 میلی مولار) و محلول کاریFRAP (شامل بافر استات سدیم 300 میلی‌مولار با pH= 3/6، محلول (2,4,6-Tri-Pyridyl-S-Triazine) TPTZ 10میلی‌مولار، و کلرید آهن 20 میلی-مولار به ترتیب با نسبت 1:1:10) تهیه شد. روش FRAP، روشی مبتنی بر توانایی آنتی‌اکسیدان‌ها در کاهش Fe^{3+} به Fe^{2+}

4. Ferric Reduciung of Antioxidants Power

در حضور TPTZ است، که کمپلکس آبی تیره Fe^{2+}–TPTZ که دارای جذب حداکثری در 593 نانومتر است را تشکیل می-دهد. بعد از آماده‌سازی محلول‌ها، داخل هر لوله آزمایش 3 میلی-لیتر محلول FRAP اضافه شد. سپس 0/1 میلی‌لیتر از عصاره متانولی نمونه با غلظت مشخص، محلول استاندارد و آب مقطر به هر یک از لوله‌های آزمایش مربوطه اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت 10 دقیقه در انکوباتور 37 درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج 593 نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در مقابل بلانک قرائت شد. منحنی کالیبراسیون استاندارد سولفات آهن (0/1 تا 1 میلی‌مولار) در آب مقطر رسم شد. قدرت آنتی‌اکسیدانی بر پایه توانایی کاهش یون‌های آهن نمونه، از منحنی کالیبراسیون خطی محاسبه و به صورت غلظت $FeSO_4$ معادل گرم عصاره بیان شد [23].

6-2 تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش از نرم‌افزار اکسل 2013 جهت تجزیه و تحلیل‌های آماری نتایج استفاده شد. مقایسه نتایج حاصل از آزمون نمونه‌ها در این پژوهش با استفاده از آنالیز آماری T- test در سطح اطمینان 95 درصد انجام شد. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند.

3- بحث و نتیجه‌گیری

3-1- بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه بادامهندی خام و تفت-داده در جدول 1 نشان داده شده است. طبق نتایج به دست آمده، محتوای رطوبت و مواد فرار نمونه‌های مغز بادامهندی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند و از 0/25 گرم در صد گرم در نمونه تفت‌داده تا 1/64 گرم در صد گرم در نمونه خام تغییر می‌کند. فرایند تفت دادن باعث می‌شود نمونه تفت‌داده محتوای رطوبت کمتری نسبت به نمونه خام داشته باشد. مقادیر خاکستر برای نمونه‌های خام و تفت‌داده به ترتیب برابر با 2/38 و2/76 گرم در صد گرم بود که از مقادیر گزارش شده برای جوز هندی آفریقایی (2/27 گرم در صد گرم) [25]، ارزن پوست کنده (1/8 گرم در صد گرم) و کینوا[5] (1/2 گرم در صد گرم) [26] بیشتر است، اما از کنجد[6] و مقادیر گزارش شده توسط آرمو[7] و همکاران (2006) [27] و وینسنت[8] و همکاران (2009) [28] برای آرد مغز بادامهندی خام (4/4 گرم در صد گرم) و تفت‌داده (4/41 گرم در صد گرم) کمتر است. با توجه به اینکه مقدار خاکستر نمونه‌ها بیانگر میزان مواد معدنی آن‌ها است [29]، و در نظر گرفتن اینکه فرآیند تفت دادن بادام هندی بدون هیچ گونه افزودنی و صرفاً با اعمال حرارت انجام شده است، بالاتر بودن محتوای مواد معدنی نمونه تفت‌داده نسبت به نمونه خام به دلیل رطوبت پایین‌تر آن است. چربی‌ها از مؤلفه‌های اصلی تمام مغزهای خوراکی و ذخیره کننده انرژی برای دانه‌های گیاه هستند [30]. میزان چربی برای نمونه خام 43/89 و برای نمونه تفت‌داده 42/81 گرم در صد گرم بود. تفاوت ایجاد شده در مقدار چربی بر اثر فرآیند حرارتی هر چند زیاد نبود ولی معنی‌دار بود. تحقیقات انجام شده روی آجیل‌های مختلف جهت بررسی اثر حرارت‌دهی بر مقدار چربی نتایج متفاوتی نشان داده است. به عنوان مثال تحقیقی که توسط اوزلو[9] و ازجان[10] در سال 2019 در ترکیه روی تأثیرات سطوح مختلف حرارت‌دهی در توان‌های180، 360، 540 و 720 وات به‌وسیله یک آون مایکروویو روی ویژگی‌های بادامهندی انجام شد، نشان داد گرم کردن در 180 و360 وات باعث افزایش میزان چربی استخراجی و پس از آن با افزایش توان تا 720 وات باعث کاهش میزان چربی شد [31]. در آزمایش دیگری که توسط اُگونگبنله[11] و آفُلایان[12] در سال 2015 انجام شد، مقدار چربی بادامهندی خام 42/90 گرم در صد گرم بود [32] که با میزان چربی در نمونه تف داده تحقیق ما همخوانی دارد. افزایش مقدار چربی آجیل‌ها در اثر حرارت ممکن است به دلیل واسرشتن[13] پروتئین‌ها و یا آسیب به غشای سلولی باشد که این تخریب منجر به استخراج بالای روغن می‌شود [33]. نتایج تحقیق دیگری که در سال 2016 توسط اُرهوبا[14] و یوسوف[15] در نیجریه، روی تأثیر دمای حرارت‌دهی بر روی ویژگی‌های تغذیه‌ای بادامهندی در سه

