

بررسی اثر تیمار پلاسمای سرد بر کاهش بار میکروبی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی زردچوبه

فریده سنایی¹، سید علی مرتضوی^{2*}، فریده طباطبایی³، فخری شهیدی⁴

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

2- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

3- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

4- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: 98/10/14 تاریخ پذیرش: 98/12/11)

چکیده

پلاسمای سرد یک فناوری غیرحرارتی خشک و بدون نیاز به مواد شیمیایی است که قادر به کار کردن به صورت مداوم در فشار اتمسفر می‌باشد. در پژوهش حاضر از پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریک فشار اتمسفر با گازهای (هوا، نیتروژن و آرگون) به مدت اعمال پلاسما در زمان‌های (صفر، 5، 15، 25) دقیقه بر سطح نمونه‌های زردچوبه جهت کاهش شمارش کلی، کلی فرم، کپک و مخمر و *Clostridium perfringens* صورت گرفت. نتایج آزمون‌های میکروبی نشان داد که تابش پلاسما با گاز نیتروژن به مدت 15 دقیقه، بار میکروبی زردچوبه را با کمترین اثر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کاهش داد. نمونه‌های شاهد، فاقد کلی فرم و *Clostridium perfringens* بودند. بررسی نتایج خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها (رنگ و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) نشان داد که اثر نوع گاز بر هیچ کدام از شاخص‌های رنگی زردچوبه معنی‌دار نشد، در حالی که با افزایش مدت اعمال پلاسما میانگین هر سه شاخص رنگی کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). بررسی تأثیر نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسما بر شاخص مهارکنندگی نمونه‌های زردچوبه نشان داد که نوع گاز به کار برده شده تأثیری بر این شاخص نداشت ($p < 0.05$) در حالی که اثر زمان برای این شاخص معنی‌دار شد و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت ($p < 0.05$). بررسی نتایج ویژگی‌های حسی (رنگ، بو، ظاهر و طعم) نمونه‌ها نشان داد که نوع گاز به کار برده شده نیز بر شاخص‌های حسیمونه‌ها تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد در حالی که با افزایش مدت زمان پلاسما میانگین شاخص‌ها (به جز شاخص طعم نمونه‌ها) کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$). به طور کلی پلاسمای سرد روشی جدید برای فرآوری مواد غذایی است که با توجه به غیرحرارتی بودن آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر روش‌های مورد استفاده برای استرلیزاسیون و پاستوریزاسیون مواد غذایی باشد.

کلید واژگان: بار میکروبی، پلاسمای سرد، زردچوبه

* مسئول مکاتبات: morteza@um.ac.ir

1- مقدمه

برانگیخته شدن گاز، توسط یک میدان الکتریکی، به صورت تخلیه‌های الکتریکی تولید می‌شود و حالتی از گاز یونیزه شده، شامل یون‌ها، الکترون‌ها و اشعه ماورا بنفش و گونه‌های واکنش‌گر مانند رادیکال‌ها، اتم‌ها و مولکول‌های برانگیخته است که قادر به غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. گازهای مورد استفاده در تولید پلاسما می‌تواند نیتروژن، اکسیژن، هلیوم، آرگون و اتمسفر باشد. گونه‌های واکنش‌گر پلاسما به شرایط عملیاتی (نوع گاز، نوع و توان پلاسما) بستگی دارد [3].

این پژوهش، با هدف بررسی تأثیر تیمار پلاسماهای سرد، با گازهای مختلف نیتروژن، هوا و آرگون در زمان‌های مختلف بر کاهش بار میکروبی و تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی زردچوبه صورت می‌گیرد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمون‌های

میکروبی

برای انجام آزمون‌های میکروبی، نمونه‌های زردچوبه تحت دو تیمار مدت اعمال پلاسما در چهار سطح (صفر، 5، 15، 25 دقیقه) گازهای مختلف (آرگون، نیتروژن و هوا) قرار گرفته و بلافاصله بار میکروبی آن‌ها اندازه‌گیری شد.

ابتدا 1 گرم از هر نمونه زیر هود استریل با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن گردید و با 9 میلی‌لیتر رینگر استریل ترکیب شد. پس از شیکر نمونه‌ها 1 سی سی از این مخلوط همگن شده با استفاده از سمپلر در شرایط استریل به 9 میلی‌لیتر رینگر استریل منتقل شد به همین ترتیب رقت سازی تا هفت مرحله انجام گرفت.

