Food Research Journal
Online ISSN: 2676-5691 Print ISSN: 2008-515X
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

The effect of non-thermal plasma on physicochemical and microbial properties of cinnamon and cumin

Narmela Asefi*[1]

[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
✉ Corresponding author: n.asefi@iaut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: February 19, 2023
Accepted: June 10, 2023
Published: May 19, 2024

Keywords:
Cinnamon, Cold plasma, Cumin, Spices

ABSTRACT

Background: Spices are widely used in food preparation and formulation as flavoring, and when stored in unhygienic settings, they can harbor various bacteria. Cold plasma, a safe method for non-thermal equilibrium discharge production at atmospheric pressure, is an innovative solution for producing healthy food.
Aims: This research investigated the suitability of cold plasma technology for disinfecting spices.
Methods: The cumin and cinnamon were subjected to a three-minute DBD cold plasma treatment utilizing argon gas as the treatment medium, with a maximum voltage of 10 kV and 100 watts. Various analyses were conducted on the treated samples, encompassing measurements of moisture content, phenolic compounds, antioxidant activity, total ash content, color, microbiological load (total count, total coliform, mold, and yeast count), sensory assessment, and morphological evaluation.
Results: This study demonstrated a significant impact ($p < 0.05$) of plasma application on the microbial contamination of both cinnamon and cumin. In the investigation of chemical characteristics, the results indicated a significant impact of cold plasma on cinnamon's moisture and ash content ($p < 0.05$). No significant difference was observed in phenolic compounds, antioxidant activity, color, and sensory assessment. The results obtained from the morphological analysis indicated that the spice powders treated with cold plasma displayed a uniform surface.
Conclusion: It is possible to develop the field of studies using plasma technology to produce natural products free from the disinfection of chemical compounds, and this method is suggested for the high-level disinfection of spices, given the lack of change in the organoleptic properties.

Food Research Journal, 2024,34(1): 1-14
DOI: 10.22034/FR.2023.54238.1858

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Spices represent a prevalent category of natural flavors extensively employed in culinary practices and food formulation. The majority of spices are made using traditional techniques. Spices produced in unhygienic conditions often have high amounts of pathogenic bacteria, molds, and yeasts. Some bacteria are known as human pathogens and thus require disinfection processes that reduce the potential harm they might do to the active components of spices. Using contaminated spices in food can significantly reduce the shelf life of food items and may pose health hazards to consumers (Karim, 1394). To increase food's nutritional and sensory quality while simultaneously ensuring the products' microbiological safety, one of the key targets is finding alternatives to current food processing and preservation technologies. Emerging innovations in food science and engineering have developed consistently and quickly over the past 20 years. The innovative food processing method called "cold plasma" uses energetic reactive gases to inactivate contaminating bacteria in spices (Misra et al., 2011). Cold plasma decontamination techniques are significantly safer and more efficient than previous ones (Laroussi, 2009). Furthermore, the impacts of cold plasma on bioactive components are negligible, and the almost final quality of the products after operations is consistent (Min et al., 2017). In this study, cinnamon and cumin spices were exposed to cold plasma processing with argon gas to examine their microbiological, chemical, physical, and organoleptic qualities.

Material and methods: Two grams of the cinnamon and cumin spices samples were initially measured in a sterile Petri dish for cold plasma treatment. The treatment, carried out using the Dielectric Barrier Discharge (DBD) system, lasted three minutes. Cold plasma, generated by argon gas, was produced under atmospheric pressure. The treatment employed an AC source featuring a maximum voltage of 10 kV, a frequency ranging from 1 to 16 kHz, and a power output of 100 W. The assessment of microbial load in the samples involved conducting analyses for total count, total coliform, mold, and yeast count. To examine the chemical parameters, measurements were taken for moisture content, aqueous extract of cinnamon and cumin, total phenolic compounds, and antioxidant activity using the DPPH radical reduction method. Additionally, the total ash amount was determined. Morphological characteristics were evaluated through scanning electron microscopy (SEM) for a physical assessment of the samples. Solubility in water, color analysis, and sensory evaluation were also performed. The prepared samples were then compared to the controlled sample (non-plasma) to demonstrate the efficacy of plasma influence.

Results and discussion: The study demonstrates a significant impact ($p < 0.05$) of plasma application on the microbial contamination of both cinnamon and cumin. The coliform reduction rate was 92% in cinnamon and 91% in cumin. Similarly, both spices showed a 22% reduction in mold. The total count reduction was 7.69% for cinnamon and 9.08% for cumin. These findings underscore the notable impact of plasma treatment on reducing microbial contamination in cinnamon and cumin samples. In the investigation of chemical characteristics, the moisture content of cinnamon significantly decreased by 46.87%. Conversely, no observable change was noted in the moisture content of cumin. The results indicate a significant impact of cold plasma on the ash content of spices ($p < 0.05$). Specifically, in the case of cinnamon spice, there was a noticeable decrease in the amount of ash, suggesting that the cold plasma treatment may have influenced the reduction, possibly due to the removal of impurities in the spice. There was no observed decrease in phenolic compounds and antioxidant activity in either cinnamon or cumin spices. No significant difference was observed in the color indices of the spice samples. The sensory test revealed no discernible changes in the texture, aroma, and taste of the cinnamon and cumin spice samples treated with cold plasma compared to the control samples of these spices. According to the investigations, it was observed that the

water solubility of cinnamon and cumin spices treated with cold plasma increased compared to the control spice. The results obtained from the morphological analysis indicate that the untreated spice powders exhibited a heterogeneous and prominent surface. In contrast, the spice powders treated with cold plasma displayed a uniform surface.

Conclusion: When it comes to sanitizing methods for crucial food ingredients, the necessity arises to preserve the quality of spices. Various methods are employed, including freezing, drying, irradiation, heating, and packaging, alongside chemical approaches such as using additives. In recent times, non-thermal plasma has emerged as a novel method for treating spices, herbs, seeds, and dried vegetables. The non-thermal nature of cold plasma makes it a valuable alternative to traditional chemical methods, offering an option that minimizes the use of chemical substances while maintaining the quality of the food ingredients. This presents an innovative and potentially more sustainable approach to ensure food safety and longevity without compromising the essential characteristics of spices.

پژوهش‌های صنایع غذایی
شاپا الکترونیکی: ۵۶۹۱-۲۶۷۶ ، شاپا چاپی ۵۱۵X- ۲۰۰۸
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

تاثیر پلاسمای غیرحرارتی بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و میکروبی دارچین و زیره

نارملا آصفی[1] ✉

[1] دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

✉ مسئول مکاتبه:n.asefi@iaut.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰
پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۰
انتشار: ۱۴۰۳/۲/۳۰

کلید واژه:
ادویه، پلاسمای سرد، دارچین، زیره سبز

چکیده

زمینه مطالعاتی: ادویه‌جات به عنوان یکی از رایج‌ترین طعم دهنده‌ها در تهیه و فرمولاسیون غذا استفاده می‌شوند که در شرایط غیربهداشتی، حاوی تعداد زیادی میکروب هستند. پلاسمای سرد، یک روش ایمن برای تولید تخلیه تعادل غیر حرارتی در فشار اتمسفر، راه حلی نوآورانه در تولید مواد غذایی سالم بهداشتی به کار می‌رود.