5. Quinoa

6. benniseed
7. Aremu
8.Vincent
9. Uslu
10. Ozcan
11. Ogungbenle
12. Afolayan
13. Denaturation
14. Orhevba
15. Yusuf

دمای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد انجام شد نشان داد، با افزایش حرارت‌دهی میزان چربی استخراجی کاهش پیدا می‌کند و مقدار چربی به عنوان تابعی از رطوبت بیان شد، به این ترتیب که با افزایش حرارت در فرایند تفت دادن، مقدار رطوبت کاهش یافته و متعاقباً چربی استخراجی نیز کاهش می‌یابد [34]. با توجه به قرابت دمایی که برای تفت دادن نمونه‌ها در این تحقیق استفاده شده است و دمای مورد استفاده در تحقیق اُرهوبا و یوسوف، و نتایج مشابهی که دمای حرارت‌دهی در مقدار چربی نمونه تفت‌داده ایجاد کرده است، نتایج تحقیق اُرهوبا و یوسوف می‌تواند تأییدی برای نتایج این تحقیق محسوب شود. به طور کلی می‌توان گفت تفاوتی که فرایند حرارت‌دهی در مقدار چربی استخراجی بادام‌هندی خام و تفت‌داده ایجاد می‌کند تا حد زیادی بستگی به دمای اعمال شده، نوع حرارت‌دهی و نوع نمونه دارد. بادام‌هندی چربی کمتری نسبت به سایر آجیل‌ها دارد. بر اساس گزارشات ارائه شده در مقالات فندق، گردو، آجیل برزیلی، هسته کاج و پسته حداقل 60 گرم در صد گرم چربی دارند، تنها بادام‌زمینی با 42 گرم در صد گرم چربی، سطح چربی کمتری نسبت به بادام‌هندی اندازه‌گیری شده در این تحقیق دارد [35]. پروتئین اندازه‌گیری شده برای هر دو نمونه بادام‌هندی برابر با 21/56 گرم در صد گرم بود و حرارت دهی موجب تخریب پروتئین‌ها نشده بود. بادام‌هندی و بعد از آن بادام و پسته (21 گرم در صد گرم) بالاترین میزان پروتئین را در بین آجیل‌های درختی دارا هستند. بالا بودن محتوای پروتئین آجیل‌ها نشان دهنده ارزش بیولوژیکی بالای آن‌ها است [36]. مقدار فیبر برای نمونه خام 3/22 و تفت‌داده 1/18 گرم در صد گرم اندازه‌گیری شد. بیشتر بودن مقدار فیبر نمونه خام نسبت به تفت‌داده در تحقیق حاضر با تحقیقی که در سال 2019 توسط تانسیل[16] بر روی فندق انجام شد مطابقت دارد. با توجه به اینکه قسمت عمده فیبر نمونه‌ها از سلولز، پلی‌ساکاریدها و زایلوگلوکان‌ها تشکیل شده است، به نظر می‌رسد تفاوت مقدار فیبر در دو نمونه، به دلیل از بین رفتن کسری از پلی ساکاریدهای نمونه تفت‌داده در طی فرآیند حرارتی اعمال شده باشد [37]. مقدار فیبر بادام‌هندی از مقادیر گزارش شده برای بادام‌زمینی بیشتر است و می‌تواند به عنوان منبع خوبی از فیبر در رژیم غذایی لحاظ گردد. نظریاتی در مورد گنجاندن آرد مغز بادام‌هندی در محصولات میان وعده وجود دارد. بر اساس تحقیقات آرمو و همکاران (2006) رژیم‌های غذایی با فیبر کم از این لحاظ که می‌توانند باعث تشدید یبوست و بیماری‌های روده بزرگ مانند آپاندیست و سرطان شوند مناسب نیستند [27].

