

Research Paper



Investigating the visual durability of plum fruit coated with biosynthesized nanoparticles by plasma



Mohammad Ali Mohammadi^{*1}, Fariborz Heidary², Fatemeh Baharlounezhad³



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:
[10.22034/STRAP.2023.16307](https://doi.org/10.22034/STRAP.2023.16307)

Reference to this article: Mohammadi, M.A; Heidary, F; Baharlounezhad, F; (2024). Investigating the visual durability of plum fruit coated with biosynthesized nanoparticles by plasma. *Scientific Researches in Theoretical and Applied Physics*, 2 (1): 59-65

Keywords

Plasma, Nanoparticles, Plum

A B S T R A C T

One of the food preservation methods is the use of environmentally friendly edible coatings. In this research, a film containing nanoparticles biosynthesized by cold atmospheric pressure direct current plasma was used to cover the plum. The nanoparticles were synthesized in an H-shaped reactor containing a mixture of silver nitrate and basil leaf extract in the form of plasma interaction with the liquid surface. By applying argon plasma to the liquid surface and optimizing the plasma application time and the rate of used materials, silver nanoparticles were obtained under a rapid synthesis process. The electron temperature and density of plasma were measured as 1keV and $5.011 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, respectively. Synthesized nanoparticles in the solution were mixed with agar-agar powder and glycerol in order to prepare the film. The results of ultraviolet-visible spectroscopy show that the synthesized nanoparticles are silver. Also, the experimental results obtained from the analysis of scanning electron microscope images show that the synthesized nanoparticles are below 100 nm with spherical and quasi-spherical morphology. The results of time effect of film on the fruits at 45 days shows that the fruit with 1min coating had a longer shelf life than other fruits in the period of 23 days.

Received: 2023/05/02

Accepted: 2023/05/09

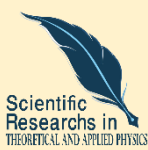
Available: 2024/05/14

* Corresponding Author: Mohammad Ali Mohammadi

E-mail: mohammadidorbash@yahoo.com

1. Faculty of Physics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

مقاله پژوهشی



بررسی ماندگاری بصری میوه آلو پوشش داده شده با نانوذرات بیوسنتز شده با پلاسما



محمد علی محمدی^{1*}، فریبرز حیدری²، فاطمه بهارلونیژاد³



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کرییتیو کامنز قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: محمدی، محمدی، حیدری، فریبرز؛ بهارلونیژاد، فاطمه؛ (1402). بررسی ماندگاری بصری میوه آلو پوشش داده شده با نانوذرات بیوسنتز شده با پلاسما. پژوهش‌های علمی در فیزیک نظری و کاربردی، 2(1): 59-65

DOI: 10.22034/STRAP.2023.16307



چکیده

یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی، استفاده از پوشش‌های خوراکی سازگار با محیط زیست می‌باشد. در این تحقیق از فیلم حاوی نانوذرات بیوسنتز شده تحت پلاسمای سرد فشار اتمسفری جهت پوشش‌دهی میوه آلو استفاده شده است. سنتز نانوذرات در یک راکتور H شکل حاوی مخلوط نیترات نقره و عصاره برگ گیاه ریحان به صورت برهم‌کنش پلاسما با سطح مایع انجام گرفته است. با اعمال پلاسمای گاز آرگون به سطح مایع و بهینه سازی زمان اعمال پلاسما و میزان مواد به کار برده شده، نانوذرات نقره تحت یک روند سریع سنتز شدند. دما و چگالی الکترونی پلاسما به ترتیب 1keV و $5.011 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ اندازه‌گیری شدند. جهت تولید فیلم، از مخلوط نانوذرات سنتز شده در محلول، با پودر آگار - آگار و گلیسرول استفاده گردید. نتایج حاصل از طیف سنجی مرئی - فرابنفش نشان می‌دهند که نانوذرات سنتز شده نقره می‌باشند. همچنین نتایج تجربی حاصل از آنالیز تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان می‌دهند که نانوذرات سنتز شده دارای اندازه زیر 100nm با مورفولوژی کروی و شبه کروی هستند. نتایج به دست آمده از تاثیر زمانی فیلم در مدت 45 روز بر روی میوه‌ها نشان می‌دهد که میوه با پوشش 1min در بازه زمانی 23 روز، دارای ماندگاری بیشتری نسبت به سایر میوه‌ها می‌باشد.

