DOI: https://dx.doi.org/10.22034/jam.2021.44318.1147

بررسی برخی از خواص کیفی گیاه بامیه تحت تاثیر میدان مغناطیسی

آرش رخبین[۱] و محسن آزادبخت[۱*]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۶

۱- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،گرگان، ایران
* مسئول مکاتبه E-mail: azadbakht@gau.ac.ir

چکیده

در دهه‌های گذشته مطالعات فراوانی در زمینه تاثیر انواع امواج مغناطیسی بر موجودات زنده انجام شده است. ترکیبات فنلی یکی بزرگترین گروه از متابولیت‌های ثانویه هستند که در گیاهان انتشار گسترده‌ای دارند و فعالیت بیولوژیکی و فارماکولوژی متنوع این ترکیبات در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است. در این مطالعه میوه بامیه به‌منظور قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی مرتب شدند. نمونه‌ها در سه تکرار، سه زمان (۳، ۶، ۹ دقیقه) و سه میدان (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ میلی‌تسلا) مورد آزمایش قرار گرفتند. به‌منظور اندازه‌گیری فنل و فلاونوئید کل، ۰/۵ گرم از هر نمونه کالوس تر با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد (نسبت ۱ به ۱۰) در یک هاون سرد کوبیده و همگن شدند. مواد پس از یکنواخت سازی به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و روی شیکر قرار داده و بعد از آن به‌مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. نتیجه چنین حاصل شد که میدان مغناطیسی اثرات متفاوتی بر میزان این دو خاصیت کیفی دارد. در مقایسه با تیمار شاهد، با افزایش میدان مغناطیسی، میزان فنل از ۲/۷۵۹ تا $mgGUEg^{-1}$ ۲/۹۳۲ افزایش معنی‌داری نشان داد درحالی‌که محتوای فلاونوئید به‌طور معنی‌داری از مقدار ۰/۸۲۱ به $mgGUE\ g^{-1}$ ۰/۰۸۹۵ کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: امواج مغناطیسی، خواص بیوشیمیایی، فنل، گیاه بامیه، محتوای فلاونوئید

Investigation of Some Qualitative Properties of Okra under the Influence of Magnetic Field

Arash Rokhbin[1] and Mohsen Azadbakht[1*]

Received: 31 Jan 2021 Accepted: 16 Mar 2021

[1]Department of Biosystems Mechanics, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
*Corresponding author: E-mail: azadbakht@gau.ac.ir

Abstract

In recent decades many studies have been conducted on the impact of magnetic waves on living organisms. The phenolic compounds are one of the largest groups of secondary metabolites that are widely distributed in plants, and the biologic activity and diverse pharmacology of these compounds have been reported in many studies. In this study, okra fruits were arranged in order to be exposed to the magnetic field. The samples were tested in three repetitions, three times (3, 6, 9 min) and three fields (0.2, 0.4, 0.6 mT). To measure total phenol and total flavonoids, 0.5 g of each sample was beaten with 5 ml of 80% methanol (1 to 10 ratio) and homogenized in a cold mortar. After assimilation, the material was placed on a shaker for 24 hours in a dark place and then centrifuged at 3000 rpm for 5 minutes. The results showed that the magnetic field had different effects on the quality of the two properties. Compared with the control treatment, increasing the magnetic field, increased the amount of phenol from 2.759 to 2.932 $mgGUEg^{-1}$ significantly, while the flavonoid content decreased significantly from 0.821 to 0.0895 $mgGUE\ g^{-1}$.

Keywords: Biochemical properties, Flavonoid content, Magnetic waves, Phenol, Okra

How to cite:
Rokhbin, A., Azadbakht, M. 2020. *Investigation of Some Qualitative Properties of Okra under the Influence of Magnetic Field*. Journal of Agricultural Mechanization 5 (1): 71-79.

۱-مقدمه

بامیه با نام علمی *Abelmosochs esculentus L.* و نام انگلیسی okra به‌خانواده پنیرک یا Malvaceae تعلق دارد. بوته بامیه دارای ساقه اصلی ضخیمی است که در بعضی از رقم‌های آن شاخه‌های فرعی زیادی تولید می‌کند. ارتفاع بوته در انواع مختلف پاکوتاه و پابلند از ۵۰ به ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد. میوه بامیه شامل غلاف گوشتی است که دارای مقطعی پنج یا شش ضلعی بوده که از قاعده به طرف رأس به‌تدریج باریک و نوک تیز می‌گردد. طول میوه از ۳ به ۷ ساتتی‌متر می‌رسد. درون میوه در چند ردیف، دانه‌های (بذر) سفیدرنگ و نرمی قراردارند که پس از رسیدن به‌رنگ سبز کم رنگ تغییر کرده و سفت می‌شوند. پوست خارجی میوه، سفت و خاردار است. رنگ میوه سبز و در بعضی ارقام سبز مایل به زرد است (Al-Maiman *et al.*, 2002). بامیه به‌عنوان منبع ارزان قیمتی از پروتئین‌ها، آمینو اسیدها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی به‌شمار می‌رود (Javed *et al.*, 2009). محتوای ویتامین میوه‌ها و سبزیجات در مقایسه با بسیاری از محصولات غلات و حبوبات دارای برتری بیشتری است. بامیه میوه‌ای حیاتی است که به‌طور گسترده‌ای در اکثر کشورهای جهان یافت می‌شود. به‌دلیل ماهیت قوی آن، الیاف رژیمی و پروتئین دانه‌های متمایز آن به‌نام "سبزیجات روستایی کامل" نامگذاری شده است (Council, 2006). بامیه به‌طور گسترده‌ای در کشورهای گرمسیری، نیمه گرمسیری و گرم و معتدل مصرف می‌شود. بامیه عموماً یک محصول کوچک است که به‌تازگی به آن اشاره شده است، هیچ توجهی به بهبود آن نشده است. بامیه دارای ارزش تغذیه‌ای معنی‌دار و حاوی حدود ۸۵٪ آب است، همچنین تنوع کمی در چربی و پروتئین و حاوی مقدار قابل قبولی از کربوهیدرات موجود در سلولز و نشاسته و نیز دارای مقدار کمی قند است (Fellows, 2009)، در طب سنتی در فرهنگ های مختلف استفاده می‌شود. در برخی از فرهنگ-ها، آن را به‌عنوان یک تزریق خوراکی و در آماده سازی‌های مختلف برای اثر دیورتیک استفاده می‌شود (Maramag, 2013). بامیه شامل کربوهیدرات‌ها، صمغ، موسیلاژ، پروتئین، فیتواسترول، فلاونوئید، تانن، است. همچنین، حاوی ویتامین Mn و Ni ، Fe، Ca، Mg، Na، k فنول، ترپنوئید، روغن فرار و فیبر است (Saha *et al.*, 2011). یکی از عوامل موثر درمان افسردگی مصرف بامیه است(Liu *et al* 2010). همچنین در درمان یبوست، دیابت، زردی، اسهال، اسهال خونی و زخم معده، بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت نوع ۲، بیماری های گوارشی و بعضی سرطان‌ها موثر است (Gemede *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2010). بامیه به‌دلیل داشتن خواص آنتی اکسیدانی باعث درمان آسیب و بیماری‌های کبدی می‌شود (Alqasoumi, 2012). و ترکیبات فنلی زیادی در غلاف آن یافت می‌شود که به‌طور عمده از الیگومرهای کاتچین[1] و مشتقات فلاونول تشکیل شده است (Arapitsas, 2008).

