# کاربرد طیف سنجی فلورسانس در ارزیابی میزان تازگی برگ کاهو پس از تابش پلاسمای سرد فشار اتمسفری

**عباسی، حامد[۱]؛ بانی، محمد امین[۱]؛ ناظری، مجید[۱]؛ میره ای، سید احمد[۲]**

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

[۲] دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

## چکیده

از تابش پلاسمای سرد به عنوان یک روش جدید و کارآمد برای کاربرد های بهداشتی و ضد میکروبی استفاده می شود. اگرچه تابش پلاسما بر روی میوه ها و سبزیجات می تواند باعث ایجاد خواص مطلوبی شود، در عین حال تابش طولانی مدت آن ممکن است منجر به کاهش ماندگاری آن ها شود. هدف این مطالعه به دست آوردن زمان بهینه تابش پلاسمای سرد آرگون برای آسیب نرساندن به تازگی و سالم ماندن برگ کاهو است. برای این منظور از طیف سنجی فلورسانس استفاده شده است. برگ های کاهو پیش و پس از تابش پلاسما با زمان های متفاوت توسط دیود نور گسیل فرابنفش القا شده و طیف فلورسانس آن ها مورد بررسی قرار گرفته است.

# Application of Fluorescence Spectroscopy in the Freshness Control of Lettuce Leaf after Irradiation of Cold Atmospheric Pressure Plasma

**Abbasi, Hamed[1]; Bani, Mohammad Amin[1]; Nazeri, Majid[1]; Mireei, Seyed Ahmad[2]**

*[1] Faculty of Physics, University of Kashan, Kashan, Iran, Email: m_nazeri@kashanu.ac.ir*
*[2] College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran*

## Abstract

*Cold plasma is used as a novel and useful technique for sanitizing and antimicrobial applications. Although irradiation of plasma on fruits and vegetables can create desired properties, its long-time irradiation may decrease their life. The aim of this study is to evaluate the optimal irradiation time of cold argon plasma for maintaining freshness and safety of lettuce. Fluorescence spectroscopy is used to do so. Lettuce leaves have been induced using ultraviolet LED and their fluorescence spectra have been investigated before and after irradiation of plasma with various durations.*

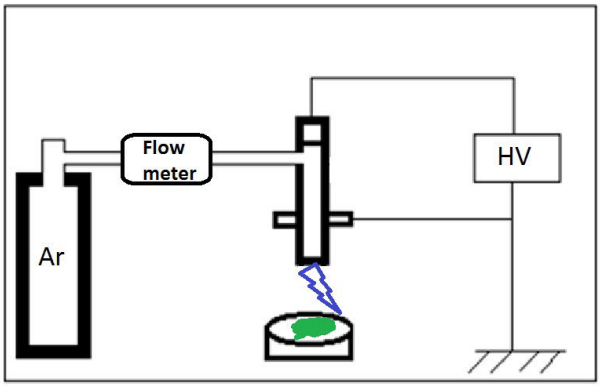
### مقدمه

انواع مختلفی از ساختار های متفاوت برای تولید پلاسما هـای گرم و سرد در فشار اتمسفر توسـعه یافتـه و مـورد بررسـی قـرار گرفته اند [۱-۵]. فهرستی از انواع ساختار های تولید پلاسمای غیر حرارتی در فشار اتمسفر را می توان در اینجا یافـت [۶]. از دلایـل مهم مورد توجـه قـرار گـرفتن جـت هـای پلاسـمای سـرد فشـار اتمسفری می توان به قیمت مناسب، قابل حمل بودن، دمای پـایین و راه اندازی آسان اشاره نمود. از پلاسمای سـرد فشـار اتمسـفری استفاده های زیادی در علوم مختلف به عمل آمده است. می تـوان یک مقاله مروری کامل در این ضمینه را در [۷] یافـت. ایـن مقالـه مروری، به طور جامعی به بررسی کارآیی منابع گوناگون پلاسما در شاخه های مختلف علوم و فنـاوری ماننـد زیسـت فنـاوری، نـانو فناوری، فرایند های شیمیایی، مطالعه سطوح، تصـفیه آب، اصـلاح مواد غذایی و کشاورزی و غیره می پردازد. پژوهش های گوناگونی

