اثر جوانه‌زنی بر میزان ترکیبات شیمیایی، خواص تغذیه‌ای و فعالیت ضد اکسندگی بذر ماش

عاطفه شیروانی[1]، محمد شاهدی[3]، سید امیرحسین گلی[3*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ٩٣/٨/١٤ تاریخ پذیرش: ٩٤/٣/٣١)

چکیده

ماش (*Vigna radiata*) گیاهی یکساله است و به خانواده Fabaceae تعلق دارد. جوانه‌زنی روشی مرسوم و ارزان برای بهبود خواص تغذیه‌ای بقولات عنوان شده است. جوانه ماش یکی از محبوبترین این محصولات به‌شمار می‌آید. این جوانه غنی از پروتئین (٣٣-٢٠٪) بوده و منبع مناسبی از اسیدهای چرب ضروری، توکوفرول‌ها، استرول‌ها، قندها و اسیدهای آلی می‌باشد. در این مطالعه تغییر در ترکیبات شیمیایی، خاصیت ضد اکسندگی، میزان کل ترکیبات فنولیک، مقدار عناصر اساسی، میزان آسکوربیک اسید و اسیدهای آلی موجود در بذر ماش، بذر خیسانده شده ماش در آب و جوانه ماش در طی ٤ روز فرایند جوانه‌زنی (هر ٢٤ ساعت نمونه‌برداری) اندازه‌گیری و نوع اسیدهای چرب موجود در آن نیز شناسایی شد. نتایج حاصل افزایش معنی‌دار محتوی رطوبت، پروتئین و خاکستر نمونه‌ها و کاهش میزان چربی و کربوهیدرات به سبب مصرف آنها در طی فرایند جوانه‌زنی را نشان داد. میزان ترکیبات فنولیک و خاصیت ضد اکسندگی در جوانه چهار روزه ماش در مقایسه با بذر آن به ترتیب ٢/٥ و ١/٥ برابر شد. میزان اسید آسکوربیک در طی دوره جوانه‌زنی از ٨/٩ به ١٩/٦ درصد رسید و میزان اسیدهای آلی نیز به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. آنالیز ترکیب اسیدهای چرب نشان داد که جوانه ماش حاوی ١٧٪ اسید لینولنیک و ٣٦٪ اسید لینولئیک است و این محصول می‌تواند به عنوان یک منبع غنی از امگا-٣ به شمار آید. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر ارزش تغذیه‌ای بسیار بالای جوانه ماش و اهمیت مصرف آن می‌باشد.

کلید واژگان: ماش، ترکیبات فنولیک، عناصرمعدنی، اسیدچرب

*مسئول مکاتبات: amirgoli@cc.iut.ac.ir

۱- مقدمه

بقولات (legumes) منابعی ارزان و مناسب از فیبرهای رژیمی، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و ویتامینها به شمار می‌آیند [۱]. این محصولات در رژیم غذایی تمامی افراد دنیا به خصوص مردم آفریقا و آسیا وجود دارند. بذور بقولات سرشار از ترکیبات پلی فنولیک و ضداکسندگی مانند فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و لیگنین است. هم‌چنین این بذور حبوبات حاوی مقادیر زیادی ترکیبات زیست فعال هستند که تأثیرات مثبتی بر سلامتی انسان دارند و می‌توانند سبب کاهش دیابت، چاقی، بیماری‌های عروقی و کاهش کلسترول خون شوند [۲].

جوانه‌زنی روشی اقتصادی و مؤثر بر کاهش اثرات منفی بقولات و بهبود ارزش تغذیه‌ای آنها است. در طی این فرایند نشاسته و پروتئین‌های پیچیده به کربوهیدرات‌های ساده و آمینواسیدهای آزاد تبدیل و سبب ارتقا قابلیت هضم آنها می‌شود. از دیگر فواید جوانه‌زنی می‌توان به افزایش میزان ویتامین‌ها و متابولیت‌های ثانویه هم‌چون ترکیبات ضداکسندگی اشاره کرد [۱،٤،۳]. مگات-روسیدی و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات ترکیبات مغذی تعدادی از بقولات را قبل و بعد از جوانه‌زنی مورد بررسی قرار دادند. میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی، فیبر رژیمی و کربوهیدرات گونه مشخصی از بذر و جوانه ماش، بادام زمینی، سویا و گونه‌های متفاوتی از برنج توسط آنها مقایسه شد. این محققین افزایش محتوای رطوبت، کاهش چربی و کربوهیدرات در دانه‌های جوانه‌زده را به دلیل مصرف انرژی در طی فرایند جوانه‌زنی گزارش کردند [۵]. تورس و همکاران (۲۰۰۷) ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی لوبیای سودانی (*Cajanus cajan*) را بررسی کردند. بر اساس این تحقیق میزان آسکوربیک اسید لوبیای جوانه زده به طور معنی‌داری افزایش یافته است در حالیکه میزان این ویتامین در دانه این نوع لوبیا غیر قابل اندازه‌گیری عنوان شده بود [٦]. طبق مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۵ توسط مبارک در زمینه ترکیبات مغذی و ضد تغذیه‌ای گونه مشخصی از ماش (*Phaseolus aureus*) در طی فرایندهای مرسومی مانند جوانه‌زنی، پوست‌گیری، جوشاندن و پختن با مایکروویو انجام گرفت، افزایش میزان رطوبت و پروتئین و کاهش محتوای چربی، کربوهیدرات، خاکستر و فیبر دانه در پایان فرایند ۳ روزه جوانه‌زنی گزارش شد [۷]. در سال ۲۰۰۸ تحقیقی بر روی ترکیبات و ظرفیت ضداکسندگی یک رقم خاص از ماش و دو رقم مشخص از لوبیای سویا در طی فرایند جوانه‌زنی انجام گرفت. افزایش قابل ملاحظه ویتامین C، محتوای کل ترکیبات فنولیک و فعالیت بازدارندگی سوپراکسیداز و افزایش بیش از صددرصدی فعالیت به دام اندازی رادیکال پراکسیل و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها در انتهای ۷ روز جوانه‌زنی در ماش و افزایش ویتامین E و محتوای کل ترکیبات فنولیک در ارقام مختلف لوبیای سویا در پایان ٦ روز جوانه‌زنی مشاهده شد [۸].

با توجه به ارزش غذایی بسیار بالای جوانه‌های خوراکی و اهمیت مصرف آنها، بررسی فاکتورهای تغذیه‌ای ماش و جوانه آن در این تحقیق مد نظر قرار گرفت. بر همین اساس میزان ترکیبات شیمیایی، اسیدهای آلی، آسکوربیک اسید، خاصیت ضداکسندگی و عناصر موجود در بذر خام، خیسانده شده و جوانه ماش در طی مدت ٤ روز فرایند جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت و هم‌چنین نوع و درصد اسیدهای چرب موجود در آن نیز شناسایی و اندازه‌گیری شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

بذور ماش از کارخانه بهاره (اصفهان، ایران) تهیه گردید. ترکیبات شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک آلمان و سیگما انگلستان خریداری شد.