به دلیل اهمیت اکسیداسیون چربی‌ها در ایجاد بدطعمی در مواد غذایی، این پدیده به طور گسترده‌ای مورد تحقیق قرار گرفته است. هیدروپراکسیدهای تولید شده در جریان اکسیداسیون اساساً موادی ناپایدار و فاقد مزه و بو هستند که تحت اثر عواملی چون ترکیب اسید چرب، حرارت، اکسیژن، رطوبت و نور خیلی زود تجزیه می‌شوند. ترکیبات حاصل از اکسیداسیون بر طعم روغن‌ها اثر می‌گذارند و چنان چه اکسیداسیون در سطح پیشرفته‌ای صورت گرفته باشد، آن‌ها را غیرقابل مصرف می‌کند. به طور کلی بدطعمی روغن‌ها، مرتبط با میزان پراکسید آن‌ها است [38]. اندازه‌گیری عدد پراکسید نشان داد نمونه خام نسبت به تفت‌داده شاخص پراکسید پایین‌تری دارد. نتایج تحقیق حاضر با تحقیقی که در سال 2017 توسط شفیعی[17] و همکاران بر روی فندق انجام شد مطابقت دارد [39]. محتوای کربوهیدرات، برای نمونه خام 27/31 و تفت‌داده 31/44 گرم در صد گرم بود که با پژوهش انجام شده مشابه توسط گریفین[18] و دین[19] [40] بر روی بادام‌هندی مطابقت دارد. در این تحقیق مقدار کربوهیدرات برای بادام‌هندی خام 29/8 و تفت‌داده 31 گرم در صد گرم بوده است. بر اساس گزارش‌های انجام شده بادام‌هندی نسبت به سایر آجیل-ها کربوهیدرات بیشتری دارد. میانگین میزان کربوهیدرات در آجیل‌های درختی تفت‌داده شده برابر با 19/6 گرم درصد گرم است که از 7/8 گرم در صد گرم در ماکادامیا تا 29/9 گرم در صد گرم در بادام‌هندی تغییر می‌کند [36]. مقدار انرژی نمونه خام و تفت‌داده به ترتیب 590/49 و 597/29 کیلوکالری بر گرم محاسبه شد. بنابراین مغز بادام‌هندی منبع غنی از انرژی است و می‌تواند برای تأمین انرژی روزانه مورد نیاز بدن مورد استفاده قرار گیرد. مقدار بالای انرژی بادام‌هندی در مقایسه با سایر مواد غذایی می‌تواند به دلیل بالا بودن مقادیر چربی، پروتئین و کربوهیدرات باشد.

16. Tunçil

17. Shafiei
18. Griffin
19. Dean

Table 1 The mean results of physicochemical properties of raw and roasted cashew nut based on dry matter (test result ± standard deviation, n=3)

Parameter	Raw	Roasted
Moisture (g/100g)	1.64± 0.01[a]	0.25± 0.01[b]
Total Ash (g/100g)	2.38± 0.06[a]	2.76± 0.07[b]
Total Fat (g/100g)	43.89± 0.40[a]	42.81± 0.50[b]
Total Protein (g/100g)	21.56± 0.08[a]	21.56± 0.07[a]
Total Fiber (g/100g)	3.22± 0.08[a]	1.18± 0.05[b]
Total Carbohydrate (g/100g)	27.31± 0.70[a]	31.44± 0.10[b]
Peroxide (mEq O_2/kg of oil)	0.21± 0.08[a]	0.91± 0.07[b]
Energy (Kcal/g)	590.49± 1.2[a]	597.29± 1.99[b]