برای ارزیابی بار میکروبی نمونه‌ها شامل شمارش کلی از محیط کشت استریل¹ PCA، شمارش کلی فرم‌ها از محیط کشت VRB² (روش کشت پورپلیت)، شمارش کپک و مخمر از محیط کشت YGC³، شمارش *Clostridium perfringens* از محیط کشت TSC⁴ (روش کشت بی‌هوازی) استفاده گردید. از هر تیمار

زردچوبه با نام علمی (*Curcuma longa*) نوعی گیاه از رده زنجبیل وارها (*Liliopsida*)، راسته زنجبیل‌ها (*Zingiberales*)، تیره زنجبیلیان (*Zingiberaceae*)، گونه زردچوبه‌ای‌ها (*Curcuma*) است. گیاه بومی نواحی گرم آسیا، نظیر کشورهای هند، پاکستان، اندونزی، جنوب چین و بومی آفریقا و آمریکای جنوبی است و در ایران رویش ندارد. زردچوبه به سبب ویژگی‌های منحصر به فرد سلامت‌زایی خود در سراسر جهان به‌عنوان یک ماده غذایی عملگر شناخته می‌شود. امروزه مطالعات مختلف نشان داده‌اند که کورکومین زردچوبه دارای ویژگی‌های عملکردی چشم‌گیری است و در تحقیقات محققان خواص متفاوتی از این ترکیب از جمله فعالیت ضد تومور و ضد سرطان، کاهش سطح کلسترول خون، افزایش عملکرد ایمنی بدن، بازدارندگی از بیماری‌های قلبی و عروقی، جلوگیری از آسیب غشاهای زیستی در مقابل پراکسیداسیون، خاصیت ضد التهاب و کاهش آرتروز، رماتیسم و حفاظت در مقابل بیماری آلزایمر وجود دارد [1]. اغلب ادویه‌ها با روش‌های قدیمی و تحت شرایط بهداشتی نامطلوب تهیه می‌شوند. طی مراحل برداشت و حمل و نقل نیز بار میکروبی ادویه‌ها افزایش می‌یابد، بنابراین ادویه‌هایی که مستقیماً و بدون حرارت دیدن به مصرف می‌رسند ممکن است باعث بیماری شوند. با توجه به اهمیت ادویه‌ها در طعم دادن به غذاها استفاده از روش‌های آلودگی‌زدایی، بدون ایجاد تغییر در کیفیت ادویه‌ها ضروری می‌باشند. پلاسماهای سرد روشی جدید برای فرآوری مواد غذایی است که با توجه به غیرحرارتی بودن آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر روش‌های شیمیایی (مانند فرآیند با کلرین) و روش‌های فیزیکی (مانند فرایندهای فشار بالا، پالس‌های الکتریکی و اشعه یونیزه کننده) مورد استفاده برای استریلیزاسیون و پاستوریزاسیون مواد غذایی باشد. تکنیک‌های استریلیزاسیون پلاسمایی، مؤثر، ساده و سریع (از چند ثانیه تا یک ساعت) و دارای دمای پایین‌تر (کمتر از 70 درجه می‌باشد). پژوهش‌های انجام شده در رابطه با پلاسماهای سرد نشان داده است که قابلیت کشتن میکروب‌ها را دارد و هم‌چنین می‌تواند فرم‌های رویشی، اسپورها و قارچ‌ها را از بین ببرد [2]. پلاسما، حالت چهارم ماده و در واقع گاز یونیزه شده‌ای می‌باشد که توسط

1. Plate Count Agar
2. Yeast Extract Agar
3. Violet Red Bile
4. Tryptose sulfite Cycloserin

توسط 20 پانالیست و با روش تست هدونیک پنج نقطه‌ای ارزیابی شدند. نحوه امتیازدهی به ویژگی‌های حسی به صورت عالی، خوب، متوسط، بد و خیلی بد طراحی شد و در نهایت این پارامترهای کیفی به پارامترهای کمی تبدیل شدند، به گونه‌ای که برای هر صفت به ترتیب اعداد 5 (عالی) تا 1 (خیلی بد) تعلق گرفت و سپس نتایج تفسیر شدند [7].

4-2- روش آماری تحلیل نتایج

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با 2 تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش شامل زمان در چهار سطح (صفر، 5، 15، 25) دقیقه و نوع گاز در سه سطح (آرگون، هوا و نیتروژن) بود. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار spss22 در سطح اطمینان 95 درصد و مقایسه میانگین نیز با آزمون دانکن انجام پذیرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج ارزیابی بار میکروبی

نتایج آنالیز واریانس نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسما نشان داد که تأثیر نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسما بر کاهش بار میکروبی شمارش کلی در سطح اطمینان 5 درصد معنی‌دار بوده در صورتی که بر کاهش بار کپک و مخمر تنها اثر زمان معنی‌دار شد. نتایج آنالیز واریانس اثر متقابل نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسما نشان داد که اثر متقابل در مورد شمارش کلی معنی‌دار ولی این اثر برای کپک‌ها و مخمرها معنی‌دار نشد.