کلیدواژه‌ها

پلاسما، نانوذرات، آلو

دریافت شده: 1402/02/12

پذیرفته شده:
1402/02/19

منتشر شده: 1402/02/24

* نویسنده مسئول: محمد علی محمدی
mohammadidorbash@yahoo.com
رایانامه:

مقدمه

فناوری نانو به شاخه‌ای از علم و مهندسی مواد با ابعادی در حدود 100nm یا کمتر اطلاق می‌شود [1]. در سال‌های اخیر، این نانو فناوری به دلیل کاربردهای آن در زمینه سیستم‌های ذخیره‌سازی الکترونیکی، بیوتکنولوژی، جداسازی مغناطیسی، پیش تغلیظ آنالیت‌های هدف، دارورسانی هدفمند، و ابزار انتقال برای تحویل ژن و دارو مورد استقبال بخش‌های صنعتی قرار گرفته است [2-5]. از این میان، ذرات فلزی در ابعاد نانومتر، اغلب تغییرات قابل توجهی منحصر به فردی از لحاظ خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در مقایسه با هم‌تایان خود در مقیاس میکرو به دلیل نسبت سطح به حجم بالا نشان می‌دهند [6-7]. نانوذرات فلزی اکنون به طور گسترده در علوم زیست پزشکی و مهندسی به کار برده می‌شوند که به دلیل پتانسیل بالای خود در فناوری نانو کانون توجه بسیاری از محققان قرار گرفته‌اند [8]. سنتز نانوذرات فلزی یک حوزه فعال دانشگاهی و مهم‌تر از آن تحقیقاتی - کاربردی و همچنین تولیدی در فناوری نانو به شمار می‌آید که با روش‌های مختلفی از جمله روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی انجام می‌شود [9]. با این حال، روش‌های شیمیایی و فیزیکی مملو از مشکلات بسیاری از جمله استفاده از حلال‌های سمی، تولید محصولات جانبی خطرناک، خطرات زیست محیطی و بیولوژیکی، مصرف انرژی و هزینه بالا هستند که بر این اساس، نیاز به توسعه روش‌های سبز زیست محیطی به منظور سنتز نانوذرات فلزی وجود دارد. یک رویکرد امیدوارکننده به منظور دستیابی به این هدف، بهره برداری از مجموعه منابع بیولوژیکی در طبیعت است. در واقع، در طی چندین سال گذشته، گیاهان، جلبک‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها جهت تولید نانوذرات فلزی به صورت کم هزینه و غیرسمی مورد استفاده قرار گرفتند [10]. در طی سال‌های اخیر، میکروارگانیزم‌ها به عنوان نانوکارخانه‌های دوستدار محیط زیست جهت سنتز نانوذراتی همچون کادمیم سولفید، طلا و نقره مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند [11-15]. به طور خاص، نانو ذرات نقره به عنوان جایگزین جدیدی برای جایگزینی یا تکمیل خواص ضد عفونی کننده دی اکسید گوگرد (SO_2) به دلیل خطرات بالقوه سولفیت‌ها برای سلامت انسان پیشنهاد شده‌اند [16].

پلاسماها به عنوان یک گاز یونیزه از لحاظ شیمیایی به عنوان محیط‌های فعال، وابسته به نوع فعال سازی و توان کاری، به دو گروه پلاسماهای سرد و حرارتی تقسیم می‌شوند. پلاسماهای سرد نیز در دو دسته پلاسماهای فشار بالا و فشار پایین طبقه بندی می‌شوند. با توجه به این تقسیم بندی دمایی و این نکته که پلاسما سرد قادر به ایجاد یک لایه بسیار واکنش پذیر در فاز مایع ناشی از فرآیندهای محرک

مختلف در برهمکنش با سطح مایعات توسط الکترون‌ها، یون‌ها، فوتون‌ها و رادیکال‌های تولیدی است کاربردهای متنوعی برای این فناوری از جمله پوشش‌های سطحی، تصفیه آب، فعل و انفعالات و سنتز نانومواد قابل تعریف است [17-19].