2-3 تعیین ترکیب اسیدهای چرب

پالمتیک اسید (C16:0) و استئاریک اسید (C18:0) شاخص‌ترین اسیدهای چرب در آجیل‌ها هستند. همان‌طور که در جدول 2 دیده می‌شود اسید چرب تک غیراشباع غالب، اولئیک اسید (C18:1) و اسید چرب چند غیراشباع غالب، لینولئیک اسید (C18:2) است. قسمت عمده پروفایل اسید چرب روغن نمونه‌ها از اولئیک، لینولئیک، پالمیتیک و استئاریک اسید تشکیل شده بود که مقادیر آن‌ها برای نمونه خام و تفت‌داده به ترتیب از 62/5 تا 60/7، 18/3 تا 17/6، 6/3 تا 9/8 و 9/5 تا 11 گرم در صد گرم تغییر می‌کرد. بررسی‌های آماری نتایج نشان داد فرایند حرارتی اعمال شده تفاوت معنی‌داری بین پروفایل اسید چرب نمونه‌های خام و تفت داده ایجاد نکرده است و به نظر می‌رسد دلیل تفاوت جزئی ایجاد شده اکسیداسیون اسیدهای چرب طی فرایند حرارت دهی باشد. بیشترین تفاوت در اسیدهای چرب غیر اشباع و کمترین تفاوت در اسیدهای چرب اشباع دیده می‌شود. زیرا نداشتن پیوند دوگانه از آن‌ها در برابر اکسیداسیون محافظت می‌کند و بنابراین طی فرآیند حرارت دهی تغییر چندانی نمی‌کنند [41]. نتایج تحقیق ما از نظر نوع اسیدهای چرب شاخص در پروفایل اسید چرب و معنی‌دار نبودن تفاوت مقادیر اسیدهای چرب در نمونه‌های خام و تفت‌داده با نتایج سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه انطباق کامل دارد [31, 40, 42]. پروفایل اسید چرب نمونه‌های بادام‌هندی آنالیز شده در پژوهش حاضر با سایر آجیل‌ها از جمله بادام‌زمینی مطابقت دارد [35]. مطالعات انجام شده بر روی سایر آجیل‌ها نشان می‌دهد سطح اسیدهای چرب اشباع‌نشده آن‌ها در مقایسه با بادام‌هندی بسیار بالاتر است. بر اساس جدول 2 روغن بادام‌هندی 60 گرم در صد گرم اولئیک اسید و 17 گرم در صد گرم لینولئیک اسید دارد، در حالی که تحقیقات انجام شده روی سایر آجیل‌ها نشان داده است روغن بادام و فندق به ترتیب 69 و 79 گرم در صد گرم اولئیک اسید و روغن بادام‌زمینی و گردو به ترتیب 44 و 57 گرم در صد گرم لینولئیک اسید دارند [43]. با وجودی که بادام‌هندی در مقایسه با سایر آجیل‌های درختی سطح اسید چرب اشباع‌نشده‌ی پایین‌تری دارد، مصرف آن همچنان می‌تواند ریسک ابتلا به بیماری‌های عروقی را کاهش دهد و غالب اسیدهای چرب موجود در بادام‌هندی آن‌هایی هستند که می‌توانند کلسترول LDL را کاهش دهند [44].

Table 2 Fatty acid profile of cashew nuts oil (test result ± standard deviation, n=3)

Fatty Acid (%)	Raw	Roasted
C12:0	0.02 ± 0.004[a]	0.06 ± 0.003[a]
C14:0	0.09 ± 0.005[a]	0.4 ± 0.45[a]
C16:0	6.3 ± 1.1[a]	9.8 ± 0.75[a]
C16:1	0.3 ± 0.07[a]	0.5 ± 0.09[a]
C17:0	0.1 ± 0.04[a]	0.2 ± 0.07[a]
C17:1	0.05 ± 0.005[a]	0.1 ± 0.04[a]
C18:0	9.5 ± 1.26[a]	11 ± 0.51[a]
C18:1t	ND	0.06 ± 0.008
C18:1c	62.5 ± 1.65[a]	60.7 ± 3.05[a]
C18:2t	0.02 ± 0.006	ND
C18:2c	18.3 ± 1.16[a]	17.6 ± 1.12[a]
C18:3	0.2 ± 0.04[a]	0.1 ± 0.05[a]
C20:0	0.3 ± 0.04[a]	0.4 ± 0.06[a]
C20:1	0.4 ± 0.08[a]	0.3 ± 0.09[a]
C22:0	0.02 ± 0.004	ND
C24:0	0.09 ± 0.002[a]	0.07 ± 0.009[a]

2-3- عناصر معدنی

در جدول 3، مقادیر اندازه‌گیری شده برای فلزات بادام‌هندی نشان داده شده است. میزان عناصر معدنی در هر گونه گیاهی عمدتاً به ترکیب خاک بستگی دارد، به همین دلیل تفاوت چندانی در این زمینه بین نمونه‌ها مشاهده نشد. از آنجایی که فلزات مورد اندازه-

گیری برای تکثیر و تمایز سلولی مورد نیاز هستند و غلظت آن‌ها به اندازه کافی بالاست، می‌توان مدعی شد این آجیل دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است [45]. در هر دو نمونه، پتاسیم و بعد از آن به ترتیب کلسیم، سدیم و آهن به ترتیب دارای بیشترین غلظت بودند. نمونه تفت‌داده شده دارای غلظت بیشتری از فلزات مورد نظر بود. نتایج این تحقیق با تحقیق انجام شده توسط گریفین و دین در 2017 [40]، روی سه نمونه بادام‌هندی خام، تفت‌داده و دارای پوسته مطابقت دارد. تحقیقات مشابه دیگری که روی بادام‌هندی انجام شده‌اند، از جمله وینسنت[20] و همکاران در 2009 [28]، آکینامی[21] و همکاران در 2008 [15] و ریکو[22] و همکاران در 2015 [11] نیز با نتایج این تحقیق در ترتیب فراوانی فلزات مورد اندازه‌گیری دارای انطباق کامل هستند. تحقیقی که در سال 2017 توسط منظور[23] و همکاران [46] انجام شد نشان داد، اضافه کردن بادام‌هندی به شیر باعث افزایش عناصر معدنی شیر خصوصاً کلسیم، پتاسیم و آهن شده است. این عناصر سبب جریان بهتر خون، مواد مغذی و اکسیژن در سیاهرگ‌ها و شریان‌ها می‌شوند. مصرف بادام‌هندی سلامت شریان‌ها را بهبود می‌بخشد و به دلیل مقادیر بالای پتاسیم و پایین سدیم انتخاب خوبی برای کسانی که فشار خون و تصلب شریان دارند می‌باشد.

