مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۱۲۱-۱۱۳

استفاده از فناوری پلاسمای سرد به عنوان روشی در جهت اصلاح ساختاری نشاسته ذرت و بررسی عملکردی آن در مدل غذایی

حنانه بهمن پور[۱]، نارملا آصفی[۲]، آیناز علیزاده[۳]

۱- دانش آموخته دکترای علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

پست الکترونیکی: n.asefi@iaut.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۵

چکیده

سابقه و هدف: پلاسمای سرد به عنوان راه حلی نوآورانه در تولید و توزیع مواد غذایی سالم و با کیفیت به کار می‌رود. این پژوهش با هدف استفاده از فناوری پلاسمای سرد به عنوان روشی در جهت اصلاح ساختاری نشاسته ذرت و بررسی عملکردی آن در مدل غذایی انجام شد.

مواد و روش‌ها: گرانول‌های نشاسته تحت تیمار پلاسما با دو گاز مختلف به شکل تیمار ۱ (گاز آرگون ۹۵٪ و گاز هیدروژن ۵٪) تیمار۲ (گاز آرگون ۹۰٪ و گاز اکسیژن ۱۰٪) به مدت ۱۰ دقیقه انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی و قدرت تورم نشاسته، در تیمار۲ تغییرات بیشتری نسبت به تیمار ۱ و شاهد نشان داد. در نمونه‌های تیمارشده شکاف یا حفره‌های بیشتری نسبت به نمونه‌ی شاهد روی سطح مشاهده می‌شود. pH نمونه‌های تیمار شده کمتر از نمونه شاهد و رطوبت نمونه‌های تیمار شده بیشتر از نمونه شاهد بود با افزایش رطوبت میزان ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های تیمار شده و زمان پخت کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که پلاسمای سد دی الکتریک را می‌توان برای تولید نشاسته اصلاح شده با ویسکوزیته ظاهری کم در سطح بالا استفاده کرد. توسعه حوزه مطالعات با فناوری پلاسما برای تولید محصولات طبیعی و عاری از افزودنی‌های شیمیایی امکان پذیر می‌باشد.

واژگان کلیدی: پلاسمای سرد، نشاسته ذرت، دسر شیری

• مقدمه

فراوانی زیاد و قیمت نسبتاً پایین باعث شده که نشاسته در بسیاری از فراورده‌های غذایی و کاربردهای صنعتی استفاده شود. یکی از مهم‌ترین خواص کاربردی نشاسته قابلیت ژلاتینه شدن آن می‌باشد که در بسیاری از محصولات غذایی که تحت فرایندهای حرارتی قرار می‌گیرند، اتفاق می‌افتد. محدودیت‌هایی مانند تورم نامطبوب خمیر نشاسته، نداشتن حالت تغلیظ کنندگی مطلوب، حساسیت بالا به رتروگراداسیون، کدورت درژل ایجاد شده، سینرسیس، نداشتن پایداری انجماد و رفع انجماد و نداشتن تحمل حرارتی در طول فرایندهای غذایی، نیاز به اصلاح نشاسته از نوع ژنتیکی، شیمیایی، فیزیکی، و یا آنزیمی را موجب شده است تا خصوصیات جدید یا بهتری بدست آید (۲، ۱). در سال‌های اخیر، توجه بسیاری در استفاده از فرایندهای غیر حرارتی برای پژوهش‌های اصولی در حوزه غذا و کاربردهای تجاری وجود داشته است که از جمله آنها فن‌آوری پلاسمای غیر تعادلی می‌باشد (شکل ۱). عبارت پلاسما به چهارمین حالت ماده و عدم تعادل ترمودینامیکی بین الکترون‌های پرانرژی و اتم‌ها یا مولکول‌های در حالت پایه (هسته‌های ساکن) برمی‌گردد. این پدیده منجر به تشکیل یک سیستم آدیاباتیک با محتوای بالای انرژی جنبشی در دماهای پایین‌تر از ^{o}C ۷۰ می‌شود (۳). همچنین پلاسمای سرد ذرات