۲-۲-جوانه‌زنی

پس از شستشوی اولیه، بذور ماش در محلول سدیم هیپوکلریت ۰/۰۷ ٪ به نسبت ۵:۱ (وزنی:حجمی) به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی خیسانده و با آب مقطر تا رسیدن به pH خنثی شستشو شدند. سپس دانه‌ها به نسبت ۵:۱ به مدت ۱۲-۸ ساعت در آب مقطر قرار داده شد و پس از آبگیری، در اتاقی با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۸٪ به مدت ٤ روز بدون حضور نور فرایند جوانه‌زنی انجام گرفت. از بذر خام، خیسانده شده و جوانه‌های یک، دو، سه و چهار روزه به منظور انجام آزمایشات شیمیایی نمونه برداری شد.

۲-۳- آنالیز ترکیبات شیمیایی

۲-۳-۱- اندازه‌گیری ترکیبات اولیه

میزان رطوبت، خاکستر، چربی، پروتئین و فیبر نمونه‌ها بر اساس استاندارد AOAC تعیین شد. محتوای رطوبت با قراردادن نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. سنجش میزان خاکستر به کمک کوره الکتریکی و در دمای $۵۰۰^{\circ}C$، چربی با دستگاه سوکسله و پروتئین به روش میکروکلدال (ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین ٦/٢٥ در نظر گرفته شد) صورت گرفت. میزان فیبر خام نیز به کمک محلول‌های اسیدی و بازی تعیین شد [۹].

۲-۳-۲- اندازه‌گیری میزان آسکوربیک اسید

میزان ویتامین C نمونه‌ها بر طبق روش AOAC- ۹٦٧/٢١ با روش تیتراسیون و با استفاده از معرف ٢،٦- دی کلروفنل اندوفنل اندازه‌گیری شد. بر این اساس، ۱۰-۵ گرم از نمونه‌ها را آسیاب نموده و با محلول ۵٪ (وزنی-حجمی) تری کلرو استیک اسید (TCA) به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. نمونه‌ها به کمک کاغذ صافی (واتمن شماره یک) صاف گردید. ۱۰-۵ میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با محلول ٢،٦- دی کلروفنل اندوفنل تا رسیدن به رنگ صورتی پایدار (به مدت ۱۵ ثانیه) تیتر شد و میزان آسکوربیک اسید نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک محاسبه گردید [۹].

۲-۳-۳- اندازه‌گیری میزان کل فنولیک

ابتدا به منظور تهیه عصاره فنولی به ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه خشک و آسیاب شده ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۸۰٪ متانول آبی افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه تحت تأثیر امواج ماوراء صوت قرار داده و پس از آن ۱۵ دقیقه در ۱۵۰۰ rpm سانتریفوژ شد. محلول بالای رسوب جدا شد و رسوب گیاهی باقیمانده دو مرتبه دیگر عصاره‌گیری شد و محلول‌های حاصل از هر مرحله به محلول مرحله اول اضافه گردید. بدین ترتیب عصاره فنولیکی نمونه‌ها تهیه شد. مقدار کل ترکیبات فنولیک موجود در عصاره نمونه‌ها توسط فولین-سیوکالتو به روش رنگ سنجی مورد بررسی قرار گرفت. مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با ۲/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین-سیوکالتو (۱۰ برابر رقیق شده با آب مقطر) و ۲ میلی‌لیتر از محلول کربنات سدیم ۷/۵ درصد به خوبی مخلوط شد و لوله‌های آزمایش به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم ٤٥ درجه سانتیگراد قرار داده شد. سپس مقدار جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٧٦٥ نانومتر خوانده شد. مخلوطی از متانول ۸۰ درصد و واکنشگرها به عنوان شاهد استفاده شد. مقدار کل ترکیبات فنولیک از روی معادله خط رسم شده برای اسید گالیک بر مبنای اسید گالیک و به صورت میلی‌گرم بر گرم ماده خشک بیان گردید. برای رسم منحنی استاندارد اسید گالیک محلول‌های اسید گالیک در غلظت‌های ٦/٢٥ ppm، ١٢/٥، ٢٥، ٥٠ و ١٠٠ (در متانول ۸۰ درصد) تهیه شد و مقدار کل ترکیبات فنولیک موجود در آن به روشی که برای عصاره ذکر شد تعیین گردید [۱۰].

۲-۳-٤- بررسی خاصیت ضداکسندگی

فعالیت ضداکسندگی بر اساس روش برند-ویلیامز اندازه‌گیری شد. بر طبق این روش ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه خشک و آسیاب شده را به دقت توزین نموده و پس از افزودن ۱ میلی‌لیتر متانول خالص، به مدت ۲ ساعت در مکان تاریکی قرار داده شد. پس از سپری شدن این زمان مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۵۰۰ rpm سانتریفوژ و محلول بالایی آن جدا گردید و به آن ۳/۹ میلی‌لیتر محلول ۶×۱۰^{-۵} مولار ٢،٢- دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط قرار گرفت. متانول خالص به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. جذب نمونه شاهد در زمان صفر و جذب نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد [۱۱].

۱۰۰×[جذب شاهد $_{\text{زمان صفر}}$ / (جذب نمونه $_{\text{زمان ۳۰ دقیقه}}$ - جذب شاهد $_{\text{زمان صفر}}$)] = درصد به دام انداختن رادیکال‌های آزاد

۲-۳-۵- اندازه‌گیری عناصر معدنی

برای اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم از دستگاه نورسنج شعله‌ای (کورنینگ مدل ٤١٠، ساخت انگلستان) و میزان عناصر آهن، روی، منیزیم، منگنز و کلسیم از دستگاه جذب اتمی (پرکین-المر مدل۲۳۸۰، ساخت آمریکا) استفاده گردید. مقدار این عناصر بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک گزارش شد.