با پیشرفت علم و صنعت و ظهور انواع میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در زندگی انسان‌ها ، محققان به‌شناخت و شناسایی اثرات این امواج بر موجودات زنده پرداختند، هرچند در دهه‌های اخیر مطالعات فراوانی در زمینه تاثیر انواع امواج مغناطیسی بر موجودات زنده انجام شده است. تحقیقات نشان داده است که میدان‌های یادشده اثرات متفاوت و متناقض بر روی موجودات مختلف دارد که به‌شدت میدان، فرکانس میدان، موجود زنده در معرض میدان، مدت زمان تیماردهی و عوامل دیگر بستگی دارد (Piacentini *et al.*, 2001). الکترومغناطیس به عنوان یک میدان فیزیکی که توسط یک جسم الکتریکی متصل به‌جابجایی حرکت می‌کند و باعث ایجاد جریان الکتریسیته می‌شود. جریان الکتریسیته در امتداد یک سیم‌پیچ یا هادی که به شکل القایی شکل گرفته، یک میدان الکترومغناطیسی (E M F) تولید می‌کند که ممکن است بر موجودات زنده مانند گیاهان، حیوانات و انسان‌ها در اطراف آن تأثیر بگذارد. زمانی که جریان در امتداد یک هادی وجود دارد و قدرت آن به صورت یک دستگاه مانند سلف یا سیم‌پیچ خورده روشن می‌شود و جریان از طریق آن افزایش می‌یابد. قطعاً میدان مغناطیسی هنگامی قوی‌تر می‌شود که جریان الکتریکی بیشتر باشد (Rio & Rio, 2013). در بخش خواص بیوشیمیایی ترکیبات فنلی یکی بزرگترین گروه از متابولیت‌های ثانویه هستند که انتشار گسترده‌ای در گیاهان دارند و فعالیت بیولوژیکی و فارماکولوژی متنوع این ترکیبات از جمله فعالیت‌های آنتی اکسیدانی، ضدآلرژی، ضدمیکروبی، ضدویروسی، ضدسرطان، ضدالتهاب و گشادکنندگی عروق، شل‌کنندگی بر روی روده و عضله صاف در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است. این گروه از ترکیبات با دارا بودن خواص بیولوژیکی توانسته‌اند نقش مهمی نیز در نگهداری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفا نمایند (Attaguile *et al.*, 2004; Hodek *et al.*, 2002; Shariati *et al.*, 2012). فلاونوئیدها به-شکل آزاد و گلیکوزیدی یافت می‌شوند و بزرگ‌ترین گروه فنول های موجود در طبیعت را تشکیل می‌دهد(Fathiazad *et al.*, 2010) محققینی بر روی تأثیر اثرات مغناطیسی بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و میزان ترکیبات فنلی در انگور پرداختند که در این مطالعه، تأثیر آب مغناطیسی و محلول‌ها بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی دو رقم انگور شامل "راشا" و "سلطانا" بررسی شده است. نتایج نشان داد که محلول‌های مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار محتوای کربوهیدرات و تجمع پرولین برگ‌های انگور می‌شوند. غلظت ترکیبات فنلی مانند فنل کل، آنتوسیانین و فلاونوئید با محلول مغناطیسی افزایش یافته است که نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای مغناطیسی در این پارامتر است. به نظر می‌رسد درمان‌های مغناطیسی شرایطی شبیه استرس را برای انگور ایجاد می‌کنند و در نتیجه متابولیت های ثانویه بیشتری مانند ترکیبات فنولیک را برای تحمل این شرایط تولید می‌کنند. آب مغناطیسی و محلول‌های موجود

[1] نوعی فنل طبیعی و آنتی اکسیدان و یک متابولیت ثانویه گیاهی است.