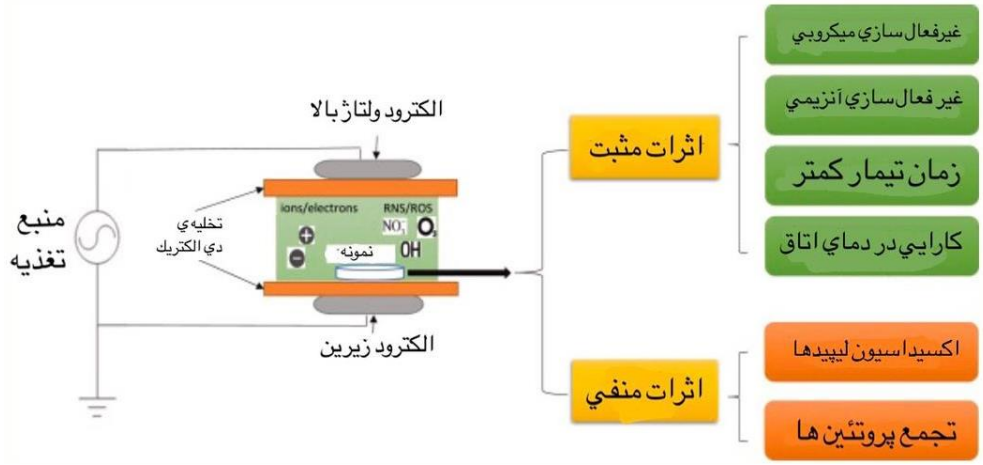
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

باردار و پرانرژی (الکترون‌ها، یون‌های مثبت و منفی)، رادیکال‌ها، گونه‌های خنثی (اتم‌ها و مولکول‌های برانگیخته) و فوتون‌ها (مرئی و فرابنفش) را منتشر می‌کند. این ذرات، قادر به شکستن پیوندهای کووالانسی می‌باشند که منجر به آغاز واکنش‌های شیمیایی متعدد که اهمیت بالایی در کاربردهای گوناگون تکنولوژیکی دارند، می‌شود (۴). از میان انواع مختلف پلاسما، تخلیه سد دی‌الکتریکی (DBD) یک سیستم پلاسمای غیر تعادلی و غیر حرارتی در فشار اتمسفری را بدست می‌دهد که نسبت به تمام سیستم‌های پلاسمایی علاوه بر نداشتن پیچیدگی‌های تحت خلاء با صرف انرژی مصرفی کمتر قادر به فرو شکست گاز و ایجاد پلاسما می‌باشد (۵). از جمله تحقیقات انجام شده بر روی تأثیر استفاده از پلاسما در مواد غذایی، تولید نانوذرات نشاسته‌ای (SNP- Starch nanoparticle) از نشاسته ذرت مومی WCS (Waxy corn starch) و نشاسته سیب زمینی PS (Potato starch) با استفاده از پلاسما تحت خلاء همراه با فراصوت بود و نتایج FTIR، نشان داد که نانوذرات نشاسته‌ای تیمار شده با گروه‌های کربوکسیل منفی پوشش یافته و آنتالپی ژلاتینه شدن و میزان تبلور آنها نسبت به نشاسته سیب زمینی شاهد به طور قابل توجهی کاهش یافت (۶). مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیرتیمار پلاسمای سرد بر خصوصیات رئولوژیکی نشاسته برنج در دو ولتاژ ورودی مختلف (۴۰ و ۶۰ وات) حاکی از کاهش کدورت و pH بعد از تیمار نشاسته با پلاسما می باشد. خواص هیدراتاسیون و بررسی سینرسیس ژل نشان‌دهنده افزایش تراوش آمیلوز بعد از تیمار است (۷). مطالعه‌ای در مورد اصلاح تاپیوکا با استفاده پلاسمای سرد با جت آرگون اتمسفری نشان داد که مولکول‌های آب در ساختار نشاسته وارد می‌شوند. دو نوع پیوند بین مولکول‌های نشاسته ایجاد می‌شود و درجه اتصال متقاطع را می‌توان از شدت نسبی پیک مشخص کرد. نتایج حاکی از کاهش درجه اتصال متقاطع مولکول‌های نشاسته در رطوبت نسبی بالا نسبت به نشاسته تحت تیمار با رطوبت نسبی کم است (۸). روشی جدید برای اصلاح نشاسته با پلاسما حاکی از تولید محصولی با اتصالات عرضی بالا است. اصلاحاتی مانند اکسیداسیون و جایگزینی می‌تواند در صورت استفاده از گاز مناسب به سادگی انجام گیرد (۹).