هدف: این پژوهش با هدف استفاده از فناوری پلاسمای سرد به عنوان روشی در جهت ضدعفونی ادویه به عنوان یک جایگزین مناسب برای فناوری‌های متداول انجام شد.

روش کار: تیماردهی دو ادویه دارچین و زیره سبز با پلاسمای سرد DBD با گاز آرگون به مدت زمان سه دقیقه با ولتاژ ماکزیمم ۱۰ کیلوولت وتوان ۱۰۰وات انجام شد و میزان رطوبت، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی اکسیدانی، میزان خاکستر کل، رنگ، بار میکروبی، ارزیابی حسی و مورفولوژی نمونه‌ها تعیین شد.

نتایج: کاهش معنی‌دار (P <۰/۰۵) در آلودگی میکروبی دارچین و زیره سبز دیده شد. کلی‌فرم در دارچین ۹۲٪ ، در زیره سبز۹۱٪ ، شمارش‌کلی به ترتیب ۷٪/۶۹ و ۹/۰۸٪ و کاهش یکسان در میزان کپک (۲۲٪) دیده شد. رطوبت دارچین ٤٦/٨٧٪کاهش، تغییری در میزان رطوبت زیره سبز مشاهده نشد. تاثیر پلاسمای سرد در افزایش خاصیت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی ادویه‌ها در مقایسه با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (P <۰/۰۵).

نتیجه گیری: با توجه به عدم تغییر در خواص ارگانولپتیکی می‌توان بیان نمود که توسعه حوزه مطالعات با فناوری پلاسما برای تولید محصولات طبیعی و عاری از ضدعفونی کننده‌های شیمیایی امکان پذیر می‌باشد و این روش را برای ضدعفونی کردن ادویه‌جات در سطح بالا پیشنهاد نمود.

مقدمه

ایمنی غذایی یکی از اقدامات سلامت عمومی محسوب می‌شود که به بحث حمایت از مصرف کنندگان از مخاطرات مسمومیت غذایی و بیماری‌های حاد و مزمن ناشی از غذا می‌پردازد. مواد غذایی ناسالم می‌تواند طیف وسیعی از مشکلات بهداشتی را به همراه بیاورد، بنابراین ایمنی موادغذایی یک پیش نیاز برای امنیت غذا محسوب می‌شود. ادویه‌ها و گیاهان دارویی از زمان‌های کهن به دلیل داشتن خصوصیات دارویی و نگهدارندگی به عنوان عامل طعم‌دهندگی به مواد غذایی اضافه می‌شدند. گروه وسیعی از گیاهان دارویی و ترکیبات آروماتیک آنها به عنوان منابع طبیعی دارای خاصیت ضداکسایشی شناخته شده‌اند که در به تاخیر انداختن اکسایش موثرند. همچنین، دارای عملکرد ضدمیکروبی نیز هستند و به عنوان عامل ضدمیکروبی برای از بین بردن ریزسازواره‌های فاسد کننده مواد غذایی و بیماری‌زا استفاده می‌شوند (رجایی و همکاران ۱۳۹۰) دارچین با نام علمی (*Cinnamon verum*) درخچه‌ای از راسته لورالس۱ تیره‌ی برگ بوها از جنس دارچین۲ است (محمدی‌فر۱۳۸۹). زیره سبز با نام متداول کومین، بومی فلات ایران بوده و نام خود را از منطقه اولیه تولیدش در شهر باستانی کومین واقع در حاشیه شهر رودرودان در جنوب غرب کرمان گرفته است (ظریف‌نشاط ۱۳۸۳). بخش اعظم ادویه مصرفی جهان در کشورهای فقیر و در محیط‌های باز و با ابزارهای ابتدایی تولید و عرضه می‌شوند در نتیجه مستعد آلودگی هستند. لذا برای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که درکنارداشتن مزایای متعدد، به دلیل داشتن تبعات زیست محیطی و تهدید برای ایمنی مصرف‌کنندگان، ممنوع یا محدود شده‌اند (کریم ۱۳۹٤).

پلاسمای سرد یک گاز یونیزه یا نسبتا یونیزه است که از گونه‌های واکنش‌پذیر شیمیایی مانند مولکول‌ها، اتم‌ها، یون‌های مثبت و منفی، رادیکال‌های آزاد، فوتون‌ها، الکترون‌ها و غیره تشکیل شده است (میثرا و همکاران ۲۰۱۱). همه‌ی این ترکیبات بر روی غشای سلولی عمل می‌کنند تا باعث غیرفعالسازی میکروبی شوند و این اساس پلاسما سرد برای ضدعفونی میکروبی محصولات غذایی است. پلاسماهای سرد را می‌توان با اعمال انرژی الکتریکی به گاز خنثی (مانند هوا، اکسیژن، نیتروژن، هلیوم، آرگون یا مخلوط آنها) تولید کرد. روش‌های رایج برای تولید پلاسمای سرد شامل تخلیه کرونا۳، جت پلاسما٤ و تخلیه سد دی الکتریک (DBD)[۵] است (بورک و همکاران ۲۰۱۸). تخلیه سد دی الکتریک (DBD) تخلیه‌ای است که از لایه‌ای از مواد دی الکتریک (به عنوان مثال، شیشه، کوارتز، پلیمر، سرامیک) برای پوشاندن یک یا هر دو الکترود استفاده می‌کند که وسیله‌ای برای کنترل جریان هدایت است. این طرح به دلیل مزایای قابلیت توسعه، سازگاری با فشار اتمسفری و گازها و پایداری و یکپارچگی فضایی برای بسیاری از کاربردها مناسب است. علاوه بر این، از آنجایی که تخلیه الکتریکی بین الکترودهایی که با سد دی الکتریک عایق پوشانده شده‌اند (به طور کلی پلیمر، شیشه) رخ می‌دهد، آن‌ها به ویژه برای برنامه‌های غذایی و محیط‌های تولید مواد غذایی مناسب هستند (کوگلشاتز ۲۰۰۳). پژوهش‌های انجام شده در رابطه با پلاسمای سرد نشان داده است که تکنیک‌های استریلیزاسیون پلاسمایی، موثر، ساده و سریع (از چندثانیه تا یک ساعت و دارای دمای پایین‌تر (کمتر از ۷۰درجه سانتی‌گراد) بوده و قابلیت از بین بردن فرم‌های مختلف میکروب‌ها را دارند (لاروسی ۲۰۰۹). همچنین میزان اثرگذاری طولانی مدت داشته و فاقد عوارض سمی می باشند (مین و همکاران ۲۰۱۷). ضمن اینکه آسیب به موادغذایی در این روش حداقل می‌باشد (لیائو و همکاران ۲۰۱۷). نیمیرا (۲۰۱۲) دریافتند که هنگامی که از گاز خالص مانند آرگون خالص یا نیتروژن خالص استفاده می‌شود، گونه‌های یونیزه خالص تشکیل می‌شوند. به عقیده کومار و نئوگی (۲۰۰۹)، تأثیر گاز آرگون در باکتری‌ها عمدتاً به دلیل پرتو ماورای بنفش تولید شده در طول فرآوری و وارد شدن فوتون‌های پرتو ماورای بنفش از طریق لایه‌های زیرین سلول و