در انگور با تحریک بیوسنتز ترکیب فنلی می‌توانند گیاه را با این متابولیت های ارزشمند تقویت کنند (Zareei *et al.*, 2019). در پژوهشی بررسی اثرات میدان مغناطیسی ایستا بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه نخود در مرحله رشد رویشی پرداخته شد. در این آزمایش گیاه نخود در مرحله رویشی به‌مدت ۵ روز متوالی روزانه ۵ ساعت متناوب در میدان مغناطیسی به‌شدت ۳۰ میلی تسلا قرار داده شد پس از آن میزان لیگنین، قند، پروتئین دیواره و شدت پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در هر دو گروه گیاهان شاهد و تحت تیمار اندازه‌گیری شدند. جوانه‌های رأسی گیاهان تیمار شده و گیاهان شاهد جداشده، پس از تثبیت و قالب‌گیری و برش‌گیری و رنگ آمیزی، ساختار آنها به‌وسیله میکروسکوپ نوری و فلورسانس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج داد که میدان مغناطیس ایستا بر رشد اندام‌های هوایی (برگ، ساقه و جوانه رأسی) اثر تحریک کنندگی و بر روی رشد ریشه رشد ریشه اثر بازدارندگی داشته و در راستای این تاثیر درصد لیگنین، قند و پروتئین و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا نیز در اندام‌های هوایی نمونه‌های تحت تیمار نسبت به ریشه کاهش نشان داد. بر مبنای نتایج حاصل، اعمال میدان مغناطیسی ایستا بر روی جوانه رأسی موجب تغییر شکل از حالت گنبدی به-مسطح، تغییرات در میزان تقسیمات سلولی و تغییر در الگوی تسهیم مریستم (Athari Nia *et al.*, 2008) . اگر چه هنوز اثرات زیستی میدان مغناطیسی به‌خوبی شناخته نشده است اما این میدان یک عامل محیطی غیر قابل اجتناب برای همه‌ی گیاهان بر روی کره‌ی زمین است (Negishi *et al.*, 1999). گاهی میدان مغناطیسی مستقیم به عنوان تنش‌هایی برای موجودات زنده پذیرفته می‌شود (Aladjadjiyan, 2002) و گاهی نیز از اثرات همکاری این میدان با عوامل محیطی مانند تنش‌های تغذیه‌ای، کمبود آب، فلزات سنگین بحث شده است (Ružič *et al.*, 2000) . میدان مغناطیسی در محیط زندگی ما با فرکانس بسیار ضعیف با دامنه شدت ۰/۰۱ تا ۱ mT وجود دارد و شدت در نزدیکی خطوط انتقال به ۱۰ و ۳۰ mT می‌رسد (Lacy-Hulbert *et al.*, 1998). مطالعه اثر میدان مغناطیسی بر روی فعالیت آنزیم‌های خواص بیولوژیکی در سلول‌های گیاهی نشان داد که در سلول‌های گیاهی نیز میدان مغناطیسی بر افزایش فعالیت رادیکال‌های آزاد در سلول تاثیر بگذارد (Piacentini *et al.*, 2001; Sahebjamei *et al.*, 2007). امواج مغناطیسی بر روی انواع گونه‌های گیاهی دارای اثرات متعددی است. در تحقیقات متعدد تاثیر این امواج بر روی بذر برخی از گیاهان بررسی شده است (Yano *et al.*, 2004). نتایج به‌دست آمده از تحقیقات پیشین نشان‌دهنده این است که امواج مغناطیسی اثرات ضدونقیضی می‌گذارد(Negishi *et al.*, 1999). بر طبق پژوهش سایر محققین به‌نظر می‌رسد نوع گونه گیاهی، شدت میدان مغناطیسی، مدت زمان تاثیر آن در این رابطه بسیار مهم است (Belyavskaya, 2004). طبق گزارش‌های محققین میدان های مغناطیسی باعث استرس اکسیداتیو می‌شوند (Kabuto *et al.*, 2001; De Vos *et al.*, 1991). استرس اکسیداتیو حالت فیزیولوژیک است که در آن مقدار گونه‌های فعال اکسیژن (ROS, Reactive Oxygen Species[۲]) افزایش پیدا می‌کند که باعث آسیب‌های سلولی و تغییرات در عمکرد حیاتی را به‌دنبال خواهد داشت و تغییر عملکردهای حیاتی را به‌دنبال خواهد داشت. مقدار اضافی رادیکال‌های آزاد اکسیژن باعث پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود. استرس اکسیداتیو در تعدادی از بیماری‌ها مانند سرطان و ... نقش دارد. گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال ای آزاد باعث تغییر در فعالیت آنزیم‌ها، تغییر آشکار ژن و اثر آن بر ساختار غشاها و همچنین آسیب به DNA می‌شوند (Hendee & Boteler 1994; De Vos *et al.* 1991). تمامی مطالعاتی که در مورد تأثیرات میدان مغناطیسی انجام شده است، در این مبحث اصرار دارند که آیا اساساً میدان‌های الکترومغناطیسی اثرات مضر یا مفیدی بر روی سلامتی انسان دارند (Scaiano *et al.*, 1994). زمانی که گیاهان در تحت استرس قرار می گیرند، مقدار زیادی گونه های فعال اکسیژن، مانند سوپراکسید آنیون (O_2^-)، رادیکال هیدروکسیل (OH) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) تولید می کنند. گیاهان جهت نابودی این گونه‌های فعال، دارای سیستم های دفاع آنزیمی، مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) هستند. اثر استرس های محیطی در گیاهان از روش تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مشخص شده است (Michiels *et al.*,1994; Sahebjamei *et al.*, 2007). در پژوهشی به تاثیر میدان مغناطیسی ایستا بر متابولیسم برخی ترکیبات فنلی در گیاه کلم قرمز بررسی شد که در این تحقیق ابتدا تعدادی بذر گیاه کلم قرمز به‌طور متوالی در شرایط استریل کشت و پرورش داده شد. بذرها در شرایط طبیعی جوانه زدند و بعد از گذشت یه ماه دانه گروهی که از نظر سرعت رشد یکسان بودند، انتخاب و به‌طور تصادفی به دو گروه شاهد و تیمار تقسیم شدند. گروه تیمارشده در مرحله رویشی در معرض میدان مغناطیسی ثابت با شدت ۳۰ mT در یک بازه زمانی ۱۰ روزه و هر روز به‌مدت ۵ ساعت قرار گرفت و سپس نمونه‌ها برای انجام آنالیزهای شیمیایی در زمان‌های مناسب برداشت گردید. ایشان نتیجه گرفتند که میدان مغناطیسی ثابت با شدت ۳۰ mT می تواند عاملی برای تحریک رشد بعدی در گیاه کلم قرمز باشد. قرار گرفتن گیاه در مرحله رویشی در معرض میدان مغناطیسی ثابت با شدت ۳۰ mT سبب کاهش فعالیت آنزیم PAL، کاهش لیگنین و افزایش فنل های متصل به دیواره در هر دو بخش هوایی و ریشه گردید (khosh sokhan mozafar *et al.*, 2006)