طبق آخرین گزارش‌های علمی، تیمار پلاسما می‌تواند در سه مکانیسم متفاوت مانند اتصال متقاطع، دپلیمریزاسیون و فرورفتگی سطح باعث اصلاح گرانول های نشاسته شود. این مکانیسم‌های مختلف منجر به تغییر مکان‌های مختلف پلیمرهای تخریب پذیر می‌شوند(۱۰). محققان‌گزارش کرده‌اند در تیمار پلاسما با اکسیژن به دلیل تعامل بین گونه‌های فعال شیمیایی، گروه‌های آبدوست قطبی بر روی بیوپلیمر تشکیل می‌شوند و در پلاسما با گاز CO_2 گروه‌های هیدروکسیل‌ها، کتون‌ها، آلدهیدها و استرها و در پلاسمای ازت و آمونیاک، گروه‌های مختلف آمین از طریق مکانیسم‌های دگرگونی گروه‌های عملکردی ایجاد می‌شوند (۱۲-۱۱-۱۰).

امروزه بسیاری از کشورهای پیشرفته برای گسترش کاربرد پلاسمای سرد در صنایع غذایی، کشاورزی و صنایع وابسته به آن سرمایه گذاری کرده‌اند. افزایش روز افزون و چشمگیر مطالعات، طرح‌های تحقیقاتی و تجاری در سال-های اخیر بر موضوعات متعدد مربوط به این حوزه دلیل روشنی بر این ادعا است. به علت اینکه پلاسمای سرد به عنوان راه حلی نوآورانه در تولید و توزیع مواد غذایی سالم و با کیفیت مطلوب معرفی شده است، هدف از پژوهش حاضر استفاده از فناوری پلاسمای سرد به عنوان روشی در جهت اصلاح ساختاری نشاسته ذرت و بررسی عملکردی آن در مدل غذایی می‌باشد.



شکل ۱. برخی از اثرات مثبت و منفی پلاسما در مواد غذایی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

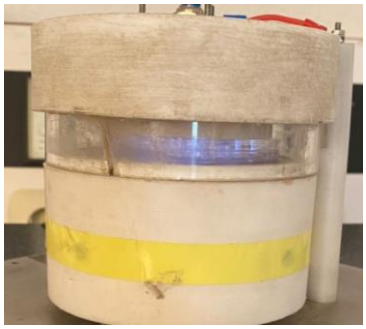
• مواد و روش‌ها

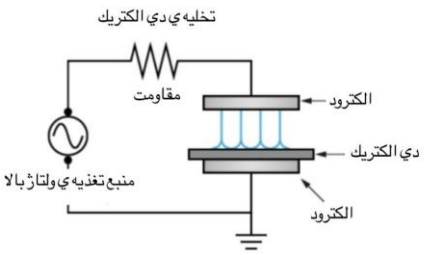
مواد

نشاسته‌ی خوراکی ذرت از پالایشگاه غلات زر، گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زرنام، واقع در هشتگرد تهیه شد. آزمون‌های رطوبت، و pH نشاسته قبل از تیمار با پلاسما با استفاده از روشهای معتبر AACC تعیین شد (۱۳).