1_ *Laurales*

2 -*Cinnamonm*

3 _ Corona discharge

4- Jet plasma

5-Dielectric barrier discharge

رسیدن به اجزای مهم سلولی مانند DNA است. آن‌ها همچنین دریافتند که سلول‌های باکتریایی استافیلوکوکوس اورئوس پس از ۵ دقیقه تحت فرآوری با یک سیستم پلاسمای آرگون خالص در محدوده فرکانس رادیویی در ۱۳/۵۶ مگاهرتز آسیب مهمی در سطح نشان نداد. در این راستا هدف از این پژوهش، دستیابی به یک روش ساده، ارزان و کار آمد در جهت حذف آلودگی‌ها و حفظ کیفیت با تیمار پلاسما سرد در زمان مشخص بر روی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی ادویه جات مانند دارچین و زیره سبز که در کشورمان کاربرد زیادی دارند بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها

جهت انجام تیمار با پلاسمای سرد ابتدا مقدار دو گرم از نمونه‌های ادویه دارچین و زیره سبز را در محل قرار گیری نمونه دردستگاه DBD قرار داده و پلاسما دهی را با سیستم DBD را به مدت زمان سه دقیقه انجام شد. سیستم تابش دهی دستگاه مورد استفاده برای تولید پلاسمای سرد در فشار اتمسفری با گاز آرگون تشکیل شده و منبع AC با ولتاژ ماکزیمم ۱۰ کیلوولت فرکانس ۱ تا ۱۶ کیلوهرتز و۱۰۰ توان وات تولید شده استفاده خواهد شد.

آزمون‌های میکروبی

برای ارزیابی بار میکروبی نمونه‌ها شامل شمارش‌کلی، شمارش کلی‌فرم، شمارش کپک و مخمر انجام شد. از هر تیمار ۳ تکرار کشت داده شد. بعد از انکوباسیون پلیت‌های با تعداد۳۰-۳۰۰۰کلنی شمارش شد. درنهایت بار میکروبی برحسب log CFU/g محاسبه گردید (موریتز و همکاران ۲۰۱۷).

آزمون‌های شیمیایی

اندازه‌گیری رطوبت

میزان رطوبت با استفاده از روش خشک‌کردن در آون با دمای ۱۰۵±۵ درجه سانتی‌گراد تا حصول وزن ثابت محاسبه گردید (همتی مقدم و همکاران ۱۳۹۶).

تهیه عصاره‌های آبی دارچین و زیره سبز

جهت عصاره‌گیری، ۲۵ گرم از نمونه‌های آسیاب شده به ۲۵۰ سی‌سی اتانول اضافه شد و ۳ روز متوالی مرحله ی خیساندن و صاف کردن آن انجام گردید و در ادامه متانول عصاره‌ی بدست آمده‌ی آن در زیر هود تبخیر و در مرحله‌ی بعد وزن خشک آن محاسبه شد (سینگ ۲۰۰۲).

مقدار کل ترکیبات فنلی

عصاره‌های استخراج شده برای این منظور سانتریفوژ شد. جذب نمونه ها پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط، توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر، خوانده شده با قرار دادن نتایج حاصل در منحنی کالیبراسیون، میزان فنل کل موجود در نمونه‌های مورد بررسی بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید به دست آمد (چاروئن و همکاران ۲۰۱۵).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از محلول ۲و۲ دی فنیل ۲ پیکریل هیدرازیل (DPPH)، انجام گردید. اساس این روش احیا شدن رادیکال DPPH بنفش رنگ توسط ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. واکنش احیا، بر اساس روش رزونانس و بی‌رنگ کردن استوار است که تغییرات بی‌رنگ شدن و میزان جذب نور، با اندازه‌گیری توسط روش اسپکتروفتومتری صورت می‌گیرد (میشرا و همکاران ۲۰۱۲).

اندازه‌گیری خاکستر کل

جهت اندازه‌گیری خاکستر از روش ارائه شده در (استاندارد ایران به شماره ۱۱۹۷ سال ۱۳۹۰) استفاده شد.

ارزیابی حسی

به منظور مقایسه ویژگی‌های حسی شامل بافت ظاهری، طعم، عطر و مقبولیت کلی توسط پانالیست‌ها (۱۰ ارزیاب). به روش هدونیک پنج نقطه‌ای (۵ = خیلی خوب و ۱= خیلی ضعیف و قابل قبول) مورد ارزیابی قرار گرفت. به این صورت که عدد یک نامطلوب و عدد پنج، کاملا مطلوب می‌باشد (پالما و همکاران ۲۰۰۱).

ارزیابی مورفولوژی با میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE_SEM)

مطالعه مورفولوژیک سطح نمونه پودرهای ادویه های دارچین و زیره سبز با استفاده از (دستگاه MIRA3 FEG-SEM، تکسان، چک) انجام پذیرفت. وضوح تصویر ۱ نانومتر بوده وقدرت بزرگنمایی آن تا۱ میلیون برابر با اعمال ولتاژ ۳۰kv می‌باشد. (توتونچی ۱۳۹۹).

اندازه‌گیری رنگ

آزمون رنگ سنجی با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل LES135 انجام گرفت و با استفاده از اندازه‌گیری شاخص روشنایی (L*سیاه–سفید) و شاخص‌های (a*قرمز– سبز) و (b*آبی–زرد) مشخص شد (آک و گولچین ۲۰۰۸).

اندازه‌گیری حلالیت در آب

۲ گرم از ادویه مورد نظر را در ۵۰ سی‌سی آب مقطر حل کرده و حلالیت در آب تحت شرایط ثابت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تحت هم زدن ملایم بررسی شد (شجاعی علی آبادی و همکاران ۲۰۱۳).