۲-۳-٦- شناسایی نوع اسیدهای چرب

به منظور تعیین نوع اسیدهای چرب موجود در روغن، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (آجیلنت مدل 6890N، ساخت آمریکا) استفاده شد. به منظور متیلاسیون به ۵۰ میکرولیتر از نمونه، ۱۰۰ میکرولیتر محلول متوکسید سدیم متانولی ۰/۵ نرمال و ۱ میلی‌لیتر هگزان اضافه گردیده و متیلاسیون به مدت

۱۵ دقیقه در دمای اتاق انجام شد. در طول این زمان، مواد تهیه شده باید به خوبی همزده شوند. لایه هگزان که روغن نیز به همراه دارد پس از جدا شدن از محلول آبی در پایین، در ظرف حاوی سولفات سدیم بدون آب ریخته می شود تا رطوبت نمونه خارج شود و در نهایت نمونه آبگیری شده به دستگاه GC تزریق می‌شود. ستون مورد استفاده HP-88 به طول ۱۰۰ متر، قطر ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲۰ میکرومتر بوده و از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل با جریان ۱/۱ میلی لیتر بر دقیقه استفاده شد. حجم تزریق ۱ میکرولیتر و با Split که دارای مقیاس ۱ به ۳۰ است انجام شد. آشکارساز دستگاه از نوع FID با دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد و دمای تزریق ۱۵۰ درجه سانتی گراد بود. بر اساس زمان ایجاد پیک، اسید چرب شناسایی شده و سطح زیر پیک میزان اسید چرب مورد نظر را نشان داد [۱۲].

۲-۳-۷- اندازه‌گیری اسیدهای آلی

۲ گرم از نمونه‌های آسیاب شده را توزین و به یک بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری منتقل نموده و به وسیله محلول بافر اسیدی EDTA به حجم رسانیده شد. محلول مورد نظر با سانتریفوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس فاز رویی محلول به منظور آماده سازی برای تزریق به دستگاه از صافی ۰/٤٥ میکرون عبور داده شد و به کمک سرنگ همیلتون مخصوص HPLC، ۱۰ میکرولیتر از آن به دستگاه تزریق شد. از دستگاه HPLC (مدل شیمادزو، ساخت ژاپن) نوع SCR-101H مخصوص تجزیه اسیدهای آلی، محافظ ستون SCR (H) ، سیستم فاز متحرک ایزوکراتیک، فاز متحرک آب اسیدی شده با اسید سولفوریک با pH= ۲/۱ و نرمالیته ۰/۰۰۹، سرعت جریان فاز متحرک ۰/۷میلی‌لیتر در دقیقه، حساسیت سیستم برابر ۳، دمای ستون جداکننده ۷۵ درجه سانتیگراد، شناساگر اسپکتروفتومتری در ناحیه مرئی ماوراء بنفش مدل SPD-6AV در طول موج ۲۱٤ نانومتر مخصوص شناسایی اسیدهای آلی، سیستم تزریق Rheodyne استفاده شد [۱۳]. میزان اسیدهای آلی موجود در نمونه بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک گزارش شد.

۲-٤- آنالیز داده‌ها

آزمایشات با سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS و بر اساس طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی

همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، فرایند خیساندن اثر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش رطوبت دانه داشته است و میزان رطوبت دانه از ۷/۵ به ٤۸/۳٪ رسیده است. با پیشرفت فرایند جوانه‌زنی، جذب آب دانه از محیط اطراف (درون دستگاه ژرمیناتور با رطوبت نسبی ۹۸٪) به منظور شروع و ادامه فعالیت‌های بیولوژیک خود بیشتر شده تا جاییکه پس از گذشت ۹٦ ساعت از شروع فرایند میزان رطوبت دانه به ۸٤/۷٪ افزایش یافته است. افزایش تعداد سلول‌ها در مسیر رشد را نیز می‌توان عاملی بر جذب بیشتر مقدار آب توسط دانه دانست [۵]. افزایش میزان رطوبت در طی فرایند جوانه‌زنی در نخود بنگالی توسط خاتون و پراکاش (۲۰۰٦) و سایر محققین گزارش شده است [۱٦-۱٤].

تغییر میزان فیبر خام نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. حضور آنزیم‌های طبیعی موجود در دانه می‌تواند سبب تجزیه کربوهیدرات‌های موجود در بذر و تبدیل آنها به ترکیبات فیبری گردد [۱٤]. کاهش میزان فیبر خام در طی فرایند جوانه-زنی در لوبیا قرمز و ماش و افزایش آن در سویا و بادام زمینی گزارش شده است [۵] و بر همین اساس محققین بر این باور هستند که تغییرات میزان فیبر خام در انواع دانه‌ها در طی فرایندجوانه‌زنی به نوع و واریته بذر هر گیاه بستگی دارد [۱۷]. افزایش در میزان فیبر خام را می‌توان به تجزیه نشاسته آندوسپرم به گلوکز و تغییر اتصال بین مولکولهای گلوکز از آلفا-۱و٤ به بتا-۱و٤ به منظور تشکیل سلوبیوز نسبت داد.

کاهش معنی‌داری در مقدار چربی نمونه‌ها مشاهده شد به نحوی که میزان چربی از ۱/۱ در بذر خام به ۰/۸۱ گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک در جوانه ماش رسید. چربی به عنوان منبع اصلی تأمین کربن استفاده می‌شود [۱۸]. هاهم و همکاران (۲۰۰۸) کاهش میزان چربی دانه کنجد در طی فرایند جوانه‌زنی را اکسید شدن اسیدهای چرب به آب و دی‌اکسیدکربن به منظور تولید انرژی برای رشد دانه گزارش کردند [۱۹].

کاهش کربوهیدرات در طی ۹٦ ساعت فرایند جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری را نشان داد و میزان آن از ٦۷/۸ به ٦۱/۸ درصد

رسید. طبق گزارش ویدال-والورد و همکاران (٢٠٠٢) در طی این فرایند کربوهیدرات به عنوان منبع انرژی برای رشد جنینی مصرف شده و می‌تواند دلیل تغییرات میزان کربوهیدرات پس از جوانه‌زنی باشد [٢٠]. به علاوه فعالیت بتا-آمیلازی سبب هیدرولیز نشاسته به کربوهیدراتهای ساده و افزایش آن می‌شود [٢١]. نشاسته موجود در کاتیلدون به منظور تأمین انرژی برای تقسیم سلولی به مولکولهای کوچکتر مانند گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌شود [٢٢،٢٠]. استابو و همکاران (٢٠٠٥) فعالیت آلفا-آمیلازی را سبب تجزیه کربوهیدراتها عنوان نموده‌اند [٢٣].

میزان پروتئین موجود در بذر در طی فرایند جوانه‌زنی افزایش معنی‌داری را نشان داد و از ٢٢/٢ به ٢٥/٣ درصد رسید. افزایش پروتئین جوانه‌ها در طی این فرایند را می‌توان به مصرف سایر ترکیبات موجود در دانه در طی این مسیر، تجزیه پروتئین‌های پیچیده به ساده و شکستن ترکیبات نامطلوب نسبت داد [٢٤،٧]. افزایش میزان پروتئین طی فرایند جوانه‌زنی توسط محققین بسیاری گزارش شده است [١٦،٢٥،٢٦].