دربـاره ی تـاثیرات پلاسـما بـر روی مـواد غـذایی و محصـولات کشاورزی را می توان یافت [۸-۱۶]. در بسیاری از موارد از تـابش پلاسمای سرد برای کاربرد های بهداشتی و ضد میکروبی اسـتفاده می شود. به طور ویژه، این نوع پژوهش هـا روی انـواع مختلـف کاهو و کلم نیز انجام شده است [۱۷-۲۰]. اگرچه تابش پلاسما بر روی میوه ها و سبزیجات می تواند باعث ایجاد خـواص مطلـوبی شود، در عین حال تابش طولانی مدت آن می تواند منجر به کاهش ماندگاری آن ها شود. از آنجایی که کاهش شـدت فلورسـانس بـه منزله ی کـاهش میـزان تـازگی بـرگ کـاهو اسـت، مـی تـوان بـا مقایسه ی شدت فلورسانس نمونه ها با نمونه بـدون تـابش، زمـان مناسب برای تابش پلاسما را به دست آورد [۲۰]. هدف این مطالعه به دست آوردن زمان بهینه تابش پلاسمای سرد آرگون برای آسیب نرساندن به تازگی و سالم ماندن برگ کاهو است.

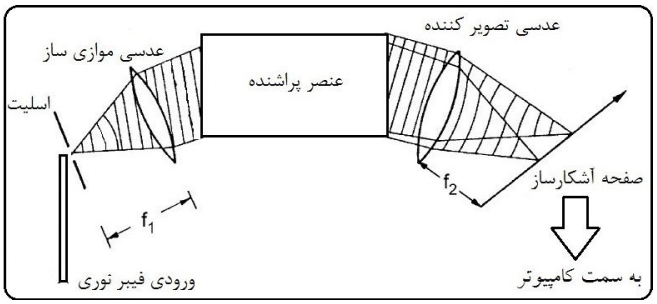
## شرح مراحل آزمایش

یک اختلاف پتانسیل 10 KV با جریان متناوب بین دو الکترود مسی قرار گرفته بین یک دی الکتریک اعمال می‌شود و الکترون های گاز آرگون وارد شده برانگیخته شده و تشکیل پلاسما می‌دهند. از گاز آرگون صنعتی خالص با درصد خلوص ۹۹.۹۹ ٪ به عنوان گاز پلاسما شونده استفاده شده است. میزان شارش گاز آرگون 2.5 lit/min انتخاب شده است. دمای پلاسمای تشکیل شده در حد دمای اتاق بوده است. شکل (۱) شماتیک جت پلاسما حین کارکرد را نشان می دهد.




شکل۱ : شمایی از جت پلاسما حین کارکرد.

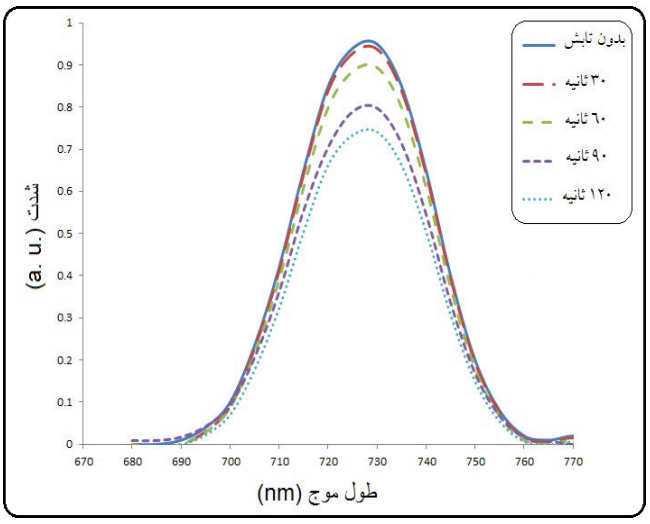
زمان های تابش ۳۰ ثانیه، ۶۰ ثانیه، ۹۰ ثانیه و ۱۲۰ ثانیه انتخاب شدند. پلاسما به صورت مستقیم به برگ های کاهو تابانده شد. فاصله ی انتهای جت تا سطح کاهو 2 cm انتخاب شد. برای سه روز متوالی این تابش در زمان مشابهی از شبانه روز بر روی برگ های کاهو انجام گرفت. برگ های کاهو در ابعاد 2 cm در 2 cm از یک بوته کاهوی تازه انتخاب و بریده شدند. سعی شد تا حد امکان تکه های بریده شده از نقاط مشابه و با رنگ و خصوصیات یکسان انتخاب و بریده شوند. در کلیه مراحل آزمایش تکه های بریده شده برگ کاهو در یخچال نگه داری شدند. پیش از تابش پلاسما و پس از گذشت سه روز از اولین تابش طیف فلورسانس برگ های کاهو اندازه گیری شد. شکل (۲) شماتیک داخلی طیف سنج ساخته شده و شکل (۳) تصویر طیف سنج ساخته شده را نشان می دهد.




شکل۲ : شماتیک داخلی طیف سنج ساخته شده.