تجزیه و تحلیل آماری

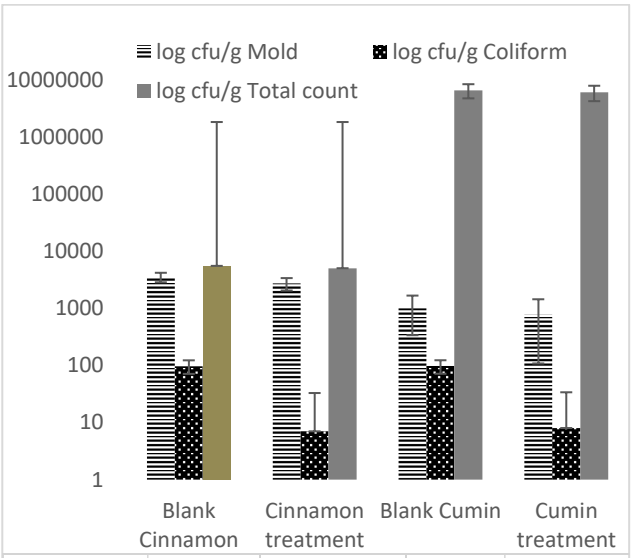
جهت آنالیز داده های بدست آمده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی حداقل با ۳ تکرار صورت گرفته و جهت بررسی تفاوت‌های آماری بین میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار آماری SPSS در سطح احتمال ۵٪ ($p < ۰/۰۵$) صورت گرفته و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمون‌های میکروبی

نتایج آزمون اندازه‌گیری میزان کپک در شکل ۱ نشان می‌دهد که مقدار کپک با اعمال پلاسما DBD تغییر یافته است. نتایج نشان داد میزان کپک در ادویه زیره به مراتب از ادویه دارچین کمتر می‌باشد. بعد از اعمال روش پلاسمادهی میزان کپک در نمونه‌ها در مقایسه با شاهد خودشان نیز کمتر شده است. درصد کاهش نمونه زیره ۲۲٪/۹ و در دارچین این مقدار ۲۲/۸٪ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که درصد کاهش در هردو ادویه یکسان می‌باشد یعنی پلاسما به مقدار یکسان در هر دو نمونه عمل کرده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس ادویه‌های مورد بررسی در آزمون کلی‌فرم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده‌اند ($p < ۰/۰۵$). دو نمونه زیره تیمارشده و دارچین تیمارشده هر دو به یک نسبت کاهش میزان کلی‌فرم را داشته‌اند. زیره تیمارشده نسبت به زیره شاهد ٪۹۱ کاهش کلی‌فرم را داشته است که این میزان در دارچین تیمارشده نسبت به دارچین شاهد ٪۹۲می‌باشد. نتایج بیانگر آن است که پلاسمای سرد علاوه بر آن که کاهش چشمگیری بر میزان کلی‌فرم در دو ادویه داشته است، در هر دو ادویه نیز تقریبا عملکرد یکسانی داشته و به یک اندازه کاهش کلی‌فرم را شاهد هستیم. به طور کلی، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های زیره سبز به مراتب بیشتر ازدارچین می‌باشد. اعمال پلاسمای سرد در دارچین شاهد و مورد تیمارشده تفاوت معنی‌داری ندارد علت آن مربوط به میزان کم بودن کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های دارچین می‌باشد. بر اساس شکل نیز قابل ملاحظه است که میزان جمعیت میکروبی در ادویه زیره حتی قبل از تأثیر پلاسمای سرد نیز بسیار بالاست و این میزان بعد از تأثیر پلاسمای سرد تا حدی کمتر شده ولی این کاهش چندان قابل ملاحظه نیست و پلاسمای سرد نتوانسته است آن میزان را به میزان زیادی پایین آورد و اعمال پلاسما به مقدار ۷/۵٪ کاهش داده است. در مورد بررسی کپک ملاحظه نمودیم که میزان کپک در زیره سبز کمتر از دارچین بود در شمارش کلی میکروارگانیسم میزان بار میکروبی زیره زیاد می‌باشد. نتیجه گرفته می‌شود که این بار میکروبی بیشتر مربوط به باکتری و یا مخمر می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که اعمال پلاسمای سرد به مدت زمان سه دقیقه با گاز آرگون باعث کاهش چشمگیر بار میکروبی ادویه دارچین و زیره سبز شد. بیشترین میزان آلودگی در ادویه‌ها مربوط به کلی‌فرم‌ها می‌باشد که با پلاسمادهی شاهد کاهش بیش از ۹۰٪ آن بودیم. وون و همکاران در سال ۲۰۱۷، در بررسی اثر تابش دهی پلاسما سرد بر گردو خشک (p.italuim) به این نتیجه دست یافتند که تابش

پلاسما اثر بیشتری بر شمارش کلی نسبت به کپک و مخمر دارد. این تفاوت می تواند به دلیل ساختار ضخیم دیوار سلولی قارچ نسبت به غشا پپتیدوگلیکان دیواره باکتری ها باشد. ساختار قارچ متشکل از اجزایی مانند کیتین و فیبریل‌های سلولز با ماتریکس پلی ساکاریدی می باشد که باعث افزایش مقاومت دیواره سلولی و درنتیجه کاهش مقاوت تخریب DNA می‌شود (وون و همکاران ۲۰۱۷).



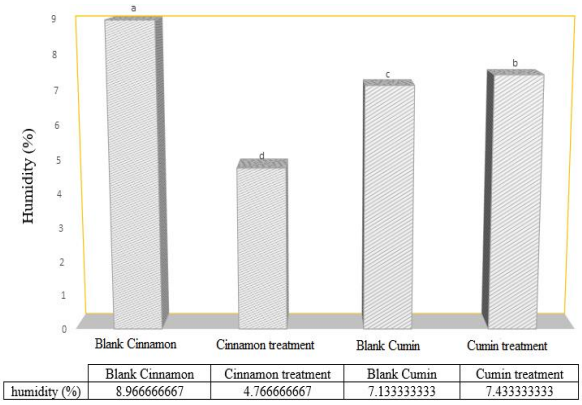
	Blank Cinnamon	Cinnamon treatment	Blank Cumin	Cumin treatment
log cfu/g Mold	3503.66	2701	999.33	770.33
log cfu/g Coliform	96.66	7	97	8
log cfu/g Total count	5503.33	5003.66	6500333.33	6000333.333

Figure 1- The Microbial tests of mold, coliform and total count in the examined spices

آزمون های شیمیایی

آزمون میزان رطوبت

طبق نتایج حاصل، ادویه‌های مورد بررسی از نظر میزان رطوبت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار هستند. طبق مقایسات میانگین انجام یافته در شکل ۲ مشاهده می‌شود که دارچین شاهد با داشتن۸/۹۶٪ نسبت به بقیه بیشترین میزان رطوبت را داشته است که این میزان بعد از تأثیر پلاسمای سرد به۴/۷۶٪ کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط اوح و همکاران (۲۰۱۷) مشاهد گردید. آن‌ها دریافتند که میزان رطوبت جوانه‌های تربچه با افزایش زمان فرآوری پلاسمای سرد گاز نیتروژن به طور معنی داری کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش میزان رطوبت ممکن است به دلیل تشکیل حفره‌های ریز در حین فرآوری با پلاسما به خاطر اچینگ پلاسما صورت گیرد. بائو و همکاران (۲۰۲۰) از پلاسمای سرد به عنوان پیش‌تیمار در خشک کردن استفاده کردند و دریافتند که استفاده از پلاسمای سرد به عنوان پیش‌تیمارباعث افزایش سرعت خشک کردن برش‌های عناب می‌شود.