روش کار

تیمار با پلاسمای سرد: DBD یک روش آسان و ایمن برای تولید تخلیه تعادل غیر حرارتی در فشار اتمسفر است. در DBD، یک لایه دی الکتریک یک یا هر دو الکترود را می‌پوشاند یا می‌تواند بین دو الکترود معلق شود. بنابراین، جریان هدایت و انتقال بار محدود است. جهت آماده سازی نمونه‌ها برای تیمارپلاسما دستگاه پلاسمای DBD دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد تهران در این فرآیند مورد استفاده قرار گرفت. نشاسته‌ی ذرت به مقدار ده گرم در محفظه دستگاه قرار گرفت (شکل ۲). فاصله ی بین دو الکترود ۳ سانتی متر و سرعت جریان گاز ۰/۱۵ میلی بار بوده و ولتاژ به میزان ۶ کیلوولت و فرکانس ۱۶ کیلو هرتز بوده، تابش پلاسما به مدت زمان ۱۰ دقیقه با استفاده از سه نوع گاز شامل آرگون – هیدروژن و اکسیژن انجام شد. نمونه در طول تیماردهی بارها همزده شد (۱۴).





شکل ۲. تصویر شماتیک و اصلی فرایند تخلیه سد دی الکتریک. عمل پلاسما DBD در حالت رشته‌ای

نمونه اول: اعمال پلاسما با گاز آرگون با میزان ۹۵٪ و گاز هیدروژن با میزان ۵٪

نمونه دوم: اعمال پلاسما با گاز آرگون به میزان ۹۰٪ و گاز اکسیژن به میزان ۱۰٪

نمونه سوم: شاهد که هیچ گونه تیماری روی آن انجام نگرفته است.

آزمون‌های مربوط به نشاسته تیمار شده

تعیین مشخصات به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM): ویژگی‌های مورفولوژی نمونه‌های نشاسته با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل VP 1450 LEO ساخت آلمان مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌های تیمار شده پس از خشک کردن و آسیاب شدن به پایه آلومینیومی منتقل و توسط دستگاه پوشش دهنده مدل SC7620 ساخت انگلستان تحت پوشش طلا- پالادیوم قرار گرفتند. عکس برداری از نمونه‌ها با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰ kV صورت گرفت (۱۵).

اندازه‌گیری قدرت تورم گرانول نشاسته: بدین‌منظور ۰/۱ گرم نمونه براساس وزن خشک در لوله‌های آزمایش دارای درب پیچی توزین و ۱۰ سی‌سی آب به آن اضافه گردید. بعد از مخلوط نمودن محتوای درون ظرف، لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۹۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجهز به شیکر قرار گرفت که با سرعت ثابت درحال تلاطم بود. سپس لوله‌های آزمایش از حمام آب خارج شدند و بلافاصله تا دمای اتاق سرد شد. لوله‌های آزمایش در ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه سانتریفیوژ و فاز روی را خارج کرده و لوله‌ی حاوی رسوب مجدداً توزین شد. درصد فاکتور تورم از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (۱۶).

وزن نشاسته خشک /وزن لوله و رسوب بعد از سانتریفیوژ=٪ فاکتور تورم

تهیه مدل غذایی

جهت تهیه‌ی ۹۰۰ گرم دسر شیری، ۷۵۰ گرم شیر کم چرب، ۴۵ گرم خامه با ۳۰٪ چربی مخلوط شده محصول حاصل در حمام آب به دمای ۴۰ درجه سانتی گراد رسانده شد. سپس ۵۴ گرم شکر و ۳۰ گرم پودر نشاسته تیمار شده اضافه گردید مخلوط حاصل ۱۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. جهت مرطوب شدن ذرات جامد مخلوط پیوسته همزده شد. سپس در یک فلاسک سرد کننده قرار گرفته تا دمای محصول به ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برسد و سپس ۱ گرم وانیل و ۲۰ گرم گلاب افزوده و ۱ دقیقه همزده شده و سپس دمای محصول به ۴ درجه سانتی‌گراد رسانده شده و تا انجام آزمون‌ها

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

در این دما نگهداری گردید (۱۷). دسر شیری دیگر با نمونه شاهد تهیه شد.