Table 3 The mean value of minerals in raw and roasted cashew nut (test result ± standard deviation, n=3)

Mineral	Raw	Roasted
Potassium	3100 ± 0.07^{a}	3300 ± 0.04^{a}
(mg/kg)	135.35 ± 0.08^{a}	217.11 ± 0.03^{b}
Calcium (mg/kg)	149.74 ± 0.03^{a}	207.01 ± 0.01^{b}
Sodium (mg/kg)	42.25 ± 0.02^{a}	43.54 ± 0.01^{a}
Iron (mg/kg)		

3-3 فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بادام‌هندی خام و تفت‌داده با استفاده از دو روش DPPH و FRAP انجام شد. در روش DPPH، محاسبه‌ی IC_{50} با استفاده از رگرسیون خطی نمودار درصد بازدارندگی بر حسب غلظت‌های مختلف عصاره متانولی نمونه، برای نمونه تفت‌داده 3388/6 و نمونه خام 3702/1 میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد (شکل1). هر چقدر مقدار آنتی‌اکسیدان لازم برای کاهش غلظت اولیه DPPH به 50% مقدار اولیه کمتر باشد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه بالاتر است. کمتر بودن مقدار IC_{50} برای نمونه تفت‌داده نسبت به نمونه خام نشان دهنده قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاتر آن است.

در روش FRAP برون‌یابی عدد مربوط به جذب نمونه‌های بادام‌هندی در 593 نانومتر روی منحنی کالیبراسیون سولفات آهن، غلظت یون‌های Fe^{2+} رانشان می‌دهد. این غلظت برای نمونه خام و تفت‌داده به ترتیب برابر با 0/12 و 0/15 میلی‌مولار به دست آمد. بالاتر بودن غلظت یون‌های Fe^{2+} در نمونه تفت‌داده نشان‌دهنده‌ی توانایی بالاتر آن در احیاء یون‌های Fe^{3+} و قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاتر آن است.

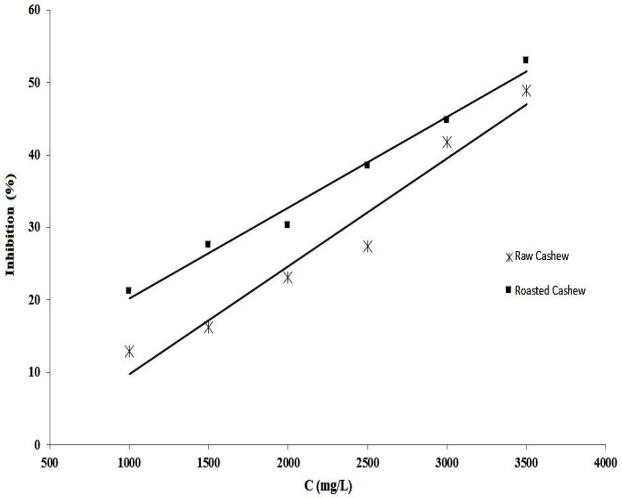

Fig 1 IC_{50} curve for raw and roasted cashew

بنابراین، نتایج هر دو روش در تأیید یکدیگر خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر نمونه تفت‌داده را نشان می‌دهند و حرارتی که در مرحله تفت دادن روی بادام‌هندی اعمال می‌شود، نه تنها روی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی آن اثر منفی ندارد بلکه باعث بالا بردن آن می‌شود. از دلایل بالاتر بودن قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه تفت‌داده نسبت به خام می‌توان به محتوای رطوبت بالاتر نمونه خام نسبت به تفت‌داده اشاره کرد که منجر به این می‌شود که به ازای وزن مساوی از هر دو نمونه، مقدار ماده خشک در نمونه تفت‌داده بیشتر باشد. چاندراسکارا[24] و شهیدی[25] در 2011 [33]