امروزه روش‌های مختلفی جهت سنتز نانومواد پیشنهاد می‌شوند که کارایی لازم از لحاظ نحوه سنتز، مواد استفاده شده در سنتز، سرعت سنتز، نرخ تولید ذرات و غیره را یا به صورت کامل نداشته و یا برخی را شامل می‌شوند. استفاده از پلاسما سرد فشار اتمسفری به ما این امکان را می‌دهد تا با برقراری تماس بین پلاسما و سطح مایع بتوانیم نانومواد با مورفولوژی و اندازه مناسب با سرعت بالا را تهیه نماییم [26-20]. در این تحقیق، نانوذرات نقره به روش سبز با اعمال پلاسما آرگون حاصل از تخلیه تابان DC فشار اتمسفری به مخلوط نیترات نقره و عصاره برگ‌های گیاه ریحان سنتز شدند. پلاسما به عنوان عامل کاهنده Ag^+ ها و عصاره ریحان به عنوان تثبیت کننده ذرات عمل کردند. میوه آلو با نانوذرات بیوسنتز شده تحت پلاسما، پوشش داده شد و ماندگاری آن در طی مدت 45 روز مورد مطالعه قرار گرفت. پارامترهای دما و چگالی پلاسما تولیدی به روش طیف‌سنجی گسیلی مشخص شدند. مشخصه‌یابی نانو ذرات سنتز شده توسط آنالیز-های میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) و طیف سنجی مرئی-فرابنفش (UV-Vis) جهت تعیین اندازه و مورفولوژی نانوذرات و همچنین شناسایی نانوذرات صورت گرفت.

کارهای آزمایشگاهی

1. مراحل آماده سازی و تهیه عصاره گیاه ریحان

برگ‌های تازه ریحان شسته شده با آب مقطر، خرد شده و سپس 40gr از برگ گیاه با 200ml آب مقطر در بشر سر بسته‌ای به مدت 5min در دمای $96^{\circ}C$ جوشانده شد. محلول حاصل پس از سرد شدن در دمای اتاق از کاغذ صافی واتمن شماره 42 عبور داده شد و برای استفاده‌های مجدد در دمای $4^{\circ}C$ ذخیره گردید.

2. مراحل آماده سازی و تهیه محلول راکتور

مخلوط محلول نیترات نقره $10^{\circ}C$ و عصاره گیاه ریحان $10^{\circ}C$ به نسبت‌های بهینه به مدت 10min در حمام اولتراسونیک با دمای $70^{\circ}C$ قرار گرفتند. مخلوط اولیه پیش از اعمال پلاسما به رنگ سبز روشن بود که محفظه راکتور با آن پر شد. دمای محلول حاصل از ترکیب محلول نیترات نقره با عصاره پیش از اعمال پلاسما در دمای اتاق ($22^{\circ}C$) قرار داشت که در طی سنتز به $30^{\circ}C$ رسید.

3. چیدمان تولید پلاسما

آزمایش در راکتور لوله H شکل متقارن 150ml از جنس پیرکس معروف به هافمن انجام گرفت که چیدمان مربوط به آن در شکل 1 نشان داده شده است. در راکتور هافمن دو لوله قائم با ارتفاع 20cm و قطر داخلی 2cm با یک لوله اتصال به قطر داخلی 2cm به یکدیگر متصل شدند. هر دو الکترود کاتد و آند از جنس میله‌های تنگستنی با قطر 2.5mm انتخاب شدند. الکترود کاتد در سمت چپ راکتور در فاصله 2.5mm بر روی سطح مایع قرار گرفت و در سمت راست، الکترود آند در داخل مایع غوطه‌ور شد. جریان جرمی گاز عبوری (دبی) در سیستم برابر با 50sccm انتخاب شد. پلاسما توسط یک منبع تغذیه DC با ولتاژ 4kV توسط گاز آرگون در فاصله تقریبی 2.5mm مابین نوک انتهایی الکترود کاتد و سطح مایع تشکیل شد.