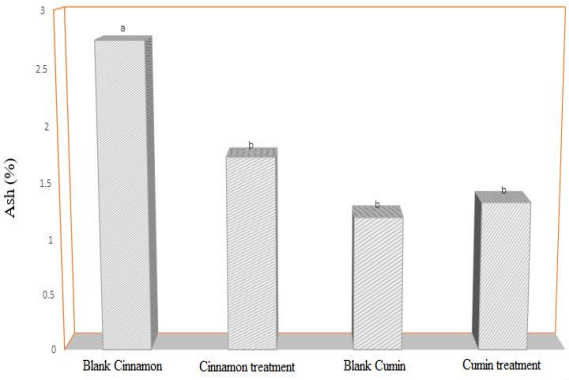
	Blank Cinnamon	Cinnamon treatment	Blank Cumin	Cumin treatment
humidity (%)	8.966666667	4.766666667	7.133333333	7.433333333

Figure 2- The amount of moisture in the examined spices

آزمون میزان خاکستر

بررسی نتایج نشان می‌دهد که میزان خاکستر ادویه دارچین وزیره سبز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار هستند(p<۰/۰۵). طبق مقایسات میانگین انجام یافته در شکل ۳ مشاهده می‌شود که دارچین شاهد با داشتن۲/۷٤٪ نسبت به بقیه میزان خاکستر بیشتری را داشته است. این در حالی است که طبق نتایج مشاهده می‌شود که میزان خاکستر در بقیه نمونه‌ها نسبت به دارچین شاهد پایین بوده و اختلاف معنی‌داری بین بقیه نمونه‌ها در میزان خاکستر وجود ندارد. در مورد ادویه دارچین مشاهده می‌شود که با تأثیر پلاسمای سرد میزان خاکستر در آن کاهش یافت که علت آن می‌تواند بعلت وجود ناخالصی در ادویه باشد. نتایج مشابهی توسط سارانگاپانی و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده شد. آن‌ها دریافتند که اثر معنی‌داری (p<۰/۰۵) در میزان خاکستر بین نمونه‌های تیمار شده و نشده با پلاسما وجود دارد که نمونه‌های تیمار شده در ۵۰ وات به مدت ۱۵ دقیقه پایین‌تر میزان خاکستر (٤/۲۲٪) داشت. علت این امر را

می‌توان به اثرات اچینگ تولید شده در طی پلاسمای سرد نسبت داد. قابل ذکر است که درصد خاکستر استاندارد دارچین ۷٪ می‌باشد که نتایج بدست آمده کمتر از استاندار بوده و قابل قبول می‌باشد. ولی در مورد زیره بایستی به این مسأله اشاره کرد که نمونه شاهد و تیمار یافته آن تفاوت چندانی با یکریگر ندارند و پلاسما تأثیری در افزایش یا کاهش آن نداشته است.

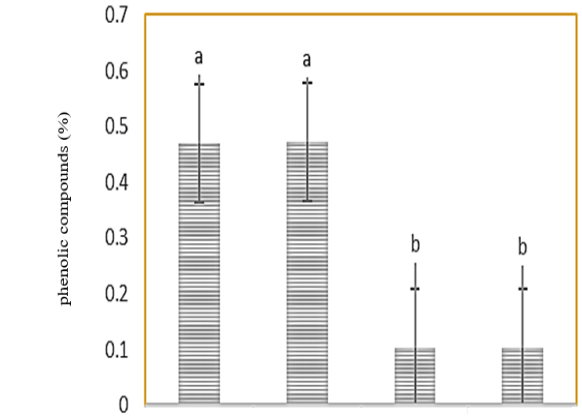


	Blank Cinnamon	Cinnamon treatment	Blank Cumin	Cumin treatment
Ash (%)	2.743333333	1.733333333	1.2	1.333333333

Figure 3- The amount of ash in the investigated spices

ترکیبات فنلی

براساس مقایسه میانگین بدست آمده در شکل ٤ مشاهده می‌شود که مقدار ترکیبات فنلی ادویه دارچین ٪۷۸ نسبت به ادویه زیره سبز بیشتر می‌باشد ولی با توجه به شکل و مقدار میلی‌گرم بر وزن خشک بدست آمده می‌توان گفت که میزان ترکیبات فنلی در هیچکدام از ادویه دارچین و زیره سبز کاهشی نداشته است. تخریب ترکیبات فنلی یکی از موضوع‌های قابل توجه در پلاسمادهی ادویه‌ها می‌باشد که طبق نتایج بدست آمده تاثیر منفی بر میزان آن نداشته است. اما در پژوهش قنبری و همکاران (۱۳۹٦) که به بررسی تاثیر ازن‌دهی به ادویه‌های مختلف پرداخته بود در مورد دارچین تیماردهی باعث کاهش ٪۵۲ ترکیبات فنلی این ادویه شده بود که این نشان دهنده عملکرد بهتر روش پلاسمادهی را درباره ادویه بیان می‌کند.

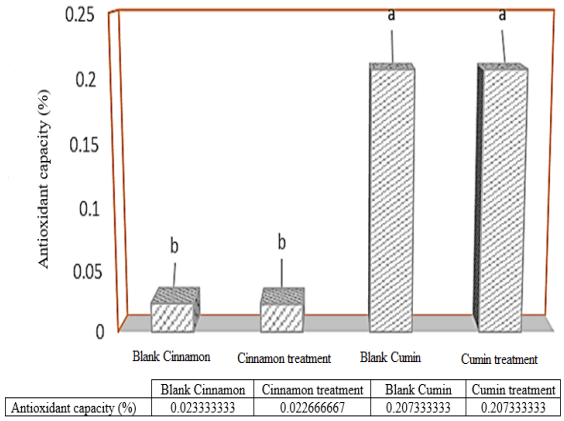


	Blank Cinnamon	Cinnamon treatment	Blank Cumin	Cumin treatment
phenolic compounds (%)	0.470333333	0.471666667	0.102666667	0.103