شکل۳ : تصویر طیف سنج ساخته شده.

به منظور طراحی و ساخت یک طیف سنج مناسب باید علاوه بر داشتن اطلاعات اپتیکی مناسب از اطلاعات الکترونیکی، کامپیوتری و همچنین مکانیکی مناسبی برخوردار بود. طراحی الکترونیکی مناسب بالا رفتن عمر قطعات الکترونیکی و پایین آمدن نوفه ایجاد شده در سامانه را تضمین می کند. داشتن اطلاعات کامپیوتری مناسب جهت ارتباط دستگاه با کامپیوتر لازم است. طراحی مکانیکی مناسب نیز ثبات سامانه را متضمن می شود. با این حال طراحی اپتیکی مناسب مهمترین بخش کار است. خروجی دستگاه از طریق پورت USB به کامپیوتر متصل می شود. از نرم افزار برنامه نویسی LabVIEW برای نوشتن برنامه ی کنترل، مشاهده و ذخیره اطلاعات بر روی کامپیوتر استفاده شده است. طیف سنج طراحی شده دارای محدوده آزاد طیفی وسیعی بوده به نحوی که از 350 nm تا 950 nm را به صورت همزمان تحت پوشش قرار می دهد. در طیف سنجی فلورسانس معمولا از منبع تحریک لیزر استفاده می شود و به آن طیف سنجی فلورسانس القایی لیزری (LIF Spectroscopy) گفته می شود. اما در سال های اخیر همزمان با توسعه ی دیود های نور گسیل، این نوع دیود ها توانسته اند در بسیاری از موارد جایگزین مناسبی برای لیزر های گران قیمت برای تحریک ماده به تابش فلورسانس باشند. برای تحریک کاهو به تابش فلورسانس از یک دیود نور گسیل فرابنفش (UV LED) با نام تجاری Edison, Federal Color Series و با توان 1.3 W استفاده شده است. مدل LED استفاده شده 2FX001VX00F02001 بوده که دارای طول موج تابش بین 390-410 nm، زاویه لامبرتین ۱۲۰ درجه، ولتاژ کاری 3.4 V و جریان 350 mA می باشد. برای ثبات طول موج و شدت این دیود نور گسیل از هیت سینک برای ثابت نگه داشتن دمای آن و از درایور یک در یک LED به عنوان منبع تغذیه با خروجی پایدار استفاده شده است. می توان برای افزایش شدت نور رسیده به سطح برگ کاهو از عدسی استفاده کرد. برگ های کاهو پیش و پس از زمان های متفاوت تابش پلاسما، توسط دیود نور گسیل فرابنفش القا شده و طیف فلورسانس آن ها مورد بررسی قرار گرفته است. با تغییر زاویه برگ کاهو و فیبر نوری ورودی می توان طیف بازتاب و طیف فلورسانس را به صورت همزمان یا طیف فلورسانس تنها را وارد طیف سنج کرد. شکل (٤) طیف فلورسانس برگ های کاهو پس از سه روز تابش منظم پلاسما با زمان های متفاوت را نشان می دهد.




شکل ٤: طیف فلورسانس نمونه های مختلف.

همانگونه که در شکل مشاهده می شود طیف فلورسانس نمونه ی ۳۰ ثانیه تابش دارای افت فلورسانس قابل توجهی نیست. اما نمونه های با زمان تابش بالای ٦٠ ثانیه افت فلورسانس قابل توجهی را از خود نشان داده اند.

## نتیجه گیری

جت پلاسمای سرد فشار اتمسفری و طیف سنج فلورسانس طراحی و ساخته شدند. زمان های تابش مختلفی برای تابش منظم پلاسما در سه روز متوالی انتخاب شد. طیف فلورسانس نمونه بدون تابش و همچنین سایر نمونه ها با روش طیف سنجی فلورسانس القا شده با دیود نور گسیل اندازه گیری شد. همان گونه که گفته شد، کاهش شدت فلورسانس به منزله ی کاهش میزان تازگی برگ کاهو است. حال با مقایسه ی شدت فلورسانس نمونه ها با نمونه بدون تابش می توان این گونه نتیجه گرفت که زمان مناسب تابش پلاسما جهت آن که ضمن ایجاد خواص مطلوب، مانند خواص بهداشتی و ضد میکروبی، به تازگی کاهو آسیب نرسد زمانی زیر ٦٠ ثانیه است.

## سپاسگزاری

نویسندگان مایلند تا بدین وسیله از راهنمایی های ارزنده جناب آقای شهریار میر پور تشکر کنند.

## مرجع‌ها

[۱] Tendero, C., C. Tixier, P. Tristant, J. Desmaison and P. Leprince (2006). "Atmospheric pressure plasmas: A review." *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* **61**(1): 2-30.