آزمون‌های مدل غذایی

رطوبت با استفاده از روش‌های استاندارد AACC 2003 اندازه‌گیری گردید. تعیین pH با سوسپانسیون ۰/۵٪ نشاسته (۱۷) و میزان ویسکوزیته ظاهری با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی(550model Haake,Germany) در نرخ های برشی ۲,۵ ، ۳ و ۴ (RPM) تعیین شد (۱۸) و بریکس با استفاده از رفراکتومتر دستیMT-098) model, Taiwan) اندازه گیری شد (۱۹).

ارزیابی حسی

ارزیابی خصوصیات حسی دسر باقضاوت ۲۰ ارزیاب غیرآموزش دیده انجام شد. صفات مورد بررسی شامل ظاهر، سفتی و نرمی بافت، بو، طعم و میزان آب اندازی که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۱، ۲، ۳ ، ۴، ۵ بودند، با روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱ بسیار نامطلوب، ۲ نامطلوب، ۳ مطلوب، ۴ بسیارمطلوب، ۵ بسیاربسیار مطلوب) ارزیابی گردید و سپس پذیرش کلی با استفاده ازرابطه زیر محاسبه شده و نتایج بر اساس پذیرش کلی گزارش گردید (۲۰).

$$Q=\sum (P*G) / \sum P$$

P=ضریب رتبه صفات G=ضریب ارزیابی صفات Q=پذیرش کلی

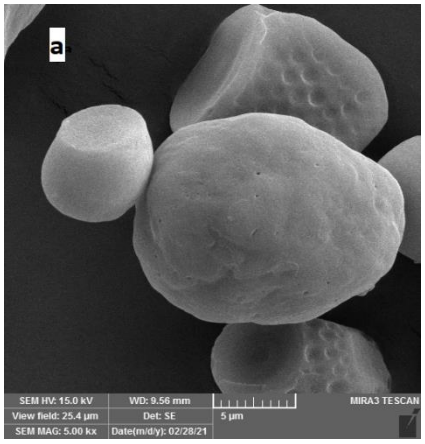
طرح آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، با استفاده از رگرسیون مدل خطی Generalized Linear Model (G.L.M) که یک رویکرد بین متغیر وابسته با یک یا چند متغیر مستقل می‌باشد انجام گرفته است و میزان خطا به عنوان نماینده عوامل تصادفی دیگری که قابل شناسایی نبودند در نظر گرفته که انتظار است کمتر در تغییرات متغیر وابسته نقش داشته باشند. نرم‌افزار آماری SPSS در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد.

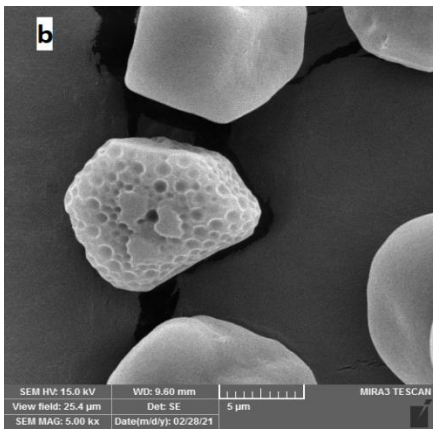
• یافته‌ها

ویژگی‌های ریخت شناسی نشاسته طبیعی و تیمار شده با پلاسما حاصل از نتایج میکروسکوب الکترونی در شکل ۳ و نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتور تورم در جدول ۱ نشان داده شده است.