در مورد میزان خاکستر موجود در بذر ماش می‌توان گفت که عمل خیساندن تأثیر معنی‌داری بر میزان این صفت نداشت اما جوانه‌زنی در طی ٢٤ ساعت موجب افزایش خاکستر شد. الکساندر و همکاران (١٩٨٤) نیز افزایش میزان خاکستر و فیبر جو را در طی فرایند جوانه‌زنی گزارش نمودند و دلیل آن را سنتز این ترکیبات از مواد ذخیره‌ای عنوان نمودند [٢٧]. چیکوی و همکاران (٢٠٠٣) و اچندو و همکاران (٢٠٠٩) نیز افزایش میزان خاکستر و فیبر خام در نوعی لوبیا (*Kerstingiella geocarpa*) را پس از ٧٢ ساعت جوانه-زنی گزارش نمودند [٢٩،٢٨]. به طور کلی، کاتابولیسم کربوهیدرات به آب و دی اکسیدکربن سبب کاهش میزان وزن خشک و افزایش نسبت عناصر معدنی و درنتیجه افزایش نسبت خاکستر می‌شود.

جدول١ ترکیبات شیمیایی بذر و جوانه ماش در طی فرایند جوانه‌زنی (گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک)

صفت / تیمار	رطوبت*	خاکستر	پروتئین	چربی	فیبر خام	کربوهیدرات
بذر	٧/٥^{f} ±٠/١٤	٣/٣^{e}±٠/٠٦	٢٢/٢^{d}± ٠/٦٤	١/١٠^{a}±٠/٠٠	٥/٤±٠/١٠	٦٧/٨^{a} ±٠/٨١
بذر خیسانده شده	٤٨/٣^{e}±٠/١٢	٣/٥^{e}±٠/٠٦	٢٣/٤^{dc}±٠/٥٢	٠/٩٧^{b}±٠/٠٠	٥/٥±٠/١٢	٦٦/٤^{b} ±٠/٧٢
جوانه ٢٤ ساعته	٥٣/٥^{d}±٠/٢٠	٣/٩^{d}±٠/٠٥	٢٤/٠^{cb}±٠/٠١	٠/٩٤^{c}±٠/٠٠	٥/٧±٠/٠٢	٦٥/٣^{c}±٠/٠١
جوانه ٤٨ ساعته	٧٠/٤^{c}±٠/٤١	٤/٣^{c}±٠/١١	٢٤/١^{abc}±٠/٠٥	٠/٩١^{d}±٠/٠٠	٥/٧±٠/٤٦	٦٤/٧^{cd}±٠/٢٨
جوانه ٧٢ ساعته	٧٧/٧^{b}±٠/٠٤	٤/٧^{b}±٠/١١	٢٤/٨^{ab}±٠/٠٩	٠/٨٦^{e}±٠/٠١	٥/٨±٠/٢٠	٦٣/٦^{d}±٠/٠١
جوانه ٩٦ ساعته	٨٤/٧^{a}±٠/٩٥	٥/٦^{a}±٠/١٧	٢٥/٣^{a}±٠/٠٦	٠/٨١^{f}±٠/٠٠	٦/٢±٠/٣٦	٦١/٨^{e}±٠/١٢

* بر حسب گرم بر ١٠٠ گرم ماده مرطوب

در هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشابه نشاندهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٠/٠٥ با آزمون LSD می‌باشد.

٣-٢- ترکیبات فنولیک و درصد بازدارندگی رادیکال آزاد

همانگونه که در جدول ٢ مشاهده می‌شود میزان ترکیبات کل فنولیک پس از خیساندن بذر ٠/٢ میلی گرم بر گرم افزایش یافته است و تفاوت معنی‌داری را نسبت به بذر خام نشان می-دهند اما پس از گذشت ٢٤ ساعت تفاوتی در میزان این پارامتر مشاهده نشد. در ادامه و با پیشرفت فرایند جوانه‌زنی میزان کل ترکیبات فنولیک افزایش یافته و در پایان ٩٦ ساعت به ٢/٧ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک رسیده است. این افزایش را در مراحل اولیه فرایند جوانه‌زنی می‌توان به نیاز بذر به غلظت زیاد اکسیژن نسبت داد که موجب می‌شود ترکیبات فنولیک بیشتری جهت محافظت سلولها در برابر تنش اکسیداتیو تولید گردد [٢١]. هم چنین تأثیر ترکیبات فنولیک در تقویت دیواره سلولی در طی رشد جوانه به وسیله پلیمریزاسیون به لیگنان گزارش شده است. بنابراین وجود میزان زیادی از ترکیبات فنولیک را می‌توان دلیلی بر پتانسیل تولید و سنتز لیگنان دانست [٣١،٣٠]. تیان و همکاران (٢٠٠٤) افزایش یک تا دو برابر میزان ترکیبات فنولیک نامحلول در برنج قهوه‌ای جوانه زده را که معمولاً به

پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی متصل هستند گزارش کردند [۳۲]. میزان فعالیت ضداکسندگی بذر خام و جوانه آن نیز در جدول ۲ مشاهده می‌شود. عمل خیساندن تأثیری بر میزان این صفت نداشته و پس از ۲٤ ساعت میزان این پارامتر از ٥٤/٦ به ٥٨/٢٪ رسیده است. این روند تا پایان فرایند جوانه‌زنی ادامه داشته و میزان آن در پایان ۹٦ ساعت به ۸۸/۳٪ افزایش یافته است. طبق مطالعه لیو و همکاران (۲۰۱۱) افزایش میزان ترکیبات فنولیک و درصد به دام انداختن رادیکال آزاد در طی ٥ روز جوانه‌زنی دانه کنجد نیز مشاهده شد [۳۳]. طبق پیشنهاد فریاس و همکاران (۲۰۰٥) و لوپز و همکاران (۲۰۰٦) افزایش فعالیت ضداکسندگی در جوانه‌ها می‌تواند به سبب سنتز ویتامین‌های محلول در آب (ویتامین C) و یا دیگر ترکیبات هم‌چون پلی فنل‌ها با ویژگی‌های ضداکسندگی در طی فرایند جوانه‌زنی باشد [۳٥،۳٤].