Figure 4- The amount of phenolic compounds in the investigated spices

فعالیت آنتی اکسیدانی

چنانچه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، مقایسه درصد به‌دام‌اندازی (بازدارندگی) رادیکال DPPH برای دو ادویه دارچین و زیره سبز بعد از مدت زمان دقیقه پلاسمادهی نشان می‌دهد که ادویه زیره سبز شاهد با داشتن مقدار ۰/۲۰۷، ٪۸۸ نسبت به ادویه دارچین شاهد فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارد. در هر دو ادویه زیره سبز و دارچین قبل و بعد از پلاسمادهی کاهشی مشاهده نشده است که این از نظر آماری معنی‌دار نیست ($p < ۰/۰۵$). از سوی دیگر برخلاف انتظار با وجود ترکیبات فنلی بیشتر دارچین نسبت به زیره سبز، دارچین فعالیت آنتی اکسیدانی پایینی را نشان داشت. طبق گزارشات اوداباس اوغلو و همکاران (۲۰۰۵) علت این را می‌توان به فعل وانفعالات آنتاگونیستی یا هم افزایی بین فنلیک‌ها و سایر ترکیبات مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و غیره نسبت داد. که به نظر می‌رسد کاهش میزان خاکستر در این امر دخیل است. لیائو و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی تیمار آب میوه سیب تحت شرایط پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریک با گاز هوا در زمان‌های صفر، ۵،۱۰،۱۵،۲۰،۳۰ دقیقه و در توان‌های ۳۰،٤۰،۵۰ وات پرداختند.



	Blank Cinnamon	Cinnamon treatment	Blank Cumin	Cumin treatment
Antioxidant capacity (%)	0.023333333	0.022666667	0.207333333	0.207333333

Figure 5- The amount of antioxidant capacity in the investigated spices

ارزیابی شاخص‌های رنگی

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود تفاوتی در شاخص‌های رنگی نمونه‌های ادویه از نظر عددی وجود نداشتند و نمونه‌های تیمارشده با گازآرگون در هر سه شاخص رنگ در سطح بالاتری بودند. لی و همکاران در سال ۲۰۱۶ اثر پلاسما بر رنگ نمونه‌های برنج قهوه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر شاخص L* (روشنایی)در نمونه های تیمار شده بالاتر از نمونه شاهد بود در حالی که کاهش جزئی در شاخص a* (قرمزی) و b* (زردی) برای نمونه های تیمارشده وجود داشت. سنایی و همکاران ۱۳۹۹ که به بررسی تاثیر پلاسمای سرد بر ادویه زردچوبه پرداخته بودند به این نتیجه رسیدند که نمونه تیمارشده با گاز نیتروژن و آرگون به مدت ۵ دقیقه روشنترو در مقابل نمونه تیمار شده با گاز آرگون به مدت ۲۵ دقیقه درجه تیرگی بیشتری داشت.به طور کلی با گذشت زمان شاخص L* نمونه های زردچوبه کاهش یافت. به طور کلی، نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که تیمار با پلاسمای سرد حداقل تاثیر بر رنگ محصولات غذایی در زمان‌های تیمار کوتاه دارد. نوع محصول(جامد یا مایع)، پارامترهای تیمار با پلاسما (ولتاژ ورودی، زمان، شدت، نوع گاز) و شرایط ذخیره‌سازی از عوامل تاثیرگذار بر رنگ هستند.

Table 1- Analysis of color indicators in the investigated spices

Sample	L*	a*	b*
Blank Cinnamon	42.41	8.55	8.45
Cinnamon treatment	43.11	8.94	8.92
blank Cumin	8.25	1.77	2.11
Cumin treatment	8.73	1.94	2.21

آزمون حسی

آزمون حسی که توسط ۱۰ ارزیاب بررسی شده بود نشان داد که در نمونه ادویه دارچین و زیره سبز تیمار شده با پلاسما سرد در مقایسه با نمونه‌های شاهد این ادویه‌ها تغییری در بافت ظاهری، عطر و طعم مشاهده نشده است.

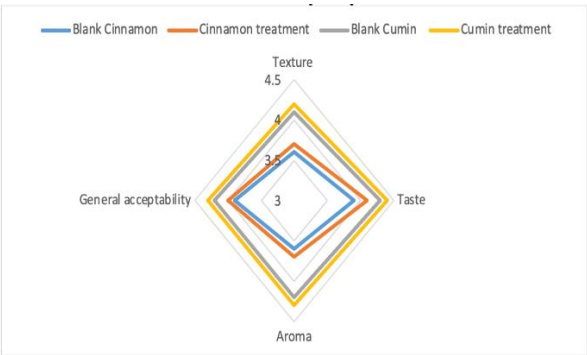


Figure 6-sensory analyses in the investigated spices

مورفولوژی پودرهای ادویه دارچین و زیره سبز

مطابق نتایج بدست آمده در شکل ۷ پودرهای ادویه اصلاح نشده دارای سطح ناهمگن و برجسته بودند و پودرهای ادویه اصلاح شده با پلاسما سرد دارای سطح کاملا یکنواخت می باشند. سطح یکنواخت ادویه های اصلاح شده به علت تیمار با پلاسما می‌باشد. تصاویر مقطع های مختلف پودرهای ادویه نیز نشانگر حالت یکنواخت در آن می باشد که با نتایج بدست آمده با بررسی کیم و همکاران در سال ۲۰۱۶ که بررسی تاثیر پلاسما بر روی پودر پیاز پرداخته بودند، مطابقت دارد. از طرفی نتایج حاصل از تیمار با پلاسما منجر به از بین رفتن میکروارگانسیم ها به خصوص اسپورها (*B.cereus spores*) گردید. به عبارتی تیمار با پلاسما منجر به حذف ترک های سطحی، ایجاد حالت متراکم، فشرده و یکنواخت پودرهای ادویه شد. نتیجه تحقیق بنگ و همکاران (۲۰۲۰)، که بررسی خصوصیات ساختاری،

فیزیکی و ضد میکروبی ادویه فلفل سیاه در تیمار با پلاسمای سرد پرداخته بودند، با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