شکل 1. چیدمان راکتور هافمن جهت اعمال پلاسما.

4. مراحل آماده سازی و تهیه محلول نقره - آگار

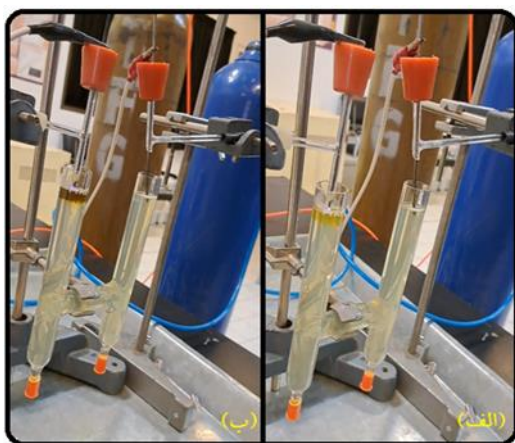
محلول نانوذرات نقره بیوسنتز شده همراه با آگار 0.6 درصد (درصد وزنی - حجمی) نسبت به نانوذرات نقره در دمای 96°C به مدت 15min به شدت هم زده شد. سپس گلیسیرویل 1.5 درصد (درصد حجمی - حجمی) نسبت به نانوذرات نقره به آن اضافه شد و به مدت 5min دیگر هم زده شد. دمای محلول برای پوشش میوه‌ها تا قبل از تبدیل شدن به ژل و تا دمای محیط کاهش یافت. غلظت نقره در محلول حاصل برابر 2ppm بود.

5. پوشش دهی میوه آلو با محلول نقره - آگار

به منظور حذف آلودگی‌های سطحی از جمله گرد و غبار و کثیفی، میوه‌های آلو با آب مقطر شسته شدند. میوه‌ها پس از خشک شدن، یکبار به مدت 0.5min و بار دیگر به مدت 1min در محلول نانوذرات نقره-آگار غوطه‌ور شدند تا یک پوشش نازک بر روی سطح میوه‌ها تشکیل شود. سپس میوه‌ها در دمای اتاق جهت تجزیه و تحلیل ماندگاری بصری آن‌ها نسبت به زمان غوطه‌وری در محلول به مدت 45 روز در شرایط اتاق نگهداری شدند.

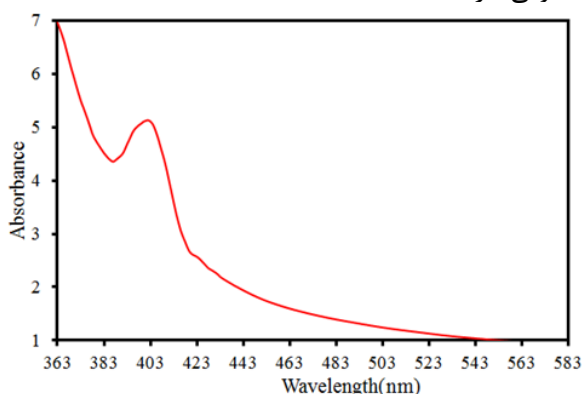
بحث

در شکل 2 (الف) با اعمال ولتاژ از منبع تغذیه DC، پلاسمای آرگون با نور بنفش متمایل به آبی در سمت کاتد مابین نوک الکترود و سطح مایع تشکیل شد و کار الکترود دهی با یونیزاسیون گاز آرگون در انتهای الکترود کاتد آغاز گردید. با برقراری جریان در مدار، انتشار الکترودها از لوله شیشه‌ای افقی موجود بین دو لوله قائم به سمت الکترود آند آغاز شد و به مدت 2min ادامه پیدا کرد. پس از مدت زمان کمتر از 1min هاله‌ای زرد رنگ در مایع به فاصله 1cm از سطح مایع در سمت کاتد تشکیل شد. بر طبق شکل 2 (ب) پس از مدت زمان کمتر از 2min تغییر رنگ از زرد به قهوه‌ای روشن و سپس به قهوه‌ای تیره در 2min مشاهده شد که نشان دهنده بیوسنتز نانوذرات نقره به روش سبز پلاسما بود [27]. در ادامه از محلول قهوه-ای رنگ حاصل در قسمت بالایی راکتور جهت تهیه محلول نقره - آگار استفاده شد.