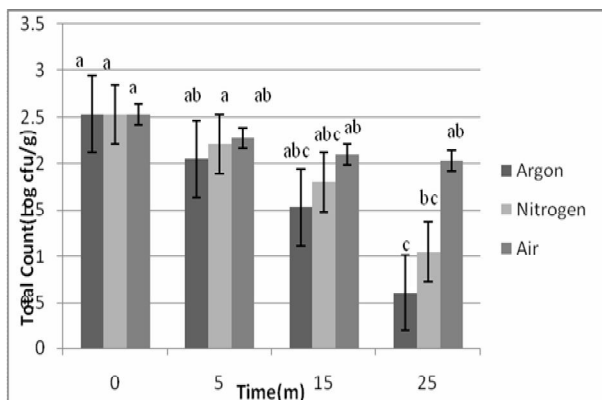


Fig 1 microbial reduction of *Curcuma longa* samples under different gases and times.

2 تکرار کشت داده شد. بعد از انکوباسیون پلیت‌های با تعداد 300-30 کلنی شمارش شدند. در نهایت بار میکروبی برحسب $\log_{10} \text{cfu/g}^{-1}$ محاسبه شد [4].

2-2- اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکوشیمیایی

2-2-1 بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی با استفاده از محلول DPPH⁵

برای این منظور محلول‌های رقیق شده نمونه‌های زردچوبه با متانول از طریق توزین 10 میلی‌گرم زردچوبه تهیه شد. مقدار 1 میلی‌لیتر از محلول‌های رقیق شده زردچوبه به اضافه 2 میلی‌لیتر از محلول رادیکالی DPPH (با غلظت 15/ میلی مول بر لیتر) مخلوط گردید و به منظور رقیق شدن نمونه برای قرارگیری در محدوده خطی جذب مقدار 2 میلی‌لیتر متانول به مخلوط اضافه شد و پس از 45 دقیقه قرار گرفتن در تاریکی، جذب در طول موج 517 نانومتر ثبت شد. برای محاسبه درصد مهارکنندگی⁶ عصاره از فرمول زیر استفاده گردید. (برای به دست آمدن میزان جذب محلول DPPH نمونه با ترکیب 2 میلی‌لیتر از متانولی رادیکال DPPH با 3 میلی‌لیتر متانول خالص استفاده شد و جذب 702/ محاسبه گردید). [5].

2-2-2 آزمون رنگ

آزمون رنگ سنجی با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل LES135 انجام گرفت تغییرات رنگ نمونه‌های زردچوبه شاهد و تیمار شده با پلاسما با استفاده از اندازه‌گیری شاخص روشنایی *L (سیاه-سفید) و شاخص‌های *a (قرمز-سبز) و *b (آبی-زرد) مشخص شد. بر این اساس کل نمونه‌های زردچوبه در ظرف مخصوص دستگاه ریخته شد به طوری که سطح آن کاملاً پوشانده شود. سپس محفظه تاریک بر روی ظرف گذاشته شد و در سیستم *a*b* CIEL* پارامترهای رنگی تعیین شدند [6].

2-3- ارزیابی حسی

به منظور بررسی خصوصیات حسی نمونه‌ها (رنگ، بو، ظاهر و طعم) قبل و بعد از قرارگیری در معرض تابش پلاسما، نمونه‌ها

5. Diphenyl-2-Picrylhydrazil

6. inhibition

جز نمونه تیمار شده با گاز آرگون در زمان 25 دقیقه تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ($p < 0.05$) بین مدت زمان اعمال پلاسمای و غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها ارتباط وجود دارد. افزایش زمان اعمال پلاسمای منجر به افزایش سطح گونه‌های واکنش‌گر می‌شود، همچنین افزایش زمان تیمار با افزایش زمان تماس بین میکروارگانیسم‌ها و گونه‌های واکنش‌گر، سبب افزایش اثر میکروبی‌زدایی می‌گردد [8].