حلالیت در آب

طبق بررسی‌های انجام شده مشاهده شد که میزان حلالیت در آب، ادویه دارچین و زیره سبز اصلاح شده با پلاسمای سرد در مقایسه با ادویه شاهد افزایش یافت .در بررسی پانکاج و همکاران (۲۰۱۷) که به تاثیر پلاسمای سرد بر فیلم‌های کیتوزان پرداختند به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان اعمال پلاسما اثرگذاری بر میزان حلالیت افزایش می‌یابد که این به دلیل افزایش قطبیت بعد از پلاسمادهی می‌باشد. همچنین در بررسی دیگر پانکاج و همکاران (۲۰۱۵)، تاثیر پلاسمای سرد بر فیلم‌های نشاسته ذرت نشان داد که حلالیت فیلم‌ها به دلیل افزایش گروه‌های قطب در سطح بعد از اعمال پلاسما اکسیژن افزایش یافته است. البته اگرچه حلالیت پلیمرها افزایش یافت اما نفوذپذیری به بخارآب در زمان‌های مختلف پلاسمادهی بدون تغییر ماند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت ادویه‌ها در صنعت غذا استفاده از روش‌های سالم‌سازی، بدون ایجاد تغییر در کیفیت ادویه‌ها ضروری می‌باشند. در حال حاضر انواع روش‌های فیزیکی همچون انجماد، خشک کردن، پرتودهی، حرارت‌دهی و بسته‌بندی و روش‌های شیمیایی مانند استفاده از انواع افزودنی‌ها به‌طور گسترده جهت نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اخیرا پلاسمای غیرحرارتی در آلودگی‌زدایی از ادویه‌ها، گیاهان، دانه‌ها و سبزیجات خشک‌شده به عنوان یک روش نوین مورد استفاده قرار می‌گیرد .با توجه به به غیرحرارتی بودن پلاسمای سرد، می‌تواند این فرایند جایگزین مناسبی برای سایر روش‌های شیمیایی و فیزیکی مورد استفاده برای سالم‌سازی موادغذایی باشد. نتایج بدست آمده نشان داد که اعمال پلاسما بر میزان آلودگی میکروبی هر دو ادویه دارچین و زیره سبز تاثیر معنی‌دار($p < ۰/۰۵$) داشت. پلاسمادهی به مدت ۳ دقیقه با گاز آرگون باعث کاهش قابل توجه در میزان آلودگی میکروبی شد. میزان کاهش کلی‌فرم در ادویه دارچین ٪۹۲ و در ادویه زیره سبز٪۹۱ بود، درخصوص کاهش کپک شاهد کاهش یکسان (۲۲٪) بودیم. کاهش شمارش‌کلی در ادویه دارچین ۷/٦۹ ٪ و در ادویه زیره سبز ۹/۰۸٪ بود. در بررسی ویژگی‌های شیمیایی، رطوبت در ادویه دارچین ۸۷٪٤٦٪کاهش داشته است و تغییری در میزان رطوبت زیره سبز مشاهده نشد. در مورد ترکیبات فنولی و ظرفیت خاصیت آنتی اکسیدانی نیز می‌توان گفت که پلاسمای سرد در افزایش یا کاهش خاصیت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی ادویه‌ها در مقایسه با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) بودند. البته درمقایسه بین نمونه شاهد و نمونه اصلاح شده با پلاسمای سرد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در میزان خاکستر ادویه‌ها تغییری مشاهده نشد. درباره خواص ارگانولپتیکی (بافت ظاهری، طعم و عطر) نیز تغییری ادویه‌های دارچین و زیره سبز ایجاد نشده بود. در ادامه بررسی‌ها تغییری در رنگ ادویه‌ها مشاهده نشد. در مورفولوژی بافت شاهد بهبود بافت ذرات (حذف ترک‌های سطحی، ایجاد حالت متراکم، فشرده و یکنواخت پودرهای ادویه) در هر دو ادویه دارچین و زیره سبز بودیم. اعمال پلاسمای سرد باعث افزایش در حلالیت در آب، ادویه دارچین و زیره سبز شد.

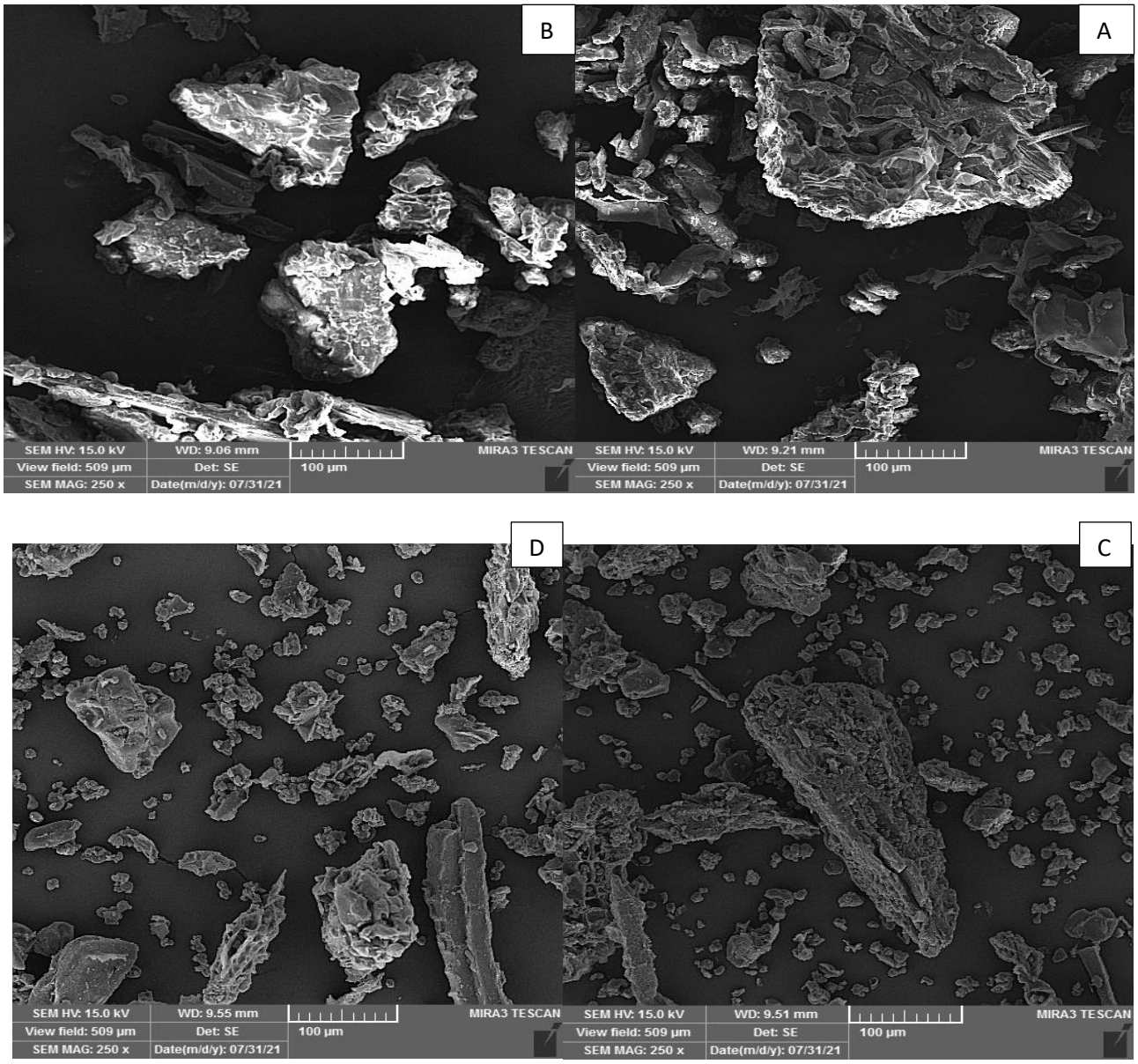


Figure 7- Morphology of blank Cumin (A), Cumin treatment (B), blank Cinnamon (C), and Cinnamon treatment (D)

References

استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۹۷، ۱۳۹۰. ادویه و چاشنی_اندازه گیری خاکسترکل.