20. Vincent
21. Akinhanmi
22. Rico
23. Manzoor

24. Chandrasekara

تخمین زده بودند که حرارت‌دهی بالا در زمان کم به طور مؤثری می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی بادام‌هندی را بالا ببرد که با توجه به نتایج این مطالعه، این مطلب درست به نظر می‌رسد. انجام واکنش میلارد[26] در دمای بالا در آجیل‌ها که باعث بالا بردن محتوای فنولی و متعاقباً خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود از دیگر دلایل این امر است [42]. نتایج بررسی ما روی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی بادام‌هندی خام و تفت‌داده با تحقیقی که اکار[27] و همکاران در سال 2009 [47] روی تأثیر تفت دادن بر ویژگی آنتی‌اکسیدانی حبوبات، آجیل‌ها و دانه‌ها انجام دادند، مطابقت دارد. بر اساس تحقیقات آن‌ها، بادام‌هندی تنها آجیلی است که بر خلاف سایر آجیل‌ها فرآیند تفت دادن باعث بالا رفتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن می‌شود. این مسئله با در نظر گرفتن این که در واکنش میلارد کربوهیدرات‌ها تبدیل می‌شوند و بادام‌هندی نسبت به سایر آجیل‌ها کربوهیدرات بیشتری دارد منطقی به نظر می‌رسد [47].

4- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی بادام‌هندی خام و تفت‌داده به صورت مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. سرخ کردن و بو دادن دو فرایند حرارتی معمول برای بهبود ویژگی‌های حسی آجیل‌ها هستند اما تنها باعث از بین رفتن خامی آجیل‌ها نمی‌شوند، بلکه متعاقباً سایر ویژگی‌های آن‌ها را نیز تغییر می‌دهند. بررسی نتایج آزمون‌های انجام شده نشان داد بادام‌هندی خام دارای چربی، رطوبت و فیبر بالاتری بود در حالی که نمونه تفت‌داده به دلیل فرآیند حرارت دهی و از دست دادن محتوای آب دارای خاکستر (محتوای معدنی)، کربوهیدرات، پراکسید، انرژی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری بود. بالا بودن قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه تفت‌داده بیانگر این است که خواص تغذیه‌ای بادام‌هندی به محتوای چربی آن محدود نمی‌شود، همچنین پایداری عوامل ایجاد کننده قدرت آنتی‌اکسیدانی که از آن‌ها در برابر فرآیند حرارتی محافظت کرده و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی را حفظ می‌کند نشان می‌دهد. تفاوت بین پروفایل اسیدچرب دو نمونه معنی‌دار نبود و به طور کلی می‌توان گفت حرارت‌دهی اثر مخربی روی این ویژگی نداشته است. بنابراین می‌توان گفت حرارت دادن تا دمای معین نه تنها باعث افت خواص بادام‌هندی نمی‌شود بلکه علاوه بر بهبود ویژگی‌های حسی از جمله عطر و طعم، باعث کاهش محتوای رطوبت نمونه تفت‌داده می‌شود از این رو به ازای مصرف وزن مساوی با نمونه خام، مواد معدنی بیشتری پس از هر استفاده به بدن می‌رسد، بنابراین می‌توان بادام‌هندی تفت‌داده را به عنوان میان وعده‌ای مفید و مغذی در نظر گرفت.

25. Shahidi
26. Maillard
27. Acar

5- تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آزمایشگاه مرکزی موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی به خاطر انجام آزمون‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

6- تضاد منافع

بدین‌وسیله نویسندگان اعلام می‌نمایند که تضاد منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

5- منابع

[1] Ros, E., L.C. Tapsell, and J. Sabaté, Nuts and berries for heart health. Current atherosclerosis reports, 2010. 12(6): p. 397-406.
[2] Estruch, R., et al., Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. New England Journal of Medicine, 2013. 368(14): p. 1279-1290.
[3] Mitjavila, M.T., et al., The Mediterranean diet improves the systemic lipid and DNA oxidative damage in metabolic syndrome individuals. A randomized, controlled, trial. Clinical nutrition, 2013. 32(2): p. 172-178.
[4] Kendall, C., et al., The glycemic effect of nut-enriched meals in healthy and diabetic subjects. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2011. 21: p. S34-S39.
[5] Carey, A.N., S.M. Poulose, and B. Shukitt-Hale, The beneficial effects of tree nuts on the aging brain. Nutrition and Aging, 2012. 1(1): p. 55-67.