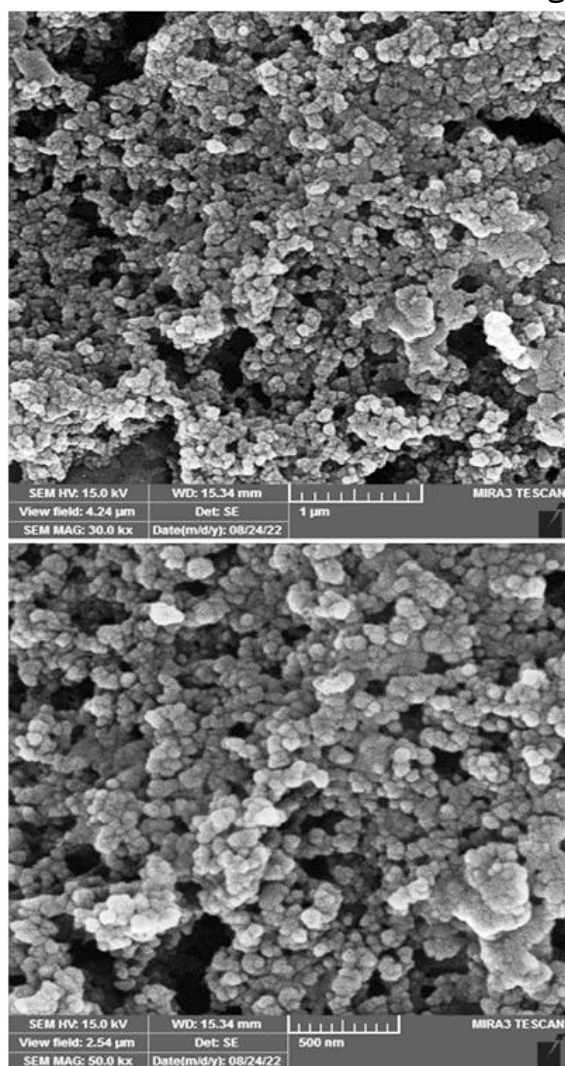
شکل 2. بیوسنتز نانوذرات نقره از محلول مخلوط نیترات نقره و عصاره گیاه ریحان توسط پلاسما.

وجود نانوذرات نقره ریز نسبت داد که با نتایج FE-SEM نیز همخوانی دارند [27].

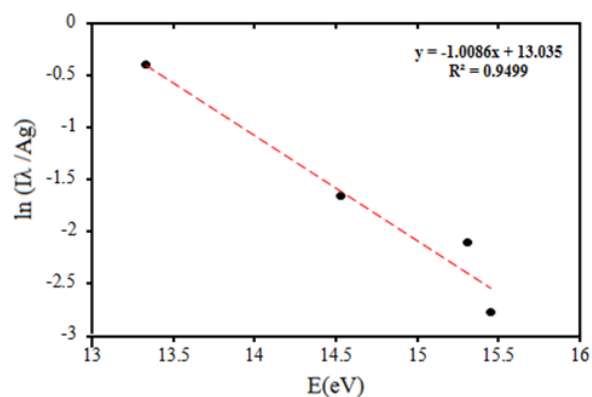


شکل 5. طیف جذب محلول مخلوط نیترات نقره و عصاره گیاه ریحان پس از اعمال پلاسما.

نتایج حاصل از FE-SEM در شکل 6، نانوذرات نقره را به صورت ذرات کروی و شبه کروی با متوسط اندازه کمتر از 100nm نشان می‌دهند.