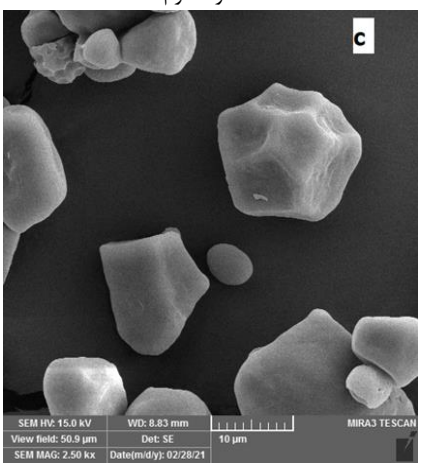
گرانول‌های نشاسته طبیعی ذرت دارای ابعادی به اندازه تقریبی بین ۴-۲۱μm و با اشکال کروی، بیضی و چند وجهی با سطحی صاف و در تعداد محدودی از گرانولها با سطوح دارای حفرات و فرورفتگی می‌باشند (a-۳). در حالی که در ساختار نشاسته تیمار شده با استفاده از DBD تغییرات ساختاری دیده می‌شود شکل (c -۳ وb-۳). با اعمال پلاسما شکاف یا حفره‌های بیشتری نسبت به نمونه‌ی شاهد روی سطح مشاهده می‌شود. ضمناً اثر تفاوت گاز نیز از تصاویر داده شده مشهود است. اثر گاز آرگون با اکسیژن بیشتر از اثر آرگون با هیدروژن می‌باشد. نتایج مشابهی از شکاف‌های روی سطح دانه‌های نشاسته پس از تیمار پلاسما گزارش شده است (۲۱).



نمونه اول a



نمونه دوم b



شاهدc

شکل ۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی(SEM) a = نمونه با گاز آرگون ۹۵٪ و گاز هیدروژن ۵٪ b =نمونه با گاز آرگون ۹۰٪ و گاز اکسیژن ۱۰٪ c=نمونه شاهد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

جدول ۱. مقایسه‌ی قدرت تورم نشاسته

نوع نشاسته	قدرت تورم ٪
a) طبیعی	۱۱/۲^{c}±۰/۱۱
b) نمونه ۱	۱۸/۶^{a}±۰/۳۵
c) نمونه ۲	۱۳/۲^{b}±۰/۱۵

نتایج به صورت میانگین ۳ تکرار ± انحراف از میانگین گزارش شده است.
حروف غیرمشترک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح (p<۰/۰۵)

با توجه به افزایش قدرت تورم در نمونه یک نتیجه گرفته می‌شود اتصالات عرضی با ایجاد شکاف در سطح کاهش یافته است و به علت هم زدن نشاسته در طول پلاسما شکاف ایجاد شده به درون مولکول راه یافته است. این موضوع نیاز به انجام مطالعات بیشتر در خصوص نسبت امیلوز به امیلو پکتین و بررسی تغییرات ساختاری در اثر پلاسما را دارد (۲۲).

نتایج تغییرات شیمیایی و فیزیکی دسر شیری

PH دسر شیری: نتایج مطالعه حاضر تغییرات جزیی ولی معنی دار در نمونه‌های دسر شیری تیمار شده در مقایسه با شاهد را نشان می‌دهد. وجود گاز اکسیژن در نمونه شماره ۲ باعث افزایش گروههای تولید کننده اسید مانند NOx می‌شود که معمولا در پلاسمای اکسیژن دار تولید می شوند. احتمال می‌رود که تغییر pH در اثر برهمکنش گاز فعال پلاسما با رطوبت موجود در محصول باشد. در مواد غذایی جامد گونه پلاسما با آب سطحی واکنش داده و ایجاد ترکیبات اسیدی در سطح محصول را می‌نمایند. در محصولات مایع اثرات بارزتر است. تولید اسید نیتریک ناشی از گونه‌های فعال نیتروژن مانند NO در اثر پلاسما اتمسفری در مطالعات Oehmigen گزارش شده است (۲۳). نتایج نشان می‌دهد که اثر پلاسما بر pH ماتریکس‌های غذایی پیچیده متأثر از عواملی مانند ظرفیت بافری، فعالیت فیزیولوژیکی بافتهای زنده و احتمال خروج مایع از بافت‌های آسیب دیده است (۲۴).