شکل 1 نمودار اثرات متقابل نوع گاز و زمان‌های مختلف را بر کاهش بار میکروبی نمونه‌های زردچوبه را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه‌های تیمار شده با گازهای آرگون و نیتروژن در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌داری از نظر کاهش بار میکروبی با یکدیگر ندارند ($p > 0.05$)، همچنین بین نمونه تیمار شده با هوا در زمان 25 دقیقه با سایر نمونه‌ها به

Table 1 Results of Logarithmic Cycle Reduction of Turmeric Samples by Plasma Exercise for 25 Minutes with Argon gas.

mold and yeast	Overall count	Primary microorganism
1/24	2/28	
0/4	0/9	Microbial load after treatment

حاوی نانوفره *Salmonella enteritidis* و *Enterococcus* کپک نمونه‌های زعفران نتایج مشابه‌ای گزارش نمودند، مبنی بر این که میزان کاهش جمعیت کپک‌های زعفران کمتر از *Salmonella enteritidis* و *Enterococcus* بوده است. کلامپفل و همکاران در سال 2012 در رابطه با حساسیت کمتر *Candida albicans* نسبت به سایر گونه‌های باکتریایی در طی زمان‌های مختلف اعمال پلاسمای سرد به نتایج مشابه‌ای دست یافتند و علت آن را دیواره سلولی قارچ‌ها که متشکل از کیتین و فیبریل سلولز با ماترکس پلی ساکارید است نسبت دادند.

3-2- نتایج ارزیابی شاخص‌های رنگی

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود نوع گاز به کار برده شده تفاوت معنی‌داری بر شاخص‌های رنگی نمونه‌های زردچوبه نداشتند و نمونه‌های تیمار شده با گاز نیتروژن در هر سه شاخص رنگ در سطح بالاتری بودند.

نتایج جدول 1 نشان می‌دهد که تابش پلاسمای اثر بیشتری بر شمارش کلی نمونه‌های زردچوبه نسبت به کپک و مخمر دارد. وون و همکاران در سال 2017، در بررسی اثر زمان تابش‌دهی پلاسمای سرد بر *P. italicum* به نتایج مشابه‌ای دست یافتند. این تفاوت می‌تواند به دلیل ساختار ضخیم دیواره سلولی قارچ‌ها نسبت به غشاء پپتیدوگلیکان دیواره باکتری‌ها باشد. ساختار قارچ متشکل از اجزایی مانند کیتین و فیبریل‌های سلولز با ماترکس پلی ساکاریدی می‌باشد که باعث افزایش مقاومت دیواره سلولی و در نتیجه کاهش مقاومت تخریب DNA می‌شود [9]. نیشیم و همکاران در سال 2017 به نتایج مشابه‌ای در رابطه با حساسیت کم تر *Candida albicans* نسبت به سایر گونه‌های باکتریایی طی تابش‌دهی با پلاسمای سرد دست یافتند و بیان داشتند دیواره سلولی ضخیم و سخت قارچ‌ها به میزان قابل توجهی به مقاومت آن‌ها در برابر تابش پلاسمای کم می‌کند [10]. اسلامی و همکاران در سال 2016 در بررسی اثر بسته ضد میکروبی

Table 2 Results Comparison of the average evaluation of color indices of samples *Curcuma longa* under different gases and times

b*	a*	L*	Type of gas
61/11±8/4 ^a	±1/6 ^a 17/88	5/2±51/41 ^a	Argon
64/34±3/6 ^a	18/7± 1/8 ^a	53/6± 2/5 ^a	Nitrogen
61/19±7/23 ^a	17/88± 1/8 ^a	4/9 ^a 51±	Air
			Time
68/28± 0/4 ^a	19/5± 0/022 ^a	56/7±0/011 ^a	0
67/98±0/059 ^a	19/49± 0/1 ^a	55/2± 0/18 ^a	5
58/79±2/7 ^b	± 0/7 ^b 17/31	± 1/8 ^b 49	15
53/8±4/9 ^c	16/33± 1/17 ^c	46± 2/9 ^c	25

همان‌طور که در شکل بالا نشان می‌دهد نمونه تیمار شده با گاز آرگون به مدت 5 دقیقه دارای بالاترین میانگین و درجه زردی بیشتر و در مقابل نمونه تیمار شده با گاز آرگون به مدت 25 دقیقه پایین‌ترین میانگین و از درجه زردی آن کاسته شد. نمونه‌های تیمار شده با گاز آرگون و هوای 5 دقیقه نسبت به نمونه کنترل درجه زردی بیشتری داشتند. به طور کلی با گذشت زمان شاخص b نمونه‌های زردچوبه برای هر سه گاز کاهش یافت.