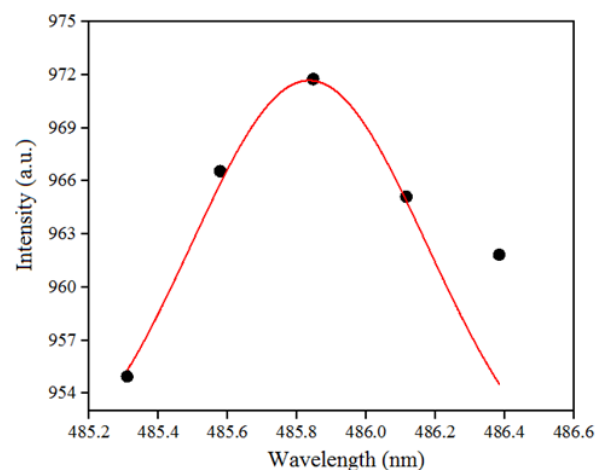


دما و چگالی الکترونی پلاسما با استفاده از طیف‌سنجی گسیلی محاسبه شدند [28-29]. دمای الکترونی پلاسما توسط روش استاندارد نمودار بولتزمن مطابق با شکل 3 برابر با 1eV به دست آمد.



شکل 3. نمودار بولتزمن حاصل از خطوط طیفی (Ar I) در ولتاژ 4kV.

چگالی الکترونی پلاسما با روش پهن‌شدگی استارک خط بالمر هیدروژن با محاسبه پهن‌شدگی‌های وان در والسی و لورنتز برابر با $5.011 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ به دست آمد. مقایسه داده‌های تجربی و نمایه ویت پهن شدگی استارک خط بالمر هیدروژن برای پلاسمای آرگون در شکل 4 نشان داده شده است.



شکل 4. مقایسه داده‌های تجربی (نقاط توپر) و نمایه ویت (خط توپر) پهن شدگی استارک خط بالمر هیدروژن.

نتایج حاصل از آنالیزهای UV-Vis و FE-SEM مربوط به نمونه سنتز شده به ترتیب در شکل‌های 5 و 6 نشان داده شده‌اند. همانگونه که از آنالیز UV-Vis در شکل 5 مشاهده می‌شود یک قله در طول موج 402nm وجود دارد که حاصل از جذب توسط نانوذرات نقره می‌باشد [27,30]. با توجه به طول موج جذب، می‌توان جذب را به

شکل 6. تصاویر SEM نانوذرات نقره سنتز شده توسط پلاسما.

در شکل 7 مقایسه بصری ماندگاری میوه آلوی بدون پوشش (میوه A)، و همچنین پوشش داده شده در مدت زمان 1min (میوه B) و 0.5min (میوه C) در شرایط محیطی اتاق و در مدت 45 روز نشان داده شده است. بر طبق تصاویر، میوه آلوی B نسبت به سایر میوه‌ها از ماندگاری مطلوبی برخوردار می‌باشد.



شکل 7. مقایسه بصری ماندگاری میوه‌های آلوی بدون پوشش (A)، پوشش داده شده در مدت زمان 1min (B) و 0.5min (C) در طول زمان 45 روز.

بر طبق نتایج، طراوت و ماندگاری بالای میوه B تا روز بیست و سوم نسبت به میوه‌های A و C مشاهده می‌شود. پوسیدگی (کپک زدگی) میوه A از روز نهم و میوه C از روز یازدهم آغاز شده است که این پوسیدگی برای میوه C کمتر از میوه A است. مدت زمان شروع پوسیدگی برای میوه B به مراتب بیش از سایر موارد است به طوری که تا روز چهل و پنجم اثری از پوسیدگی در آن دیده نمی‌شود. این

تاخیر زمانی پوسیدگی برای میوه‌های پوشش داده شده، به دلیل وجود نانوذرات آنتی باکتریال نقره موجود در فیلم بر روی سطح آن‌ها است که در میوه B به دلیل زمان غوطه‌وری بالا در محلول حاصل، لایه ضخیم‌تری با غلظت بالاتر نانوذرات نقره ایجاد شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آنالیز UV-Vis نشان داد که بیوسنتز نانوذرات نقره تحت برهمکنش پلاسما با مایع انجام شده است. دما و چگالی الکترونی پلاسما به ترتیب 1keV و $5.011 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ اندازه‌گیری شد. با توجه به تصاویر SEM، نانوذرات با اندازه زیر 100nm با مورفولوژی کروی و شبه کروی حاصل شدند. با استفاده از مخلوط نانوذرات سنتز شده در محلول، با پودر آگار - آگار و گلیسرول، فیلم جهت پوشش-دهی تهیه گردید. بررسی‌های مربوط به تاثیر فیلم بر روی میوه‌ها در مدت 45 روز نشان داد که میوه B در بازه زمانی 23 روز ماندگاری بیشتری نسبت به میوه‌های A و C داشت.