جدول۲ محتوی کل ترکیبات فنولیک و درصد بازدارندگی رادیکال آزاد بذر و جوانه ماش در طی فرایند جوانه زنی

صفت / تیمار	محتوی کل ترکیبات فنولیک (میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم ماده خشک)	درصد به دام انداختن رادیکال آزاد
بذر	۱/۰ ^{e}±۰/۰۰	٥٤/۸ ^{e}±۰/۰۰
بذر خیسانده شده	۱/۲ ^{d}±۰/۰۱	٥٤/٦ ^{e}±۰/٥۷
جوانه ۲٤ ساعته	۱/۲ ^{d}±۰/۰۰	٥۸/۲ ^{d}±۰/٦٤
جوانه ٤۸ ساعته	۱/٥ ^{c}±۰/۰۱	٦۳/۱ ^{c}±۰/٤۱
جوانه ۷۲ ساعته	۲/۱ ^{b}±۰/۰۳	۷٤/۸ ^{b}±۰/۳۹
جوانه ۹٦ ساعته	۲/۷ ^{a}±۰/۰۰	۸۸/۳ ^{a}±۰/٥٥

در هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشابه نشاندهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰٥ با آزمون LSD می‌باشد.

۳-۳- میزان عناصر معدنی

در جدول ۳ میزان عناصر معدنی موجود در بذر خام، خیسانده شده و جوانه‌های ٤۸ و ۹٦ ساعته نشان داده شده است. با توجه به نتایج، عمل خیساندن تفاوت معنی‌داری در میزان عناصر آهن، روی، منگنز، منیزیم، کلسیم و سدیم ایجاد نکرده است و تنها مقدار عنصر پتاسیم در طی فرایند خیساندن از ۱۰۹۱ به ۱۱۷۳/۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک افزایش یافته‌است. در طی دوره جوانه‌زنی و پس از ۹٦ ساعت میزان عناصر آهن، روی، منگنز، منیزیم، کلسیم، سدیم و پتاسیم به ترتیب ۱/٥، ۳/۱، ۱/٥، ۰/٦، ۲/۱، ۱٦ و ۱/٤ برابر افزایش یافت. طبق مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰٥ بر روی رقم خاصی از بذر ماش انجام گرفت، افزایش میزان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در طی ۳ روز جوانه‌زنی گزارش شده است [۷]. افزایش در میزان عناصر یاد شده با نتایج خلیل (۲۰۰۱) که اثر جوانه-زنی بر لوبیای فابا و گوآر را بررسی نمود مطابقت داشت [۳٦]. با توجه به این نتایج می‌توان گفت مصرف جوانه ماش می‌تواند یکی از روش‌های آسان جهت تأمین عناصر مورد نیاز بدن باشد.

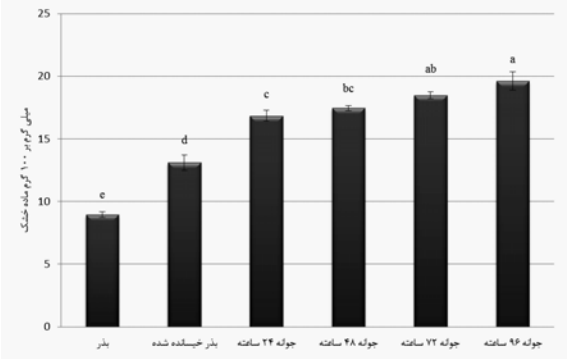
جدول۳ اثر فرایند جوانه زنی بر میزان املاح معدنی بذر ماش (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک)

صفت / تیمار	آهن	روی	منگنز	منیزیم	کلسیم	سدیم	پتاسیم
بذر	۷/۳^{c}±۰/۰۷	٦/۱^{c}±۰/۰۱	۲/۲^{c}±۰/۰۲	۱۹٥/۱^{b}±۰/۳٦	۷۹/۹^{b}±۲/۱٥	۱٤/۳^{c}±۰/۳۲	۱۰۹۱/۰^{d}±۲/٤۸
بذر خیسانده شده	۷/٥^{c}±۰/۰۱	٦/۲^{c}±۰/۰۲	۲/۳^{c}±۰/۰۷	۱٦/۲^{b}±۱/۰۳	۷۸/٦^{b}±۰/۰۰	۳۱/۷^{c}±۰/۸٥	۱۱۷۳/۷^{c}±۳/٦۱
جوانه ٤۸ ساعته	۸/۷^{b}±۰/۱۸	۱٤/۰^{b}±۰/۳۹	۲/۷^{b}±۰/۱٥	۲۸۷/٥^{a}±۰/۱۹	۱۳۹/۰^{a}±۰/۸۲	۱٦۰/٦^{b}±۰/۸۷	۱۲٦۲/۰^{b}±۰/۹۲
جوانه ۹٦ ساعته	۱۱/٦^{a}±۰/۳۱	۱۹/٤^{a}±۰/٦۲	۳/٤^{a}±۰/۰۲	۳۱۷/۷^{a}±۰/۰۳	۱۷۰/۸^{a}±۰/۲۸	۲۲۹/۳^{a}±۰/۲۳	۱٥۳۱/۳^{a}±۰/۰٥

در هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشابه نشاندهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰٥ با آزمون LSD می‌باشد.

٣-٤- میزان اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک از خاصیت ضداکسندگی و نیز ارزش تغذیه-ای برخوردار بوده و نقش مهمی را در واکنش‌های بیولوژیک گیاهان و جانوران ایفا می‌کند. همانگونه که در شکل ١ مشاهده می‌شود، خیساندن تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان این ویتامین داشته است و میزان آن از ٨/٩٥ به ١٣/١ میلی‌گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک رسیده است. با گذشت چهار روز از زمان جوانه-زنی این میزان به ١٩/٦ میلی‌گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک می-رسد اما شیب این افزایش کند بوده و تفاوت معنی‌داری را در طی ٩٦ ساعت نشان نمی‌دهد. این افزایش را می‌توان به فعالیت آنزیم‌های کلیدی بیوسنتزکننده این ویتامین مانند ال-گالاکتونو-گاما لاکتون دهیدروژناز نسبت داد [٣٧،٨]. افزایش میزان آسکوربیک اسید در اکثر بقولات در طی فرایند جوانه‌زنی گزارش شده است. خاتاک و همکاران (٢٠٠٧) اثر فرایند جوانه‌زنی بر بیوسنتز آسکوربیک اسید در نخود را مورد بررسی قرار دادند. این محققین افزایش سه برابری میزان ویتامین C را در طی ٥ روز فرایند جوانه‌زنی گزارش کرده‌اند [٣١]. دوبلادو و همکاران (٢٠٠٧) نیز افزایش میزان این ویتامین را در طی ٥ روز فرایند جوانه زنی در واریته خاصی از نخود گزارش نمودند به نحوی که میزان آن از حد غیر قابل اندازه‌گیری در بذر به ٢٣/٣ میلی‌گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک رسیده است [٣٨]. طبق مطالعه‌ای که بر روی رقم خاصی از ماش صورت گرفت مقدار این ویتامین در پایان روز هفتم جوانه زنی از ١/٨٦ به ٩/٠٧ میلی‌گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک افزایش داشته است اما در همین مطالعه میزان ویتامین C موجود در رقم خاصی از سویا در بذر خام و جوانه ٤ روزه غیر قابل اندازه-گیری گزارش شد [٨]. قابل ذکر است که افزایش میزان ویتامین C به افزایش جذب آهن کمک شایانی می‌نماید و می-توان گفت با افزایش میزان آسکوربیک اسید در جوانه ماش می‌توان از اثرات مثبت جذب آهن نیز بهره برد [٦].