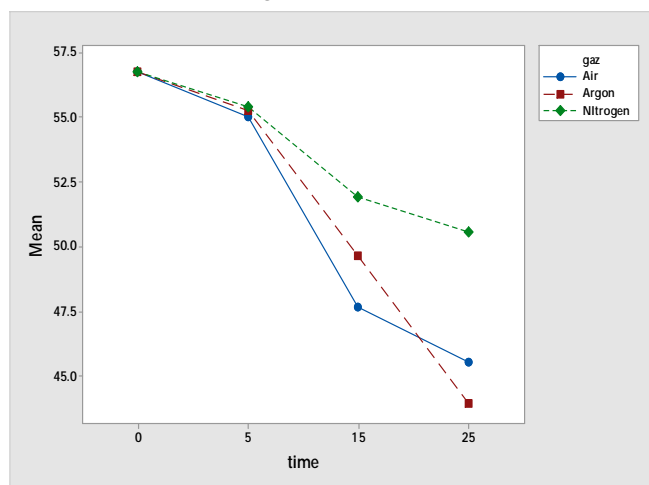


Fig 4 comparing the average interaction of duration and type of gas on the index L of Curcuma longa samples

همان‌طور که در شکل بالا نشان می‌دهد نمونه تیمار شده با گاز نیتروژن و آرگون به مدت 5 دقیقه دارای بالاترین میانگین و نمونه تیمار شده با گاز آرگون به مدت 25 دقیقه پایین‌ترین میانگین و از قرمزی آن کاسته شد. نمونه تیمار شده با گاز نیتروژن به مدت 5 دقیقه نسبت به نمونه کنترل درجه قرمزی بیشتری داشت. با گذشت زمان شاخص a نمونه‌ها برای هر سه گاز نیتروژن، آرگون و هوا کاهش یافت.

لی و همکاران در سال 2016 اثر پلاسما بر رنگ نمونه‌های برنج قهوه‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر شاخص L^* (روشنایی) در نمونه‌های تیمار شده بالاتر از نمونه شاهد بود در حالی که کاهش جزئی در شاخص a^* (قرمزی) و b^* (زردی) برای نمونه‌های تیمار شده وجود داشت [11]. سانابریا و همکاران در سال 2004 بیان کرد که میزان رطوبت با روشنایی نمونه در ارتباط است و تغییر در میزان رطوبت نمونه‌ها باعث تغییر در شاخص L^* می‌شود. هرتوینگ در سال 2015 در بررسی اثر پلاسما بر رنگ پودر پاپریکا و فلفل قرمز به این نتیجه رسید که در پودر پاپریکا مقادیر شاخص a^*

با افزایش مدت اعمال پلاسما میانگین هر سه شاخص رنگی کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌داری داشتند.

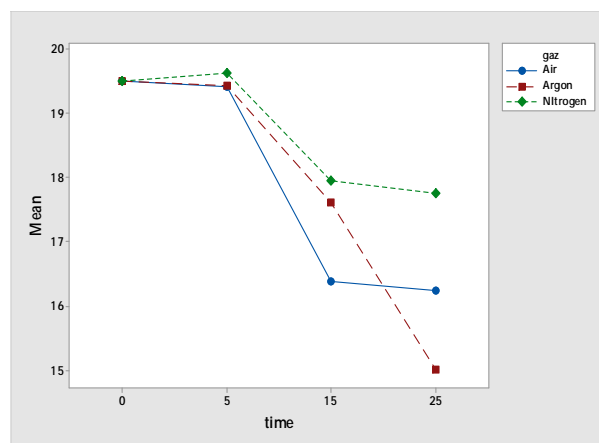


Fig 2 comparing the average interaction of duration and type of gas on the index a of Curcuma longa samples

همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌شود نمونه تیمار شده با گاز نیتروژن به مدت 5 دقیقه دارای بالاترین میانگین و نمونه تیمار شده با گاز آرگون به مدت 25 دقیقه پایین‌ترین میانگین و از قرمزی آن کاسته شد. نمونه تیمار شده با گاز نیتروژن به مدت 5 دقیقه نسبت به نمونه کنترل درجه قرمزی بیشتری داشت. با گذشت زمان شاخص a نمونه‌ها برای هر سه گاز نیتروژن، آرگون و هوا کاهش یافت.

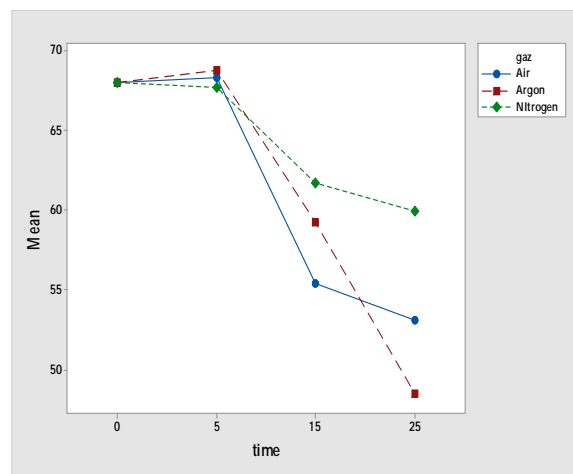


Fig 3 comparing the average interaction of duration and type of gas on the index b of Curcuma longa samples