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر میدان مغناطیسی بر روی میزان محتوای خواص بیوشیمیایی گیاه بامیه که شامل فنل و فلاونوئید است و همچنین تاثیر این خواص در بخش فرآوری این محصول می‌باشد

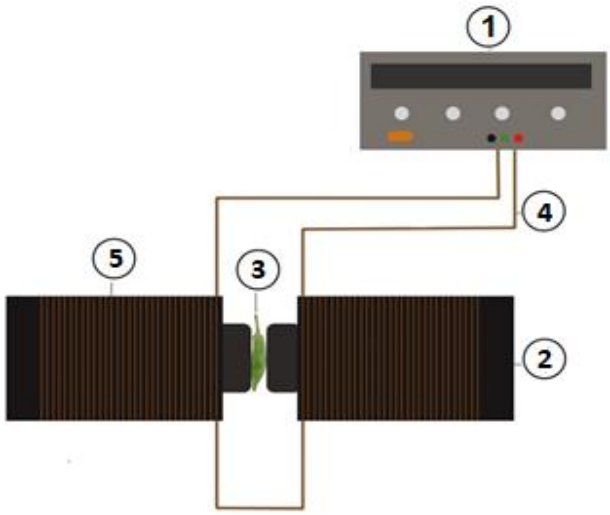
[۲] ROS (گونه‌های فعال اکسیژن) مولکول‌های کوچک، ناپایدار و بسیار واکنش پذیری هستند که می‌توانند پروتئین ها، لیپیدها و DNA را اکسید کنند.

بدین صورت که افزایش یا کاهش میزان آن چه تاثیری در بخش صنایع غذایی و فرآوری این محصول دارد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه

میوه بامیه از بازار تره‌بار گرگان تهیه شد. بامیه‌ها در آزمایشگاه قرارداده شدند و به‌منظور تعیین میزان رطوبت آن‌ها را خرد کرده و به وزن ۱۰ گرم در سه ظرف در آون تحت دمای ۶۵ °C به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. بعد از تعیین میزان رطوبت بامیه‌ها به‌منظور قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی مرتب شدند. نمونه‌ها در سه تکرار، سه زمان (۶،۳، ۹ min) و سه میدان (۰/۲، ۰/۴ ، ۰/۶ mT) مورد آزمایش قرار گرفتند. برای قرارگیری نمونه‌ها در میدان مغناطیسی مطابق شکل (۱) از سیم‌پیچ ساخته شده در آزمایشگاه فیزیک گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و منبع تغذیه E5030 DC Power Supply HY ساخت کشور چین استفاده شد.



شکل ۱- ۱- منبع تغذیه ۲- استوانه از جنس آهن ۳- نمونه ۴- سیم های رابط به منبع تغذیه ۵- سیم‌پیچ ها(سیم های پیچیده شده به اطراف استوانه آهنی)

Fig 1. 1- Power supply 2- Iron cylinder 3- Sample 4- Wires connecting to the power supply 5- Coils (wires wrapped around the iron cylinder)

۲-۲- اندازه‌گیری خواص بیوشیمیایی

به‌منظور اندازه‌گیری فنل کل و فلاونوئید کل، ۰/۵ g گرم از هر نمونه کالوس تر با ۵ mL متانول ۸۰ درصد (نسبت ۱ به ۱۰) در یک هاون سرد کوبیده و همگن شدند. مواد پس از یکنواخت سازی به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و روی شیکر قرار داده و بعد از آن به‌مدت ۵ min در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. از بخش یالایی عصاره نمونه، برای اندازه‌گیری خواص بیوشیمیایی مورد نظر استفاده شد (Vinson *et al.*, 1995).

۲-۲-۱- تعیین میزان فنل

میزان فنل در بامیه ها با روش فولین سیوکالتیو [3] و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ابتدا ۰/۵گرم از هر یک از نمونه‌ها ۲ میلی لیتر متانول اضافه شد سپس به۰/۵ µL از هر یک از استانداردها و نمونه‌ها ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین ۱۰ % و ۲/۳mL آب مقطر اضافه شد و به‌مدت ۵ دقیقه در تاریکی قرار داده شدند .به مخلوط حاصل حدود ۶۰۰ میکرولیتر سدیم کربناتM_1 اضافه گردید و به‌مدت ۳۰min درون حمام ۴۰ °C توام با تاریکی قرار داده شدند. سپس میزان جذب آن‌ها در ۷۵۰ نانومتر در مقابل شاهد قرائت شد. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و نمودار کالیبراسیون حاصله برحسب میلی گرم اسیدگالیک در ۱۰۰g عصاره خشک گیاه تعیین شد (Tabart *et al.*, 2009)