[۲] Nijdam, S., E. van Veldhuizen, P. Bruggeman and U. Ebert (2012). "An Introduction to Nonequilibrium Plasmas at Atmospheric Pressure." *Plasma Chemistry and Catalysis in Gases and Liquids*: 1-44.

[۳] Schutze, A., J. Y. Jeong, S. E. Babayan, J. Park, G. S. Selwyn and R. F. Hicks (1998). "The atmospheric-pressure plasma jet: a review and comparison to other plasma sources." *Plasma Science, IEEE Transactions on* **26**(6): 1685-1694 .

[٤] Laroussi, M. and T. Akan (2007). "Arc-Free Atmospheric Pressure Cold Plasma Jets: A Review." *Plasma Processes and Polymers* **4**(9): 777-788.

[٥] Konesky, G. (2009). "Dwell time considerations for large area Cold Plasma decontamination. " *SPIE Defense, Security, and Sensing, International Society for Optics and Photonics*.

[٦] Nehra, V., A. Kumar and H. Dwivedi (2008). "Atmospheric non-thermal plasma sources." *International Journal of Engineering* **2**(1): 53.

[٧] Attri, P., Arora, B., & Choi, E. H. (2013). Utility of plasma: a new road from physics to chemistry. *RSC Advances*, **3**(31), 12540-12567.

[٨] Misra, N. N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J. P., Keener, K. M., & Cullen, P. J. (2014). In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. *Journal of Food Engineering*, **125**, 131-138.

[٩] Pankaj, S. K., Misra, N. N., & Cullen, P. J. (2013). Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmospheric pressure cold plasma based on dielectric barrier discharge. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **19**, 153-157.

[١٠] Perni, S., Shama, G., & Kong, M. G. (2008). Cold atmospheric plasma disinfection of cut fruit surfaces contaminated with migrating microorganisms. *Journal of Food Protection*, **71**(8), 1619-1625.

[١١] Fernández-Gutierrez, S. A., Pedrow, P. D., Pitts, M. J., & Powers, J. (2010). Cold atmospheric-pressure plasmas applied to active packaging of apples. *Plasma Science, IEEE Transactions on*, **38**(4), 957-965.

[١٢] Fröhling, A., Durek, J., Schnabel, U., Ehlbeck, J., Bolling, J., & Schlüter, O. (2012). Indirect plasma treatment of fresh pork: Decontamination efficiency and effects on quality attributes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **16**, 381-390.

[١٣] Perni, S., Liu, D. W., Shama, G., & Kong, M. G. (2008). Cold atmospheric plasma decontamination of the pericarps of fruit. *Journal of Food Protection*, **71**(2), 302-308.

[١٤] Surowsky, B., Fröhling, A., Gottschalk, N., Schlüter, O., & Knorr, D. (2014). Impact of cold plasma on Citrobacter freundii in apple juice: Inactivation kinetics and mechanisms. *International journal of food microbiology*. **174**. 63–71.

[١٥] Tappi, S., Berardinelli, A., Ragni, L., Dalla Rosa, M., Guarnieri, A., & Rocculi, P. (2013). Atmospheric gas plasma treatment of fresh-cut apples. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.

[١٦] Schlüter, O., Ehlbeck, J., Hertel, C., Habermeyer, M., Roth, A., Engel, K. H., & Eisenbrand, G. (2013). Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods. *Molecular nutrition & food research*, **57**(5), 920-927.

[١٧] Grzegorzewski, F., Rohn, S., Kroh, L. W., Geyer, M., & Schlüter, O. (2010). Surface morphology and chemical composition of lamb's lettuce (Valerianella locusta) after exposure to a low-pressure oxygen plasma. *Food chemistry*, **122**(4), 1145-1152.

[١٨] Grzegorzewski, F., Ehlbeck, J., Schlüter, O., Kroh, L. W., & Rohn, S. (2011). Treating lamb's lettuce with a cold plasma–Influence of atmospheric pressure Ar plasma immanent species on the phenolic profile of Valerianella locusta. *LWT-Food Science and Technology*, **44**(10), 2285-2289.

[١٩] WANG, M., CHEN, Q. Y., CHEN, G. L., & YANG, S. Z. (2007). Effect of Atmospheric Pressure Plasma on Growth and Development of Lettuce [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, **6**, 023.

[٢٠] Smeu, I., Baier, M., Frohling, A., Nicolau, A. I., Popa, M. E., & Schluter, O. Quality attributes of fresh-cut lettuce treated with cold plasma. *Scientific Bulletin, Series F, Biotechnologies*, **5**, 20.