شکل ١ میزان اسید آسکوربیک بذر و جوانه ماش در طی فرایند جوانه‌زنی

٣-٥- اسیدهای آلی

حضور اسیدهای آلی سوکسینیک، پروپیونیک، مالیک و فوماریک در بذر و جوانه ماش شناسایی و اندازه‌گیری شد. همانگونه که در جدول ٤ مشاهده می‌شود تمامی اسیدهای اندازه‌گیری شده طی فرایند ٤ روزه جوانه‌زنی افزایش معنی-داری داشته‌اند. افزایش ٢ برابری در میزان اسید سوکسینیک و مالیک و افزایش ٨ برابری اسید پروپیونیک در طی این فرایند مشاهده گردید. مقدار اسید فوماریک با گذشت ٩٦ ساعت از شروع جوانه‌زنی از ٦٤١/٧ به ٢٢٥٨/٨ میلی‌گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک رسید. مولدویدارسو و همکاران (١٩٩١) اسیدهای مالیک، پروپیونیک، فرمیک و والریک را اصلی‌ترین اسیدهای آلی موجود در حبوبات عنوان کردند [٣١]. این افزایش ممکن است به دلیل ورود گلوکز تولیدی به چرخه گلیکولیز و تولید اسید پیرووریک باشد که با ورود به چرخه کربس سبب تولید اسیدهای آلی می‌شود. بعلاوه ممکن است اسیدهای چرب به استیل کوآنزیم A تبدیل شده و از طریق بتا-اکسیداسیون وارد چرخه ذکر شده گردند [٣٩].

جدول ٤ اسیدهای آلی موجود در بذر و جوانه ماش در طی فرایند جوانه زنی (میلی‌گرم بر ١٠٠ گرم ماده خشک)

صفت / تیمار	اسید سوکسینیک	اسید پروپیونیک	اسید مالیک	اسید فوماریک
بذر	٥٢١/٥^{f} ±٢/٧٨	٧٠/٨^{f} ±٢/٣١	٢١٨/٦^{f} ±٠/٥٨	٥٨١/٥^{f} ±٠/٥٣
بذر خیسانده شده	٦٩٣/٨^{e} ±٠/٦٨	١١٠/٨^{e} ±٠/٤١	٢٦٠/٢^{e} ±١/٢١	٦٤١/٧^{e} ±٠/٧٦
جوانه ٢٤ ساعته	٨٧٧/٩^{d} ±٤/٧٢	١٦٨/٧^{d} ±٠/١٧	٣٠٦/١^{d} ±٠/٦٣	٩٢٥/٥^{d} ±٠/٨١
جوانه ٤٨ ساعته	٩٦٨/٢^{c} ±٤/٤١	٢٩٧/٣^{c} ±٠/٩٧	٣٤٦/١^{c} ±٠/٦٤	١٤٤٠/٧^{c} ±٠/٥٥
جوانه ٧٢ ساعته	٩٩٣/٨^{b} ±٣/٦٠	٤٤٧/٢^{b} ±٠/٧٠	٣٩٢/٦^{b} ±٠/٩٦	١٥٤٦/٢^{b} ±١/١٩
جوانه ٩٦ ساعته	١١٢٨/١^{a} ±٠/٧٠	٥٦٠/٤^{a} ±٠/٠٧	٤١٢/٣^{a} ±١/٤١	٢٢٥٨/٨^{a} ±٠/٤٦

در هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشابه نشاندهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٠/٠٥ با آزمون LSD می‌باشد.

۳-٦- ترکیب و درصد اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب بذر ماش و جوانه آن در جدول ۵ نشان داده شده است. بذر ماش سرشار از اسیدهای چرب غیر اشباع و مقدار اندکی از اسیدهای چرب اشباع است. بطوریکه اسیدهای چرب غالب آن اسید لینولئیک (۱۸:۲) و اسید لینولنیک (۱۸:۳) به ترتیب به میزان ۳٤/٤ و ۱۷/۳٪ است. اسید پالمتیک بیشترین درصد اسیدهای چرب اشباع را تشکیل می-دهد و فقط مقدار اندکی از سایر اسیدهای چرب اشباع مانند استئاریک و آراشیدیک مشاهده شد. آنوار و همکاران (۲۰۰۷) پروفیل اسید چرب ٤ رقم بذر ماش را شناسایی کردند [٤۰]. طبق مطالعه صورت گرفته لینولئیک با ۳٤٪ و گادولئیک با ۱/٤۸٪ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار اسید چرب را به خود اختصاص داده‌اند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت کامل دارد. میزان اولئیک و لینولنیک اسید در طی فرایند جوانه‌زنی به ترتیب از ۹/۵ به ۸/۳٪ و از ۱۷/۳ به ۱٦/۹٪ کاهش یافت که البته معنی‌دار نبود. میزان اسید لینولئیک در انتهای ۹٦ ساعت فرایند جوانه زنی از ۳٤/٤ به ۳٦/۷ ٪ افزایش یافت اما این افزایش تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. با توجه به نتایج حاصل در طی فرایند ٤ روزه جوانه‌زنی بذر ماش می-توان گفت به طور کلی میزان اسیدهای چرب اشباع و تک غیر اشباعی کاهش و میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباعی افزایش داشته است. بر اساس تحقیقی که در سال ۲۰۱۱ توسط مگات-روسیدی و همکاران انجام گرفت کاهش اسیدهای چرب تک غیر اشباعی و افزایش اسیدهای چرب چند غیر اشباعی در انتهای ٤۸ ساعت فرایند جوانه‌زنی در ماش گزارش گردید در حالیکه این محققین افزایش اسیدهای چرب اشباع را عنوان نمودند [۵]. کیم و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که در طی جوانه‌زنی دانه سویا لینولنیک کاهش می‌یابند که این کاهش را می توان به دلیل تبدیل این اسید چرب به انرژی در طی مسیر بتا-اکسیداسیون دانست [٤۱].