[6] Rivas, A., et al., Mediterranean diet and bone mineral density in two age groups of women. International journal of food sciences and nutrition, 2013. 64(2): p. 155-161.
[7] Sanhueza, C., L. Ryan, and D. Foxcroft, Diet and the risk of unipolar depression in adults: systematic review of cohort studies. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 2013. 26(1): p. 56-70.
[8] Bes-Rastrollo, M., et al., Prospective study of nut consumption, long-term weight change, and obesity risk in women. The American journal of clinical nutrition, 2009. 89(6): p. 1913-1919.
[9] Flores-Mateo, G., et al., Nut intake and adiposity: meta-analysis of clinical trials. The American journal of clinical nutrition, 2013. 97(6): p. 1346-1355.
[10] Davis, K. Cashew echo technical note. Available athttp://c.ymcdn.com/sites/members.echocommunity.org/resource/collection/49b3d109-0de9-458e-915b- 1aaf1a67e20/Cashew.pdf?hhSearchTerms= %22cashew + and + echo + and + technical +and+note%22. 1999.
[11] Rico, R., M. Bulló, and J. Salas-Salvadó, Nutritional composition of raw fresh cashew (Anacardium occidentale L.) kernels from different origin. Food science & nutrition, 2016. 4(2): p. 329-338.
[12] Asogwa, E., L. Hammed, and T. Ndubuaku, Integrated production and protection practices of cashew (Anacardium occidentale) in Nigeria. African Journal of Biotechnology, 2008. 7(25).
[13] Ohler, J., Cashew communication 71. Departement of Agricultural Research, Koninklijk Institut voor de Troppen, Amsterdam, 1988.
[14] McNeill, K. L., T.H. Sanders, and G.V. Civille, Descriptive Analysis of Commercially Available Creamy Style Peanut Butters 1. Journal of sensory studies, 2002. 17(5): p. 391-414.
[15] Akinhanmi, T., V. Atasie, and P. Akintokun, Chemical composition and physicochemical properties of cashew nut (Anacardium occidentale) oil and cashew nut shell liquid. Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences, 2008. 2(1): p. 1-10.
[16] Vaidehi, M. and B. Ray, Cashew apple and nut recipes with nutritive value, in Division of Rural Home Science. 2000, University of Agricultural Science: Bangalore, India.
[17] Nair, K., Cashew: a crop with unlimited potential. The Cashew, 1995: p. 16-18.
[18] Blomhoff, R., et al., Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. British Journal of Nutrition, 2006. 96(S2): p. S52-S60.
[19] Nwosu, J., et al., Evaluation of the Proximate and Sensory Properties of Spread Produced from Cashew Nut and Groundnut Blend. Austin Journal of Nutrition and Food Science, 2014. 2(6).
[20] Organization, I.N.S., Food and Feed. Method of determination for total fat content cereals and cereal product, in 1st Edition. 1987.
[21] SHAHIDI, N.M., et al., Investigating the Effect of Preservatives and Antioxidant on the Oxidative and Microbial Properties of Walnut Butter during the Shelf-life. 2019.
[22] organization, I.n.s., Analysis of methyl sters by gas chromatography. 2008.
[23] Kaneria, M.J., et al., Nontargeted metabolomics approach to determine metabolites profile and antioxidant study of Tropical Almond (Terminalia catappa L.) fruit peels using GC-QTOF-MS and LC-QTOF-MS. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2018. 160: p. 415-427.
[24] Nabavi, S.M., et al., In vitro antioxidant and free radical scavenging activity of Diospyros lotus and Pyrus boissieriana growing in Iran. Pharmacognosy magazine, 2009. 5(18): p. 122.
[25] Ogungbenle, H.N. and T.O. Adu, Proximate composition and functional properties of dehulled African nutmeg (Monodora myristica). Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences, 2012. 55(2): p. 80-85.
[26] Oshodi, H.O., MO Oladimeji, AA, Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (Sesamum radiatum), pearl millet (Pennisetum typhoides) and quinoa (Chenopodium quinoa) flours. International journal of food sciences and nutrition, 1999. 50(5): p. 325-331.
[27] Aremu, M.O., O. Olaofe, and T.E. Akintayo, A comparative study on the