[3] Folin–Ciocalteu

۲-۲-۲-تعیین میزان فلاونوئید

میزان محتوای فلاونوئید بامیه با روش رنگ سنجی اندازه‌گیری شد . بدین منظور ۰/۵ سی سی از عصاره متانولی با ۱/۵ mL متانول، mL ۰/۱ آلومینیوم کلرید ۱۰٪ (۱۰g آلومینیوم کلرید در ۱۰۰ mL آب مقطر)، mL ۰/۱ استات پتاسیم یک مولار (۲/۴۱g گرم در ۱۰ mL آب مقطر) و mL ۲/۸ آب مقطر مخلوط شد. برای آماده‌سازی شاهد به جای عصاره متانولی، از متانول خالص استفاده شد. پس از آن مخلوط به‌مدت ۳۰ min در تاریکی قرار داده شد. و بعد از آن بلافاصله توسط دستگاه اسپکروفوتومتر تحت طول موج ۴۱۵ نانو متر قرار گرفته و عدد خروجی دستگاه قرائت شد. اعداد به‌دست آمده برای فلاونوئید با مراجعه به منحنی استاندارد واقعی شدند. به این منظور غلظت‌های مختلف از استاندارد کوئرستین ساخته شده و بعد از خوانده شدن عدد جذب، اعداد واقعی و غلظت فلاونوئید کل به‌دست آمد (Vinson *et al.*, 1995).

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و از نرم‌افزار SAS استفاده شد و همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- فنل

میزان رطوبت به صورت وزنی تعیین گردید و میزان رطوبت ۸۸/۵۳ بر پایه تر محاسبه شد (McGlone *et al.*,2004) با توجه به‌نتایج آنالیز واریانس اثر شدت و زمان میدان مغناطیسی و اثرات متقابل این دو متغیر بر روی میزان محتوای فنل بامیه (جدول ۱) مشاهده شد که شدت میدان مغناطیسی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی میزان فنل دارد و زمان میدان مغناطیسی و نیز اثرات متقابل شدت و زمان میدان مغناطیسی اختلاف معنی‌داری نداشته است. نتایج مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در شکل ۱ آورده شده است.

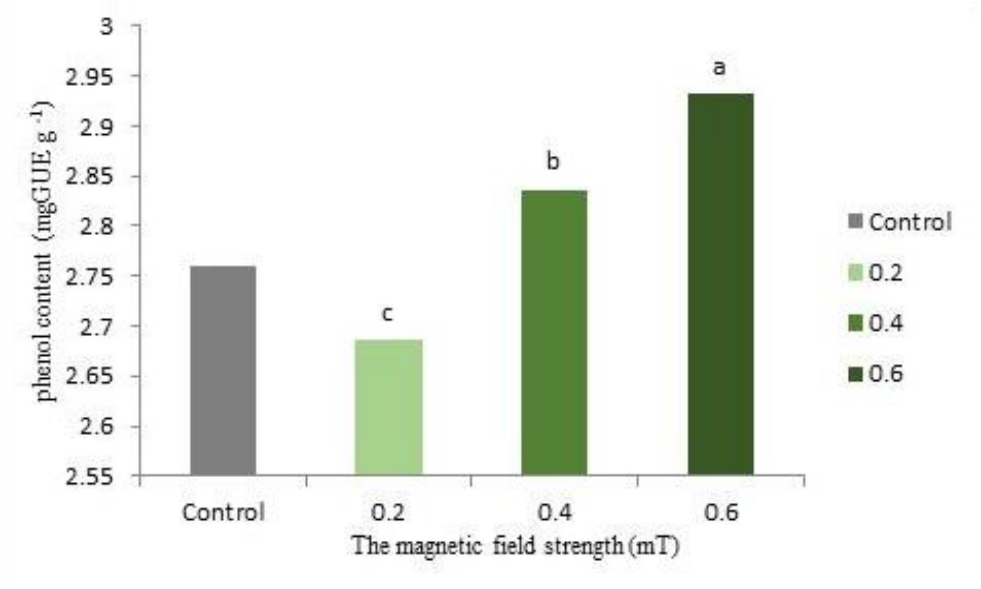
جدول ۱ - آنالیز واریانس اثر شدت و زمان میدان مغناطیسی بر روی میزان فنل

Table 1. Analysis of variance of the effect of magnetic field intensity and time on the amount of phenol

متغیر ها Variables	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square	مقدار F F Value
شدت میدان مغناطیس (میلی تسلا) The magnetic field strength (mT)	2	0.13864844	36.38**
زمان (دقیقه) Time (minutes)	2	0.00320678	0.84 ns
شدت میدان مغناطیس × زمان The magnetic field strength × Time	4	0.00039822	0.10 ns

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

با توجه نمودار اثرات شدت میدان مغناطیسی متفاوت بر روی فنل بامیه شکل ۲ مشاهده می‌شود که در شدت میدان اولیه یعنی شدت میدان ۰/۲ mT محتوای فنل نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرده ولی در میدان ۰/۴ و ۰/۶ mT این روند افزایشی بوده و در میدان مغناطیسی بیشتر میزان فنل نسبت به نمونه شاهد افزایش پیدا کرده است. بدین‌صورت که میدان مغناطیس به عنوان یک تنش مصنوعی موجب واکنش گیاه که همان متابولیسم ثانویه و تولید مواد تاثیر گذار است می شود. میدان الکترومغناطیس می‌تواند باعث تبادل یون‌ها در غشا سلول شود. همچنین با تاثیری که بر روی آنزیم‌ها می‌گذارد می‌تواند باعث تغییر در فرایندهای متابولیکی شود. بدین گونه وجود عناصری با خواص مغناطیسی در سلول میزان تاثیر میدان مغناطیسی را افزایش می‌دهد به‌طوری که بسیاری از الکترون-های جفت نشده با قرارگیری در میدان جفت می شوند (Abbaszadeh *et al.*, 2014). بنابراین، در این تحقیق افزایش میدان افزایش میزان فنل را در پی داشته است.