توتونچی الف، ۱۳۹۹. عملکرد FE-SEM. مهندسی مواد. دانشگاه تبریز.

رجایی الف، برزگر م و سحری م.ع، ۱۳۹۰. بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی عصاره متانولی پوست سبز پسته، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۸ (۱)، ۱۲۰-۱۱۱.

سنایی ف، مرتضوی ع، طباطبایی ف و شهیدی ف، ۱۳۹۹. بررسی اثر تیمار پلاسمای سرد بر کاهش بار میکروبی و ویژگی های فیزیکوشیمیایی زردچوبه، علوم وصنایع غذایی، ۹۸ (۱۷)، ۱۶۱-۱۵۳.

ظریف نشاط س، ۱۳۸۳. تاثیر روش های مختلف کشت در شرایط هیرم و خشکه کاری بر عملکرد زیره سبز. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱ (٤)، ۱۳-۵.

قنبری اصل ه، آصفی ن و حنیفیان ش، ۱۳۹٦. بررسی اثر تیمار گاز ازن بر ویژگی های کیفی و میکروبی ادویجات دارچین، زنجبیل، میخک، نشریه پژوهش‌های صنایع‌غذایی، ۷ (٤)، ۱٤۵-۱۵۷.

کریم گ، ۱۳۹٤. کتاب آزمون‌های میکروبی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران.

محمدی‌فر ش، ۱۳۸۹. خاستگاه، تاریخچه و مسیر تجارت دارچین، مجله تاریخ علم، ۹، ۵۱-۳۷.

همتی مقدم ع، آصفی ن، حنیفیان ش، ۱۳۹٦. مطاله اثر تیمار ازن بر ویژگی‌های کیفی و بار میکروبی سماق، زیره وفلفل، بهداشت موادغذایی، ۷ (۲)، ۳۷-٤۸.

Ak T and Gülçin Ý, 2008. Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. Chemico-biological interactions 174(1): 27-37.

Bang IH, Kim YE, Lee SY and Min SC, 2020. Microbial decontamination of black peppercorns by simultaneous treatment with cold plasma and ultraviolet C. Innovative Food Science and Emerging Technologies 63: 102392.

Bao T, Hao X, Shishir MRI, Karim N and Chen W, 2020. Cold plasma: an emerging pretreatment technology for the drying of jujube slices. Food Chemistry 337: 127783.

Bourke P, Ziuzina D and Boehm D, 2018. The potential of cold plasma for safe and sustainable food production. Trends Biotechnol 36(6): 615–626.

Charoen R, Savedboworn W, Phuditcharnchnakun S and Khuntaweetap T, 2015. Development of Antioxidant Gummy Jelly Candy Supplemented with Psidium guajava Leaf Extract. International Journal of Applied Science and Technology 8(2): 145-151.

Kim JE, Oh YJ, Won MY, Lee KS and Min SC, 2016. Microbial decontamination of onion powder using microwave-powered cold plasma treatments. Food Microbiology 62: 112-123.

Kogelschatz U, 2003. Dielectric-barrier discharges: their history, discharge physics, and industrial applications. Plasma Chem Plasma Process 23(1):1–46.

Kumar S and Neogi S, 2009. Inactivation characteristics of bacteria in capacitively coupled argon plasma. IEEE Transactions on Plasma Science 37(12): 2347–2352.

Laroussi M, 2009. Low-temperature plasmas for medicine IEEE Transactions on plasma. journal of science 37(6): 714-725.

Lee KH, Kim HJ, Woo KS, Jo C, Kim JK, Kim SH, Park HY, Oh SK and Kim WH, 2016. Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. LWT 73: 442-447.

Liao X, Liu D, Xiang Q, Ahn J, Chen S, Ye X and Ding T, 2017. Inactivation mechanisms of nonthermal plasma on microbes: A review. Food Control 75: 83-91.

Min SC, Roh SH, Niemira BA, Boyd G, Sites JE, Uknalis J and Fan X, 2017. In package inhibition of E. coli O157: H7 on bulk Romaine lettuce using cold plasma. Food Microbiology 65: 1-6.

Mishra K, Ojha H and Chaudhury NK, 2012. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH - assay: A critical review and results. Food Chemistry 130(4): 1036–1043.

Misra N, Tiwari B, Raghavarao K and Cullen P, 2011. Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. Food Engineering Reviews 3: 159–170.

Moritz M, Wiacek C, Koethe M and Braun PG, 2017. Atmospheric pressure plasma jet treatment of Salmonella Enteritidis inoculated egg shells. International journal of food microbiology 245: 22-28.

Niemira BA, 2012. Cold plasma decontamination of foods. Annual Review of Food Science and Technology 3: 125–142.

Odabasoglu F, Aslan A, Cakir A, Suleyman H, Karagoz Y, Bayir Y and Halici M, 2005. Antioxidant activity, reducing power and total phenolic content of some lichen species. Fitoterapia 76: 216–219.

Oh YJ, Song AY and Min SC, 2017. Inhibition of Salmonella typhimurium on radish sprouts using nitrogen-cold plasma. International Journal of Food Microbiology 149: 66–71.

Palma M, Piñeiro Z and Barroso CG, 2001. Stability of phenolic compounds during extraction with superheated solvents. Journal of Chromatography A 921(2): 169-174.

Pankaj S, Bueno-Ferrer C, O'neill L, Tiwari B, Bourke P and Cullen P, 2017.Characterization of dielectric barrier discharge atmospheric air plasma treated chitosan films. Journal of food processing and preservation 41(1): 1-7.

Pankaj SK, Bueno-Ferrer C, Misra N, O'Neill L, Tiwari B and Bourke P, 2015. Dielectric barrier discharges atmospheric air plasma treatment of high amylose corn starch films. LWT-Food Science and Technology 63(2): 1076-28.

Sarangapani C, Devi RY, Thirumdas R, Trimukhe AM, Deshmukh RR and Annapure US, 2017. Physico-chemical properties of low-pressure plasma treated black gram. LWT-Food Science and Technology 79:102-110.

Shojaee-Aliabadi S, Hosseini H, Mohammadifar MA, Mohammadi A, Ghasemlou M, Ojagh SM, Hosseini SM and Khaksar R, 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial κ-carrageenan films containing Satureja hortensis essential oil. International journal of biological macromolecules 52:116-124.

Singh BH, 2002. Extraction of phenolic compounds from red grape marce for using as food lipid antioxidant. Food Chemistry 66: 209-15.

Won MY, Lee SJ and Min SC, 2017. Mandarin Preservation by micro-powered cold plasma treatment Innovative. Food Science and engineering Technology 39: 25-32.