مرجع‌ها

- [1] O.V. Salata, Applications of nanoparticles in biology and medicine, *Journal of nanobiotechnology* 2 (2014) 1-6. <https://doi.org/10.1186/1477-3155-2-3>.
- [2] Y.S. Kang, S. Risbud, J.F. Rabolt, P. Stroeve, Synthesis and characterization of nanometer-size Fe_3O_4 and $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles. *Chemistry of Materials* 8 (1996) 2209-2211. <https://doi.org/10.1021/cm960157j>.
- [3] Q.A. Pankhurst, J. Connolly, S.K. Jones, J. Dobson, Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine, *Journal of physics D: Applied physics* 36 (2003) R167-R181. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/36/13/201>.
- [4] J. Dobson, Gene therapy progress and prospects: magnetic nanoparticle-based gene delivery, *Gene therapy* 13 (2006) 283-287. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.gt.3302720>
- [5] S.C. McBain, H.H.P. Yiu, J. Dobson, Magnetic nanoparticles for gene and drug delivery. *International journal of nanomedicine* 3 (2008) 169-180. <https://doi.org/10.2147/ijn.s1608>.
- [6] K.M.M. Abou El-Nour, A. Eftaiha, A. Al-Warthan, R.A.A. Ammar, Synthesis and applications of silver nanoparticles, *Arabian journal of chemistry* 3 (2010) 135-140. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.04.008>.
- [7] S.L. Li, J. Hu, W. Yang, A.P. Alivisatos, A.P., Band gap variation of size-and shape-controlled colloidal CdSe quantum rods, *Nano letters* 1(2001) 349-351. <http://dx.doi.org/10.1021/nl015559r>.
- [8] V.V. Mody, R. Siwale, A. Singh, H.R. Mody, Introduction to metallic nanoparticles, *Journal of Pharmacy and Bioallied*