شکل ۲- نمودار اثرات شدت میدان مغناطیسی متفاوت بر روی محتوای فنل بامیه

Fig 2. Diagram of the effects of different magnetic field intensities on okra phenol content

حروف غیر مشابه کوچک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار

۳-۲-فلاونوئید

در جدول ۲ آنالیز واریانس اثر شدت و زمان میدان مغناطیسی و اثرات متقابل این دو متغیر بر روی میزان فلاونوئید آورده شده است. همان-طور که مشاهده می‌شود فقط اثر شدت میدان مغناطیسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و متغیرهای زمان میدان مغناطیسی و اثرات متقابل شدت و زمان میدان مغناطیسی اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج مقایسه میانگین در شکل ۲ آورده شده است.

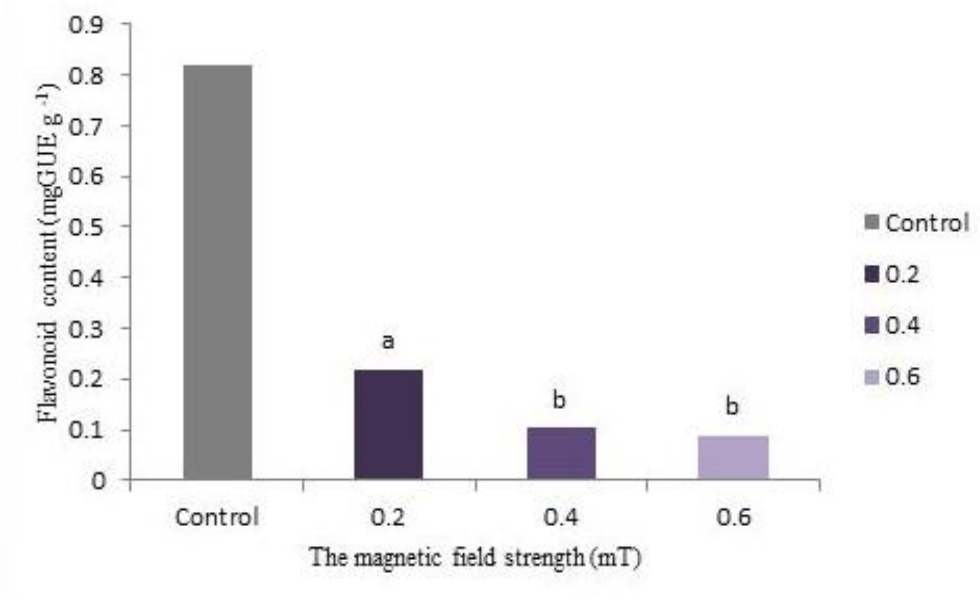
جدول ۲- آنالیز واریانس اثر شدت و زمان میدان مغناطیسی و اثرات متقابل این دو متغیر بر روی میزان فلاونوئید

Table 2 . Analysis of variance of the effect of magnetic field intensity and time on the amount of flavonoids

مقدار F F Value	میانگین مربعات Mean Square	درجه آزادی Degrees of freedom	متغیر ها Variables
6.40^{**}	0.04632532	2	شدت میدان مغناطیس (میلی تسلا) The magnetic field strength (mT)
2.69^{ns}	0.01948207	2	زمان(دقیقه) Time (minutes)
0.70^{ns}	0.00505173	4	شدت میدان مغناطیس × زمان The magnetic field strength × Time

****: وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌داری**

همانطور که در نمودار اثرات شدت میدان مغناطیسی متفاوت بر روی محتوای فلاونوئید بامیه شکل ۳ بررسی شد، با اعمال میدان مغناطیسی به‌بامیه کاهش قابل توجهی در محتوای فلاونوئید نسبت به‌نمونه شاهد صورت گرفته است به‌طوری که این روند کاهش با افزایش شدت میدان مغناطیسی بیشتر شده است. با توجه به شکل ۳ شدت میدان ۰/۲ با mT ۰/۴ دارای اختلاف معنی‌داری بوده‌اند ولی در بحث مقایسه دو شدت میدان دیگر یعنی ۰/۴ و ۰/۶ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی همچنان محتوای فلاونوئید روند کاهشی داشت.



شکل ۳- نمودار اثرات شدت میدان مغناطیسی متفاوت بر روی محتوای فلاونوئید بامیه

Fig 3. Diagram of the effects of different magnetic field intensities on the content of okra flavonoids