زمان‌های صفر، 20، 15، 10، 5، 30 دقیقه و در توان‌های 50، 40 و 30 وات پرداختند. نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش DPPH نشان داد که نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه‌های کنترل کاهش قابل توجهی داشتند. کیم و همکاران در سال 2017 پودر پیاز را با پلاسمای مایکروویو با گاز هلیوم در زمان‌های 10، 14، 25، 36، 40 دقیقه و در توان‌های 400، 476، 650، 826 و 900 وات قرار دادند. در این آزمایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های تیمار شده با روش DPPH افزایش یافت [13].

این مطالعات نشان می‌دهند که نوع محصول غذایی، منبع تولید پلاسمای، حالت مواجهه پلاسمای (مستقیم یا غیرمستقیم) با ماده مورد نظر، در کنترل اثرات پلاسمای سرد روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصولات غذایی حیاتی هستند [14].

3-4- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های زردچوبه

همان‌طور که در جدول زیر مشاهده می‌شود نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسمای بر طعم نمونه‌های زردچوبه تفاوت معنی‌داری نداشتند. نوع گاز به کار برده شده نیز بر سایر شاخص‌های حسی (رنگ، بو و ظاهر) نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد ولی با افزایش مدت زمان پلاسمای، میانگین سایر شاخص‌ها کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$). تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها اثر متقابل نوع گاز و مدت پلاسمای بر شاخص‌های حسی نمونه‌های مختلف زردچوبه معنی‌دار نبود ($p > 0.05$).

(فرمزی) با گذشت زمان کاهش، در حالی که مقادیر شاخص‌های L^* و b^* (روشنایی) و (زردی) افزایش یافت [12].

Table 3 Results Comparison of the mean inhibitory index of Curcuma longasamples under different gases and times

Inhibitory index	Type of gas
36/1 ± 6/7 ^a	Argon
32±6/4 ^a	Nitrogen
36/6 ± 6/1 ^a	Air
	Time
41/5 ± 0 ^a	0
41/7 ± 1/31 ^a	5
35/1 ± 2/6 ^b	15
28/3 ± 3/3 ^c	25

3-3- نتایج بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی با استفاده از

محلول DPPH

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود بالاترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی، مربوط به نمونه تیمارخورده با هوا بود. بعد از آن به ترتیب نمونه‌های تیمارخورده با گاز آرگون و نیتروژن بودند. هرچند نوع گاز به کار برده شده تفاوت معنی‌داری بر شاخص مهارکنندگی نمونه‌ها نداشت ($p > 0.05$). در حالی که با افزایش مدت زمان، میانگین این شاخص کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 0 و 5 دقیقه تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد ($p > 0.05$). لیائو و همکاران در سال 2018 به بررسی تیمار آب میوه سیب تحت شرایط پلاسمای تخلیه سد دی‌الکترونیک با گاز هوا در

Table 4 Results of comparison of mean sensory evaluation of Curcuma longasamples under different gases and times

Odour	Taste	Appearance	color	Type of gas
4/08±0/99 ^a	3/6± 1/2 ^a	1/04 ^a 4/1±	4/03±1/0 ^a	Argon
4/1±0/75 ^a	3/6±1/19 ^a	4/01±1 ^a	4/06±/98 ^a	Nitrogen
4±0/84 ^a	3/6±1/16 ^a	4/06 ± 1/1 ^a	4/±1/16 ^a 03	Air
				Time
4/5±0/5 ^a	3/8± 1/1 ^a	4/6±1/02 ^a	4/5± 1/03 ^a	0
4/1±0/83 ^{ab}	3/7± 1/2 ^a	3/7±0/9 ^a	4/4 ± /94 ^a	5
3/8±0/8 ^b	3/5±1/19 ^a	3/7± 0/9 ^b	3/6 ± /9 ^b	15
3/6±1/01 ^b	3/5± 1/13 ^a	1/03 ^b 3/5±	3/5± /99 ^b	25

ارزیابی حسی، بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار بین مشخصه‌های حسی نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد و گروه شاهد بود [15].

متان و همکاران در سال 2015 اثر پلاسمای تخلیه رادیویی فشار اتمسفری را بر مشخصه‌های کیفی میوه پیتایا مطالعه کردند. نتایج

که اثر زمان برای این شاخص معنی‌دار شد و با گذشت زمان خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها کاهش یافته است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد قدرت پلاسما در غیرفعال سازی میکروارگانیزم‌ها مؤثر بوده از طرفی به دلیل عدم تولید ضایعات، انرژی مصرفی پایین و کم هزینه بودن و هم‌چنین حفظ مواد مغذی می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر روش‌های شیمیایی (مانند فرآیند با کلرین) و روش‌های فیزیکی (مانند فرایندهای فشار بالا، پالس‌های الکتریکی و اشعه یونیزه کننده) مورد استفاده برای استرلیزاسیون و پاستوریزاسیون مواد غذایی باشد.

5- تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج شده از پایان نامه با کد طرح 3/48919 تصویب رسید. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد جهت تأمین اعتبار هزینه‌های مالی، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

6- منابع

- [1] Tappi, S., G. Gozzi, L. Vannini, A. Berardinelli, S. Romani, L. Ragni and P. Rocculi (2016). "Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization." *Innovative food science & emerging technologies*33: 225-233
- [2] Laroussi, M. (2009). "Low-temperature plasmas for medicine?" *IEEE Transactions on plasma science*37(6): 714-725.
- [3] Pasquali, F., A. C. Stratakos, A. Koidis, A. Berardinelli, C. Cevoli, L. Ragni, R. Mancusi, G. Manfreda and M. Trevisani (2016). "Atmospheric cold plasma process for vegetable leaf decontamination: A feasibility study on radicchio (red chicory, *Cichorium intybus* L.)." *Food Control*60:552-559.
- [4] Krim, G., 2003. Food microbial tests, University of Tehran Publishers.
- [5] Ak, T. and Y. Gülçin (2008). "Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin." *Chemico-biological interactions*174(1): 27-37.
- [6] Rashid, S., A. Rakha, F. M. Anjum, W. Ahmed and M. Sohail (2015). "Effects of

لی وهمکاران در سال 2015، به تأثیر پلاسما تخلیه جت بر مشخصه‌های حسی نمونه‌های زرده و سفیده تخم‌مرغ پرداختند. تیمار با پلاسما باعث ایجاد تغییرات حسی ناچیز در سفیده تخم‌مرغ پخته شده گردید در حالی که کاهش حسی در زرده تخم‌مرغ پخته شده مشاهده شد [16].

باساران وهمکاران در سال 2008، از پلاسما سرد با گاز هگزوفلوراید و هوا به مدت 20 دقیقه بر روی مغزهای آجیل جهت غیرفعال کردن قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس استفاده نمودند. ارزیابی حسی که توسط تعدادی پانالیست انجام گرفت نشان داد که مغزهای آجیل که تحت تیمار با پلاسما با گاز هگزوفلوراید گوگرد و هوا قرار گرفتند، از نظر رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی با نمونه‌های کنترل اختلاف معنی‌داری ندارند [17]. تغییرات حسی در غذاهای تحت درمان با پلاسما احتمالاً بسته به ویژگی‌های مواد غذایی مانند ترکیب اسید چرب، محتوای چربی و پروتئین آن‌ها متفاوت است [18].

4- نتیجه گیری

در این مطالعه تأثیر پلاسما بر پایه تخلیه سد دی‌الکترونیک در فشار اتمسفر در زمان‌ها و گازهای مختلف بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکی شیمیایی و حسی نمونه‌های زردچوبه صورت گرفت. نتایج آزمون میکروبی نشان داد که تابش پلاسما با گاز نیتروژن به عنوان بهترین گاز و زمان تابش 15 دقیقه تابش پلاسما در آزمایش، بار میکروبی زردچوبه را با کمترین اثر بر ویژگی‌های

فیزیکی شیمیایی کاهش داد. با افزایش مدت اعمال پلاسما میانگین هر سه شاخص رنگی ($L^* a^* b^*$) کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌داری داشتند.

نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسما بر طعم نمونه‌های زردچوبه تفاوت معنی‌داری نداشتند. نوع گاز به کار برده شده نیز بر سایر شاخص‌های حسی (رنگ، بو و ظاهر) نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد ولی با افزایش مدت زمان پلاسما میانگین سایر شاخص‌ها کاهش یافت که این کاهش در زمان‌های 15 و 25 دقیقه تفاوت معنی‌دار داشتند. بررسی تأثیر نوع گاز و مدت زمان اعمال پلاسما بر شاخص مهارکنندگی نمونه‌های زردچوبه نشان داد که نوع گاز به کار برده شده تأثیری بر این شاخص نداشت در حالی