- Journal of The Electrochemical Society* **166** (2019) C3200–C3206. <http://dx.doi.org/10.1149/2.0241911jes>.
- [20] N. Shirai, S. Uchida, F. Tochikubo, Synthesis of metal nanoparticles by dual plasma electrolysis using atmospheric dc glow discharge in contact with liquid. *Japanese Journal of Applied Physics* **53** (2014) 046202. <https://doi.org/10.7567/jjap.53.046202>.
- [21] G. Saito, T. Akiyama, Nanomaterial synthesis using plasma generation in liquid. *Journal of Nanomaterials*, **2015** (2015) 1-21. <https://doi.org/10.1155/2015/123696>.
- [22] Q. Chen, J. Li, Y. Li, A review of plasma–liquid interactions for nanomaterial synthesis. *Journal of Physics D: Applied Physics* **48** (2015) 424005. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/48/42/424005>.
- [23] Q. Chen, T. Kaneko, R. Hatakeyama, Reductants in gold nanoparticle synthesis using gas–liquid interfacial discharge plasmas. *Applied Physics Express* **5** (2012) 086201. <https://doi.org/10.1143/apex.5.086201>.
- [24] J.E. Foster, Plasma-based water purification: challenges and prospects for the future, *Physics of Plasmas* **24** (2017) 055501. <https://doi.org/10.1063/1.4977921>.
- [25] T. Kareem, A. Kalliani, Glow discharge plasma electrolysis for nanoparticles synthesis. *Ionics* **18** (2011) 315-327. <https://doi.org/10.1007/s11581-011-0639-y>.
- [26] N.K. Kaushik, N. Kaushik, N.N. Linh, B. Ghimire, A. Pengkit, J. Sornsakdanuphap, S.J. Lee, E.H. Choi, Plasma and nanomaterials: fabrication and biomedical applications, *Nanomaterials* **9** (2019) 98. <https://doi.org/10.3390/nano9010098>.
- [27] S. Pirtarighat, M. Ghannadnia, S. Baghshahi, Biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum basilicum* cultured under controlled conditions for bactericidal application, *Materials Science and Engineering: C* **98** (2019) 250-255. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.12.090>.
- [28] F. Baharlounezhad, M.A. Mohammadi, M.S., Zakerhamidi, Plasma synthesis of ammonia by asymmetric electrode arrangement. *Materials and Manufacturing Processes* **38** (2023) 159-169. <https://doi.org/10.1080/10426914.2022.2105875>.
- [29] https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html.
- [30] L.M. Fu, J.H. Hsu, M.K. Shih, C.W. Hsieh, W.J. Ju, Y.W. Chen, B.H. Lee, C.Y. Hou, Process optimization of silver nanoparticle synthesis and its application in mercury detection, *Micromachines* **12** (2021) 1123. <https://www.mdpi.com/2072-666X/12/9/1123>.
- Sciences* **2** (2010), 282. <http://dx.doi.org/10.4103/0975-7406.72127>.
- [9] R. Augustine, A. Hasan, *Phytonanotechnology: Challenges and prospects micro and nano technologies*, Elsevier Science, (2020).
- [10] K.N. Thakkar, S.S. Mhatre, R.Y. Parikh, Biological synthesis of metallic nanoparticles, *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine* **6** (2010), 257-262. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2009.07.002>.
- [11] A. Ahmad, P. Mukherjee, D. Mandal, S. Senapati, M. Khan, R. Kumar, M. Sastry, Enzyme mediated extracellular synthesis of CdS nanoparticles by the fungus, *fusarium oxysporum*, *Journal Of The American Chemical Society* **124** (2002) 12108-12109. <https://doi.org/10.1021/ja027296o>.
- [12] P. Mukherjee, S. Senapati, D. Mandal, A. Ahmad, M., Khan, R. Kumar, M. Sastry, Extracellular Synthesis of Gold Nanoparticles by the Fungus *Fusarium oxysporum*, *Chembiochem* **3** (2002) 461-463. <https://doi.org/10.1021/ja027296o>.
- [13] A. Ahmad, P. Mukherjee, S. Senapati, D. Mandal, M. Khan, R. Kumar, M. Sastry, **121** (2002). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Fusarium oxysporum*. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces* **28** (2003), 313-318. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(02\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(02)00174-1).
- [14] X. Li, H. Xu, Z. Chen, G. Chen, Biosynthesis of nanoparticles by microorganisms and their applications. *Journal of Nanomaterials* **2011** (2011) 1-16. <https://doi.org/10.1155/2011/270974>.
- [15] A.M. Fayaz, K. Balaji, M. Girilal, P.T. Kalaichelvan, R. Venkatesan, Mycobased synthesis of silver nanoparticles and their incorporation into sodium alginate films for vegetable and fruit preservation. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry* **57** (2009), 6246-6252. <https://doi.org/10.1021/jf900337h>.
- [16] M. Shahat, M., Ibrahim, A. Osheba, I. Taha, Preparation and characterization of silver nanoparticles and their use for improving the quality of apricot fruits. *Al-Azhar Journal Of Agricultural Research* **45** (2020), 33-43. <https://doi.org/10.21608/ajar.2020.126625>.
- [17] C. Tendero, C. Tixier, P. Tristant, J. Dismaison, P. Leprince, Atmospheric pressure plasmas: a review. *Spectrochimica Acta Part B* **61** (2006) 2-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sab.2005.10.003>.
- [18] J.E. Foster, Plasma-based water purification: challenges and prospects for the future. *Physics of Plasmas* **24** (2017) 055501. <https://doi.org/10.1063/1.4977921>.
- [19] D.W. Kim, B. Lee, D.W. Park, Anodizing behavior of copper by plasma electrolysis in deionized water as a sole electrolyte.