حروف غیر مشابه کوچک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار

علت این کاهش فعال شدن اکسیژن و رادیکال‌های آزاد توسط میدان که عملکردهای حیاطی سلول تغییر می‌دهد که در نتیجه کاهش محتوای فلاونوئید را به دنبال خواهد داشت. در تحقیقی تاثیرات اعمال میدان مغناطیسی ایستا با شدت ۱۵ mT بر روی میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و محتوای گیاه باقلا بررسی شد. نتیجه این پژوهش چنین شد که نمونه‌هایی که تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار گرفتند تغییرات معنی‌داری نسبت به‌نمونه شاهد داشته اند.این نتایج بدین صورت بود که میدان مغناطیسی ایستا می تواند در سیستم دفاعی آنتی اکسیدان اختلال ایجاد کند و باعث ایجاد استرس اکسیداتیو در گیاه گردد. در نمونه‌های تیمار شده با میدان مغناطیسی، کاهش محتوای فلاونوئید و کاهش فعالیت آنزیم‌های جاروب کننده گونه های فعال اکسیژن و رادیکال های آزاد سبب تغییر عملکردهای حیاتی سلول می‌شود (Javanijouni *et al.*, 2008). در تحقیقی دیگر بذرهای دو گونه بادام ایرانی تحت میدان مغناطیسی قرار گرفتند که بذر های هرگونه به سه گروه بذر های خشک و رطوبت دیده(شاهد) که دور از میدان بودند و بذر های رطوبت دیده که تحت میدان قرار گرفتند که در این پژوهش شدت میدان وارد شده ۱۰ mT که در طی ۴ روز که هر روز به‌مدت ۴ ساعت تحت میدان قرار گرفتند که میزان فعالیت آنزیم های پلی فنل اکسیداز و فنیل آنالین آمونیالیاز و همچنین محتوای ترکیبات فنلی کل، اسیدهای فنلی ، ترکیبات فلاونوئیدی و آنتوسیانین مورد سنجش قرار گرفت که در بخش محتوای فلاونوئید یکی از گونه های بادام با کاهش میزان فلاونوئید همراه بود (Abdollahi *et al.*, 2018)، که مشابه نتایج ما در این پژوهش بود.

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از میدان مغناطیسی به عنوان پیش تیمار و تاثیر آن بر روی محتوای فنل و فلاونوئید بامیه مطالعه شد. شدت میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱ درصد در میزان محتوای فنل معنی‌دار بود. از آن‌جایی که میدان مغناطیسی بر روی آنزیم های گیاه تاثیر گذاشته و تغییرات متابولیکی را همراه دارد میدان مغناطیس مانند یک تنش مصنوعی عمل کرده و سبب واکنش گیاه که همان متابولیسم ثانویه و تولید مواد تاثیرگذار است، می‌شود. بنابراین وجود عناصری با خواص مغناطیسی در سلول تاثیرگذاری میدان مغناطیسی را افزایش داده و در میدان مغناطیسی باعث جفت شدن بسیاری از الکترون‌های جفت نشده می‌شود. این تغییرات در نمونه با افزایش میدان مغناطیسی، موجبات افزایش میزان فنل را فراهم می‌کند. در بحث میزان محتوای فلاونوئید و با توجه به‌معنی‌داری شدت میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱ درصد و با توجه به‌افزایش شدت میدان، کاهش قابل توجهی در میزان محتوای فلاونوئید مشاهده شد زیرا میدان مغناطیس باعث اختلال در سیستم آنتی اکسیدانی نمونه شده و ایجاد استرس اکسیداتیو در گیاه می‌شود این اختلال و استرس باعث کاهش محتوای فلاونوئید در نمونه بامیه شده است.

۵- منابع

Abbaszadeh, R., Masoumian, M., Shahriar, S., Zenozi, A., Noroozian, A., and Mirsafi F. St. (2014). *Study of the Effect of Electromagnetic Field on the Phenol Production of Aloe Vera Plant*. Iranian Electromagnetic Engineering (KAM) Conference. (In Persian).

Abdollahi, F., Amiri, H., Niknam, V., Ghanati, F., and Mahdigholi, K. (2018). *The Effect Of Static Magnetic Waves On The Content Of Phenolic Compounds In Two Iranian Almond Species*. Journal Of Plant Process and Function. 7(24): 1-10. (In Persian).

Aladjadjiyan, A. (2002). *Study of the Influence of Magnetic Field on Some Biological Characteristics of Zea Mais*. Journal of Central European Agriculture. 3(2):89–94.

Al-Maiman, S. A., and Ahmad, D. (2002). *Changes in physical and chemical properties during pomegranate (Punica granatum L.) fruit maturation*. Food Chemistry. 76(4): 437-441.

Alqasoumi, S. I. (2012). *'Okra' Hibiscus Esculentus L.: A Study of Its Hepatoprotective Activity*. Saudi Pharmaceutical Journal. 20(2):135–41.

Arapitsas, Panagiotis. (2008). *Identification and Quantification of Polyphenolic Compounds from Okra Seeds and Skins*. Food Chemistry. 110(4):1041–45.

Athari Nia, M., & Noori, M., and Ghanati, F. (2008). *Effect Of Static Magnetic Field On Certain Physiological And Biochemical Features Of Cicer Arietinum In Vegetative Growth Phase*. Pajouhesh-Va-Sazandegi, 21(3): 62-68. (In Persian).

Attaguile, G., G. Perticone, G. Mania, F. Savoca, G. Pennisi, and S. Salomone. (2004). *Cistus Incanus and Cistus Monspeliensis Inhibit the Contractile Response in Isolated Rat Smooth Muscle*. Journal of Ethnopharmacology. 92(2–3):245–50.

Belyavskaya, N. A. (2004). *Biological effects due to weak magnetic field on plants*. Advances in space Research. 34(7), 1566-1574. Council, National Research. 2006. *Lost Crops of Africa: Volume II: Vegetables*. Vol. 2. National Academies Press.

De Vos, C. H. R., Schat, H., De Waal, M. A. M., Vooijs, R., and Ernst, W. H. O. (1991). *Increased resistance to copper-induced damage of the root cell plasmalemma in copper tolerant Silene cucubalus*. Physiologia Plantarum. 82(4): 523-528.

Fathiazad, F.,. Ahmadi-Ashtiani, H. R., Rezazadeh, Sh., Jamshidi, M., Mazandarani, M., and Khaki, A. (2010). *Study on Phenolics and Antioxidant Activity of Some Selected Plant of Mazandaran Province*. Journal of Medicinal Plants. 9(34): 177-183. (In Persian).

Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Elsevier.