جدول ۵ ترکیب اسید چرب (٪) بذر و جوانه ماش در طی فرایند جوانه زنی

صفت / تیمار	پالمیتیک(۱٦:۰)	استئاریک(۱۸:۰)	اولئیک(۱۸:۱)	لینولئیک(۱۸:۲)	لینولنیک (۱۸:۳)	آراشیدیک(۲۰:۰)	گادولئیک(۲۰:۱)
بذر	۲۷/۲ ±۰/۱٤	۸/۱ ^{a}±۰/۰۲	۹/۵ ^{a}±۰/۷٤	۳٤/٤ ^{c}±۰/۵۲	۱۷/۳ ±۰/۲۱	۱/٦ ^{c}±۰/۱۹	۱/۰ ^{c}±۰/۲۷
بذر خیسانده شده	۲۵/۹ ±۰/۷۱	٦/٦ ^{bc}±۰/۰۳	٦/۳ ^{b}±۱/۰۹	۳۸/۸ ^{ab}±۱/۳۲	۱۷/٦ ±۰/۰۲	۱/۷ ^{bc}±۰/۲۱	۱/۰ ^{c}±۰/۱۹
جوانه ۲٤ ساعته	۲۵/٦ ±۰/۸۹	٦/۸ ^{b}±۰/۳۳	۵/٦ ^{b}±۰/٤٦	۳۹/۱ ^{ab}±۰/۹٤	۱٦/۸ ±۰/۹۱	۲/٤ ^{a}±۰/۰۵	۱/٦ ^{b}±۰/۰۷
جوانه ٤۸ ساعته	۲۵/۳ ±۰/۲۱	٦/۵ ^{bc}±۰/۰۰	٤/۵ ^{b}±۰/۰٦	٤۰/۷ ^{a}±۰/۱۸	۱٦/۵±۰/۰۰	۲/۵ ^{a}±۰/۰۵	۱/۷ ^{ab}±۰/۰۱
جوانه ۷۲ ساعته	۲٦/۰ ±۰/۰۷	٦/٤ ^{bc}±۰/۲۱	۵/۹ ^{b}±۰/۲٦	۳۸/۷ ^{ab}±۰/۲۷	۱٦/۵ ±۰/۲۸	۲/٦ ^{a}±۰/۰۷	۲/۰ ^{a}±۰/۰٤
جوانه ۹٦ ساعته	۲۵/۹ ±۰/۵٦	٦/۳ ^{c}±۰/۰۲	۸/۳ ^{a}±۰/٤۸	۳٦/۷ ^{bc}±۰/۷۳	۱٦/۹ ±۰/۸۵	۲/۰ ^{a}±۰/۱٦	۱/۷ ^{ab}±۰/۱۸

در هر صفت میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشابه نشاندهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ با آزمون LSD می‌باشد.

٤- نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که فرایند جوانه‌زنی در طی چهار روز سبب افزایش میزان رطوبت و پروتئین و کاهش چربی و کربوهیدرات در بذر ماش می‌شود. میزان ترکیبات فنولیک (۲/۵ برابر)، خاصیت ضداکسندگی (۱/۵ برابر) و اسید آسکوربیک (۲/۲ برابر) در جوانه ماش در مقایسه با بذر آن افزایش یافت. در طی دوره جوانه‌زنی میزان عناصر معدنی نیز افزایش قابل توجهی را نشان داد به طوریکه منگنز و آهن با ۱/۵ برابر افزایش، کمترین و عنصر سدیم با ۱٦ برابر افزایش بالاترین میزان املاح معدنی را پس از ۹٦ ساعت جوانه‌زنی به خود اختصاص دادند. همچنین این جوانه حاوی اسید چرب امگا-۳، اسید لینولنیک، به میزان ۱۷ درصد بود. داده های این تحقیق بر ارزش تغذیه‌ای بسیار بالا و اهمیت مصرف این جوانه تأکید دارد.

۵- منابع

[1] Kuo, Y.H., Rozan, P., Lambein, F., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. 2004. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*. 86: 537-545.

[2] Lin, P.Y. and Lai, H.M. 2006. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 3807-3814.

[3] Silva, L.R., Pereira, M.J., Azevedo, J., Gonçalves, R.F., Valentão, P., Pinho, P.G.d. and Andrade, P. B. 2013. *Glycine max* (L.) Merr., *Vigna radiata* L. and *Medicago sativa* L. sprouts: A natural source of bioactive compounds. *Food Research International*. 50: 167–175.

[4] Singh, R., Kumar, A. and Singh, J. 2013. Quality attributes of fresh chickpea (*cicer arietinum*) sprouts stored under modified atmospheric packages. *Journal of Food Processing and Preservation*. 1-11.

[5] Megat Rusydi, R.M., Noraliza, C.W., Azrina, A. and Zulkhairi, A. 2011. Nutritional changes in germinated legumes and rice varieties. *International Food Research Journal*. 18: 705-713.

[6] Torres, A., Frias, J., Granito, M. and Vidal-Valverde, C. 2007. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chemistry*. 101: 202-211.

[7] Mubarak, A. E. 2005. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry*. 89: 489-495.

[8] Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozlowska, H. and Vidal-Valverde, C. 2008. Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vigna radiata* cv. Emmerald, *Glycine max* cv. jutro and *Glycine max* cv. merit. *Food Chemistry*. 111: 622-630.

[9] AOAC. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Edn., AOAC International, Maryland.

[10] Pinelo, M., Rubilar, M., Sineiro, J. and Nunez M. J. 2004. Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (Prunus amygdalus) and pin sawdust (Pinus pinaster). Food Chemistry. 85:267-273.

[11] Gujral, H.S., Angurala, M., Sharma, P. and Singh, J. 2011. Phenolic content and antioxidant activity of germinated and cooked Pulses. *International Journal of Food Properties*. 14: 1366-1374.

[12] Goli, S.A.H., Sahri, H.M.M. and Kadivar, M. 2008. Enzymatic interesterification of structured lipids containing conjugated linoleic acid with palm stearin for possible margarine production. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110: 1102–1108.

[13] Sabouri-Holestani, S., Dokhani., Kabir, G.H. and Shokrani, R. 1379. Quality and quantity change of organic acids during of olive conserve production with High Performance Liquid Chromatography assay. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 4: 103-116.

[14] Blessing, I.A. and Gregory, I.O. 2010. Effect of processing on the proximate composition of the dehulled and undehulled mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] flours. *Pakistan Journal of Nutrition*. 9: 1006-1016.

[15] Bhatty, N., Gillian, A.H. and Nagra, S.A. 2000. Effect of cooking and supplementation on nutritional value of Gram (*Cicer arietinum*). *Nutrition Research*. 20: 297-307.

[16] Khatoon, N. and Prakash, J. 2006. Nutrient retention in microwave cooked germinated legumes. *Food Chemistry*. 97: 115-121.

[17] Martin-Cabrejas, M.A., Diaz, M.F., Aguilera, Y., Benitez, V., Molla, E. and Esteban R.M. 2008. Influence of germination on the soluble carbohydrates and dietary fibre fractions in non-conventional legumes. *Food Chemistry*. 107: 1045-1052.