[38] hasan, F., Food Chemistry, ed. 11. 1392, tehran: Publication Joint Stock Company.
[39] Ghorbani, M., et al., Survey correlation between peroxide, anisidine, conjugated diene and triene indicators during development of oxidation in raw and roasted hazelnut in accelerated storage conditions. Food Science and Technology, 2018. 15(82): p. 25-38.
[40] Griffin, L. and L. Dean, Nutrient composition of raw, dry-roasted, and skin-on cashew nuts. Journal of Food Research, 2017. 6(6): p. 13-28.
[41] Luh, B., W. Wong, and N. El Shimi, Effect of processing on some chemical constituents of pistachio nuts. Journal of Food Quality, 1982. 5(1): p. 33-41.
[42] Ghazzawi, H.A. and K. Al-Ismail, A comprehensive study on the effect of roasting and frying on fatty acids profiles and antioxidant capacity of almonds, pine, cashew, and pistachio. Journal of Food Quality, 2017. 2017.
[43] Maguire, L., et al., Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. International journal of food sciences and nutrition, 2004. 55(3): p. 171-178.
[44] Kris-Etherton, P.M., et al., The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. The Journal of nutrition, 2008. 138(9): p. 1746S-1751S.
[45] Blades, M. and T. Fagbemi, The influence of processing techniques on the energy, ash properties and elemental composition of cashew nut (Anacardium occidentale Linn). Nutrition & Food Science, 2008.
[46] Manzoor, M.F., et al., Nutritional and Sensory Properties of Cashew Seed (Anacardium occidentale) Milk.
[47] Açar, Ö.Ç., et al., Direct evaluation of the total antioxidant capacity of raw and roasted pulses, nuts and seeds. European Food Research and Technology, 2009. 229(6): p. 961-969.
chemical and amino acid composition of some Nigerian under-utilized legume flours. Pakistan Journal of Nutrition, 2006. 5(1): p. 34-38.
[28] Vincent, O.S., et al., Proximate and mineral composition of roasted and defatted cashew nut (Anarcadium occidentale) flour. Pakistán Journal of nutrition, 2009. 8(10): p. 1649-1651.
[29] Bouaziz, F., et al., Purification, structural data and biological properties of polysaccharide from Prunus amygdalus gum. International Journal of Food Science & Technology, 2015. 50(3): p. 578-584.
[30] Lim, T., Edible medicinal and non-madicinal plants. 2012, New York, NY, USA: Springer.
[31] Uslu, N. and M.M. Özcan, Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (Anacardium occidentale) nut and oil. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2019. 18(3): p. 344-347.
[32] Ogungbenle, H. and M. Afolayan, Physical and chemical characterization of roasted cashew nut (Anacardium occidentale) flour and oil. International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, 2015. 5(1): p. 1-7.
[33] Chandrasekara, N. and F. Shahidi, Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011. 59(9): p. 5006-5014.
[34] Orhevba, B. and I. Yusuf, Effect Of Roasting Temperature On Nutritional Quality Of CashewNut (Anacardium Occidentale). Int. J. of Sci. & Techn. Res, 2016. 5(07).
[35] Venkatachalam, M. and S.K. Sathe, Chemical composition of selected edible nut seeds. Journal of agricultural and food chemistry, 2006. 54(13): p. 4705-4714.
[36] Brufau, G., J. Boatella, and M. Rafecas, Nuts: Source of energy and macaronutrients. Brititish Journal of Nutritition, 2006. 16((S2)): p. S24- S28.
[37] Tunçil, Y.E., Dietary Fibre Profiles of Turkish Tombul Hazelnut (Corylus avellana L.) and Hazelnut Skin. Food Chemistry, 2020: p. 126338.

Comparison of physicochemical, nutritional and antioxidant properties of raw and roasted cashew

Yaghtini, M. [1], Feizy, J. [2*], Hoseini Taheri, S. A. [3], Hoseini Taheri, S. E. [3]

1. M. Sc. student, Takchin Almas Sahar Company (Hosseini Brothers Nuts), Toos Industrial State, Mashhad, Iran
2. Assistant Professor, Food Quality Control and Safety Department, Research Institute of Food Science and Technology, Post Box: 91735-147, Mashhad, Iran
3. B. S, Takchin Almas Sahar Company (Hosseini Brothers Nuts), Toos Industrial State, Mashhad, Iran

(Received: 2019/12/04 Accepted:2020/05/02)

Frying and roasting are two common heat processes to improve sensory properties of nuts and subsequently change other properties including physicochemical, nutritional and antioxidant activity. According to the nutritional value of nuts, it seems necessary to investigate this changes. In this study some physicochemical, nutritional and antioxidant properties of raw and roasted cashew kernels including moisture and volatiles, total ash, total fat, protein, crude fiber, carbohydrate, peroxide value, energy, fatty acid profile, measurement of total antioxidant power and some mineral elements such as potassium, sodium, iron and calcium were investigated. Obtained results based on dry matter shows that raw samples contain higher amount of fat (43.89±0.04 g/100g), moisture and volatiles (1.64±0.01 g/100g) and fiber (3.22±0.08 g/100g), while roasted samples had higher amount of total ash (mineral elements) (2.76±0.07g/100g), carbohydrate (31.44±0.01 g/100g), peroxide (0.912±0.07 mEq. O_2/kg of oil) and energy (597.29±0.009 Kcal/g). Antioxidant activity was investigated with DPPH and FRAP tests, both tests confirm each other and showed higher antioxidant activity of the roasted samples (IC_{50}= 3388.6 mg L^{-1} and C_{Fe2+}= 0.15 mM). Based on the obtained results it can be said that, roasted cashew can be recommended as a snack with high nutritional value and low fat.

Keywords: Raw cashew, Roasted cashew, Physicochemical, Antioxidant

[*] Corresponding Author E-Mail Address: j.feizy@rifst.ac.ir