Gemede, H. F., Ratta, N., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z., and Beyene, F. (2015). *Nutritional quality and health benefits of okra (Abelmoschus esculentus): A review*. J Food Process Technol. 6(458): 2.

Hendee, W. R., and Boteler, J. C. (1994). *The question of health effects from exposure to electromagnetic fields*. Health Physics. *66*(2): 127-136.

Hodek, P., Trefil, P., and Stiborová, M. (2002). *Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450*. Chemico-biological interactions. 139(1): 1-21.

Javanijouni, F., Abdolmaleki, P., and Ghanati, F. (2008). *Effect of Static Magnetic Field on Antioxidant Enzymes Activity and Flavonoid Content in Faba Bean (Vicia Faba L.)*. Research journal of university of isfahan "science". 35(6): 195-208. (In Persian).

Javed, H., Aziz, M. A., and Leghari, R. A. K. (2009). *Resistance in different Okra cultivars (Abelmoschus esculetus L.) against American bollworm (Helicoverpa armigera Huber).* Journal of Agricultural Research. *47*(2): 433-438.

Kabuto, H., Yokoi, I., Ogawa, N., Mori, A., and Liburdy, R. P. (2001). *Effects of magnetic fields on the accumulation of thiobarbituric acid reactive substances induced by iron salt and H2O2 in mouse brain homogenates or phosphotidylcholine*. Pathophysiology. *7*(4): 283-288.

Khoshsokhan Mozaffar, M., Ghanati, F., Zare Maivan, H., Abdolmaleki, P., Khorramishad, K., Etemadi, B., and Vaeszadeh, M. (2006). *The Effects Of Static Magnetic Field on The Metabolism Of Certain Phenolic Compounds In Red Cabbage (Brassica Oleracea L. Cv. Saccata)*. Pajouhesh and Sazandegi. 19(1):43-69. (In Persian).

Lacy-hulbert, A., Metcalfe, J. C., and Hesketh, R. (1998). *Biological responses to electromagnetic fields 1*. The FASEB Journal. 12(6): 395-420.

Liu, I. M., Tzeng, T. F., and Liou, S. S. (2010). *Abelmoschus moschatus (Malvaceae), an aromatic plant, suitable for medical or food uses to improve insulin sensitivity.* Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives. 24(2):233-239.

Maramag, R. P. (2013). *Diuretic Potential of Capsicum Frutescens Linn., Corchorus Oliturius Linn., and Abelmoschus Esculentus Linn*. Asian J. Nat. Appl. Sci. *2*(1): 60-69.

McGlone, V. A., Jordan, R. B., Seelye, R., and Martinsen, P. J. (2002). *Comparing density and NIR methods for measurement of Kiwifruit dry matter and soluble solids content*. Postharvest

Biology and Technology. *26*(2): 191-198.

Michiels, C., Raes, M., Toussaint, O., and Remacle, J. (1994). *Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for cell survival against oxidative stress*. Free radical Biology and medicine. 17(3): 235-248.

Negishi, Y., Hashimoto, A., Tsushima, M., Dobrota, C., Yamashita, M., and Nakamura, T. (1999). *Growth of pea epicotyl in low magnetic field implication for space research*. Advances in Space Research. 23(12): 2029-2032.

Piacentini, M. P., Fraternale, D., Piatti, E., Ricci, D., Vetrano, F., Dachà, M., and Accorsi, A. (2001). *Senescence delay and change of antioxidant enzyme levels in Cucumis sativus L. etiolated seedlings by ELF magnetic fields*. Plant Science. 161(1): 45-53.

Rio, L. C., and Rio, M. M. (2013). *Effect of electro-magnetic field on the growth characteristicsof okra (Abelmoschus esculentus), tomato (Solanum lycopersicum) and eggplant (Solanum melongena).* International Journal of Scientific and Research Publications. 3(10): 41-45.

Ružič, R., Vodnik, D., and Jerman, I. (2000). *Influence of aluminum in biologic effects of ELF magnetic field stimulation*. Electro-and Magnetobiology. 19(1): 57-68.

Saha, D., Jain, B., and Jain, V. K. (2011). *Phytochemical evaluation and characterization of hypoglycemic activity of various extracts of Abelmoschus esculent*us Linn. fruit. Int J Pharm Pharm Sci. 3(2): 183-185.

Sahebjamei, H., Abdolmaleki, P., and Ghanati, F. (2007). Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells. Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association. 28(1): 42-47.

Scaiano, J. C., Cozens, F. L., and McLean, J. (1994). *Model for the rationalization of magnetic field effects in vivo. Application of the radical-pair mechanism to biological systems*. Photochemistry and photobiology. 59: 585-589.

Shariati, F. N., kamkar, A., Shams, A. M. R., Misaghi, A., Jamshidi, A. H., and Jahed, K. G. R. (2012). *Quantitative and qualitative study of phenolic compounds and antioxidant activity of plant Pulicaria gnaphalodes.* Ofogh-E-Danesh. 17(4(54): 35-41.

Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J. O., and Dommes, J. (2009). *Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests*. Food chemistry. 113(4): 1226-1233.

Vinson, J. A., Dabbagh, Y. A., Serry, M. M., and Jang, J. (1995). *Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(11), 2800-2802.

Yano, A., Ohashi, Y., Hirasaki, T., and Fujiwara, K. 2004. *Effects of a 60 Hz magnetic field on photosynthetic CO2 uptake and early growth of radish seedlings.* Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association. *25*(8): 572-581.

Zareei, E., Zaare-Nahandi, F., Oustan, S., and Hajilou, J. (2019). *Effects of magnetic solutions on some biochemical properties and production of some phenolic compounds in grapevine (Vitis vinifera L.).* Scientia Horticulturae. 253: 217-226.