[18] Bau, H., Villaume, C., Nicolas, J. and Mejean, L. 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. *Journal of the Science of Food and Agricultur*e. 73: 1-9.

[19] Hahm, T., Park, S. and Lo, Y.M. 2008. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Bioresource Technology. 100: 1643-1647

[20] Vidal-Valverde, C., Frias, J., Sierra, I., Blazquez, I., Lambein, F. and Kuo, Y. 2002. New functional legume foods by germination: effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*. 215: 472-477.

[21] Suda, M., Watanabe, T., Kobayashi, M. and Matsuda, K. 1986. Changes in starch content and related enzyme activities during the growth of germinating soybeans. *Agricultural and Biological Chemistry*. 50: 3195-3196.

[22] Nonogaki, H., Bassel, G.W. and Bewley, J.W. 2010. Germination-still a mystery. *Plant Science*. doi:10.1016/j.plantsci.2010.02.010.

[23] Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T. 2005. Bio-functional components in the processed pregerminated brown rice by a twin-screw extruder. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18: 303–316.

[24] Chavan, J. and Kadam, S.S. 1989. Nutritional Importance of cereals by sprouting. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 28: 401-437.

[25] Kaushik, G., Satya, S. and Naik, S.N. 2010. Effect of domestic processing techniques on the nutritional quality of the soybean. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 3: 39-46.

[26] Urbano, G., Lopez-Jurado, M., Frejnagel, S., Gomez-Villalva, E., Porres, J.M., Frias, J., Vidal-Valverde, C. and Aranda, P. 2005. Nutritional assesment of raw and germinated pea (*Pisum Sativum* L.) protein and carbohydrate by in vitro and in vivo techniques. *Nutrition*. 21: 230-239.

[27] Alexander, J. C., Gabriel, H. G. and Reichertz, J. L. 1984. Nutritional value of germinated barley. *Canadian Institute of Food Science and Technology*. 17: 224-228.

[28] Chikwendu, N.J. 2003. The effects of germination on the chemical composition and microbial quality of ground bean (*Kerstingiella geocarpa*) flours. *Nigerian Journal of Nutritional Sciences*. 24: 17-20.

[29] Echendu, C.A., Obizoba, I.C. and Anyika, J.U. 2009. Effects of germination on chemical composition of groundbean (*Kerstingiella geocarpa harm*) seeds. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8: 1849-1854.

[30] Mulyowidarso, R. K., Fleet, G. H. and Buckle, K. A. 1991. Changes in the concentration of organic acids during the soaking of soybeans for tempe production. *International Journal of Food Science and Technology*. 26: 607–614.

[31] Khattak, A.B., Zeb, A., Khan, M., Bibi, N., Ihsanullah. and Khattak, M.S. 2007. Influence of germination techniques on sprout yield, biosynthesis of ascorbic acid and cooking ability, in chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Food Chemistry*. 103: 115-120.

[32] Tian, S., Nakamura, K. and Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 4808–4813.

[33] Liu, B., Guo, X., Zhu, K. and Liu, Y. 2011. Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts. *Food Chemistry*. 129: 799-803.

[34] Frias, J., Miranda, M.L., Doblado, R. and Vidal-Valverde, C. 2005. Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of *Lupinus albus* L. var Multolupa. *Food Chemistry*. 92: 211–220.

[35] Lopez-Amoros, M.L., Hernandez, T. and Estrella, I. 2006. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis* [online], doi:10.1016/j.jfca.2004.06.012.

[36] Khalil, M.M. 2001. Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with faba bean. *Nahrung-Food*. 45: 246-250.

[37] Pérez-Balibrea, S., Moreno, D.A. and Garcia-Viguera, C. 2011. Genotypic effects on the phytochemical quality of seeds and sprouts from commercial broccoli cultivars. *Food Chemistry*. 125: 348-354.

[38] Doblado, R., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. 2007. Changes in vitamin C content and antioxidant capacity of raw and germinated cowpea (*Vigna sinensis* var. *carilla*) seeds induced by high pressure treatment. *Food Chemistry*. 101, 918-923.

[39] Sousa, C., Lopes, G., Pereira, D. M., Taveira, M., Valentão, P., Seabra, R. M., Pereira, J. A., Baptista, P., Ferreres, F., & Andrade, P. B. (2007). Screening of Antioxidant Compounds During Sprouting of *Brassica oleracea* L. var. *costata* DC. *Combinatorial Chemistry and High Throughput Screening*, *10*, 377-386.

[40] Anwar, F., Latif, S., Przybylski, R., Sultana, B. and Ashraf, M. 2007. Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. *Journal of Food Science*. 72: S503-S510.

[41] Kim, S.-L., Lee, J.-E., Kwon, Y.-U., Kim, W.-H., Jung, G.-H., Kim, D.-W., Lee, C.-K., Lee, Y.-Y., Kim, M.-J., Kim, Y.-H., Hwang, T.-Y., & Chung, I.-M. (2013). Introduction and nutritional evaluation of germinated soy germ. *Food Chemistry*, *136*, 491-500.

The effect of germination on chemical composition, nutritional properties and antioxidant activity of mung bean (*vigna radiata*) seed

Shirvani, A. [1], Shahedi, M. [2] , Goli, S. A. H. [3*]

1. M.Sc. graduated, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
2. Professor of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
3. Assistant Professor of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

(Received: 93/8/14 Accepted: 94/3/31)

Mung bean (*vigna radiata*) is an annual crop belonging to Fabaceae family. Germination process is a conventional and inexpensive way to improve nutritional value of legumes. Mung bean sprout is one of the popular products. It is rich in protein (20-33%) and is excellent sources of essential fatty acids, tocopherols, esterols, sugars and organic acids. In this study, the change of chemical composition, antioxidant activity, total phenolic compounds, minerals, ascorbic acid and organic acids content were determined in raw, soaked and germinated mung bean. Also, the profile of fatty acids was recognized. The results showed an increase in moisture, protein and ash and a reduction in fat and carbohydrate due to the energy consumption during 4-day germination, significantly. Total phenolic content and antioxidant activity indicated 2.5 and 1.5 fold increase in mung bean sprout compared to raw seed. Ascorbic acid content varied from 8.9% to 19.6% and organic acids increased significantly during germination process. Analysis of fatty acids composition showed that mung bean sprout contained 17% and 36% linolenic and linoleic acids, respectively and so, this product can be introduced as an excellent source of omega-3. The results of this work revealed the high nutritional value and consumption importance of mung bean sprouts.

Keywords: Mung bean, Phenolic compounds, Minerals, Fatty acid

* Corresponding Author E-Mail Address: amirgoli@cc.iut.ac.ir