- "Decontamination of whole black pepper using different cold atmospheric pressure plasma applications." *FoodControl*55: 221-229.
- [13] Kim, J. E., Y. J. Oh, M. Y. Won, K.-S. Lee and S. C. Min (2017). "Microbial decontamination of onion powder using microwave-powered cold plasma treatments." *Food microbiology*62:112-123.
- [14] Pankaj, S. K., Z. Wan and K. M. Keener (2018). "Effects of cold plasma on food quality: A review." *Foods*7(1): 4.
- [15] Matan, N., K. Puangiinda, S. Phothisuwan and M. Nisoa (2015). "Combined antibacterial activity of green tea extract with atmospheric radio-frequency plasma against pathogens on fresh-cut dragon fruit." *Food Control*50: 291-296.
- [16] Lee, T., P. Puligundla and C. Mok (2015). "Inactivation of foodborne pathogens on the surfaces of different packaging materials using low-pressure air plasma." *Food Control*51: 149-155.
- [17] Basaran, P., N. Basaran-Akgul and L. Oksuz (2008). "Elimination of *Aspergillus parasiticus* from nut surface with low pressure cold plasma (LPCP) treatment." *Food Microbiology* 25(4): 626-632.
- [18] Yong, H. I., H.-J. Kim, S. Park, K. Kim, W. Choe, S. J. Yoo and C. Jo (2015). "Pathogen inactivation and quality changes in sliced cheddar cheese treated using flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma." *Food Research International*69: 57-63.
- extrusion cooking on the dietary fibre content and Water Solubility Index of wheat bran extrudates." *International journal of food science & technology*50(7): 1533-1537.
- [7] Palma, M., Z. Piñeiro and C. G. Barroso (2001). "Stability of phenolic compounds during extraction with superheated solvents." *Journal of Chromatography A* 921(2): 169-174.
- [8] Moritz, M., C. Wiacek, M. Koethe and P. G. Braun (2017). "Atmospheric pressure plasma jet treatment of *Salmonella* Enteritidis inoculated eggshells." *International journal of food microbiology*245: 22-28.
- [9] Amini, M. and M. Ghoranneviss (2016). "Effects of cold plasma treatment on antioxidants activity, phenolic contents and shelf life of fresh and dried walnut (*Juglans regia* L.) cultivars during storage." *LWT*73: 178-184.
- [10] Nishime, T., A. Borges, C. Koga-Ito, M. Machida, L. Hein and K. Kostov (2017). "Non-thermal atmospheric pressure plasma jet applied to inactivation of different microorganisms." *Surface and Coatings Technology* 312: 19-24.
- [11] Lee, K. H., H.-J. Kim, K. S. Woo, C. Jo, J.-K. Kim, S. H. Kim, H. Y. Park, S.-K. Oh and W. H. Kim (2016). "Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice." *LWT*73: 442-447.
- [12] Hertwig, C., K. Reineke, J. Ehlbeck, D. Knorr and O. Schlüter (2015).

Effect of Cold plasma Treatment on Microbial load Reduction and physicochemical properties of *Curcuma longa*

Sanaei, F¹, mortazavi, A^{2*}, Tabatabaei Yazdi, F³, shahidi, F.⁴

1. MSC, Department of food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(Received: 2020/01/04 Accepted: 2020/03/01)

Cold plasma is a dry, non-thermal technology with no chemicals capable of working continuously at atmospheric pressure. In the present study, plasma discharge of atmospheric pressure dielectric barrier with gases (air, nitrogen, and argon) was applied to the plasma for (0,5,15,25) min at the surface of curcuma longa samples to reduce total microbial, coliform, yeast and mold, *Clostridium perfringens* was performed. Results of microbial tests showed that irradiation of plasma with nitrogen gas for 15 minutes reduced curcuma longa microbial load with minimal effect on physicochemical properties. Control samples lacked coliform and *Clostridium perfringens*. The results of physicochemical properties of the samples (color and antioxidant activity) showed that the effect of gas type on any of the curcuma longa color indices was not significant, while with increasing plasma duration the mean of all three color indices decreased, which decreased in There were significant differences between 15 and 25 minutes ($p < 0.05$). Investigation of the effect of gas type and duration of plasma application on the inhibitory index of curcuma longa samples showed that the type of gas used had no effect on this index ($p > 0.05$), while the effect of time was significant for this index and their antioxidant properties compared to the control sample Decreased ($p < 0.05$). The results of sensory characteristics (color, odor, appearance and taste) of the samples showed that the type of gas used did not differ significantly on the sensory parameters of the samples, while with increasing plasma duration the mean values (Except for the taste index of the samples which decreased significantly between 15 and 25 minutes ($p < 0.05$). In general, cold plasma is a novel method of food processing that, given its non-thermal nature, can be a good alternative to other methods used for food sterilization and pasteurization.

Keywords: Cold plasma, *Curcuma longa*, Microbial load

* Corresponding Author Email Address: morteza@um.ac.ir