ویسکوزیته ظاهری: ویسکوزیته ظاهری به عنوان یک ویژگی فیزیکی مهم که با احساس دهانی ارتباط مستقیم دارد و به عنوان یک پارامتر در تعیین کنترل کیفیت نقش دارد. ویسکوزیته ظاهری مواد غذایی بستگی به ترکیب و شرایط فرآیند دارد. در مطالعه حاضر در میزان ویسکوزیته ظاهری نمونه دسر شیری تهیه شده با نشاسته تحت تیمار با گاز آرگون ۹۰٪ و گاز اکسیژن ۱۰٪ به نسبت تیمار شاهد کاهش قابل توجهی دیده می‌شود و با افزایش سرعت برش، مقدار ویسکوزیته ظاهری نیز افزایش یافته است. ویسکوزیته ظاهری با افزایش دما و رطوبت کاهش و با افزایش محتوی چربی، لاکتوز، پروتئین و مواد معدنی افزایش می‌یابد (۲۵). جذب آب افزایش یافته در اثر پلاسما در نمونه‌های دسر شیری باعث کاهش ویسکوزیته ظاهری گردیده است.

رطوبت: نتایج داده‌ها نشان داد که تیمارهای تحت پلاسما دارای رطوبت بالاتری نسبت به تیمار شاهد می‌باشند و جذب آب بالاتری دارند. علت آن را می‌توان به حکاکی سطح نشاسته (Surface Etching)، ناشی از پلاسما نسبت داد که به دلیل تکه تکه شدن نشاسته افزایش اتصال آب صورت می‌گیرد (۲۶).

بریکس: در این تحقیق نمونه تیمار شده با پلاسما دارای بریکس پایین نسبت به شاهد می‌باشد. بمباران نشاسته به کمک یونهای پرانرژی ناشی از پلاسما باعث دپلیمریزاسیون زنجیره‌های جانبی آمیلوز و آمیلوپکتین در مولکول نشاسته می‌شود که نتیجه آن ایجاد بخش‌های کوچک‌تر است. یونیزاسیون مهم‌ترین نقش را در مکانیسم دپلیمریزاسیون ایفا می‌کند. به این ترتیب باعث اصلاح خصوصیات نشاسته از جمله تغییر در بریکس می‌شود. این فرآیند حتی در سطح انرژی پایین نیز ممکن است به میزان کمی باعث دپلیمریزاسیون شود، به این ترتیب پس از دپلیمریزاسیون نشاسته به طور معمول مالتوز، مالتوتریوز و مالتوتتروز تولید می‌شود که این خود باعث تغییر در درصد مواد جامد محلول در آب یا همان بریکس می‌شود (۲۷-۲۸).

جدول ۲. مقایسه‌ی نتایج خصوصیات فیریکی و شیمیایی

نوع نشاسته	رطوبت%	pH	بریکس	ویسکوزیته (pa.s)	خصوصیات حسی
طبیعی شاهد)	۷۵^{c}±۰/۰۱	۶/۴^{c}±۰/۰۲	۱۸^{c}±۰/۰۲	۴۱/۹^{c}±۰/۰۱	۶/۵^{c}±۰/۰۳
تیمار با DBD نمونه ۲	۷۸^{b}±۰/۰۲	۵^{a}±۰/۰۴	۱۴^{b}±۰/۰۱	۲۶^{b}±۰/۰۲	۶/۱^{a}±۰/۰۴

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

ارزیابی حسی: نتایج نشان داده اند که نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد عطر و طعم بهتر و پذیرش کلی بیشتری دارند و نتایج بررسی رنگ دسرهای شیری تهیه شده با پلاسما و نمونه شاهد تفاوت معنی داری را در پژوهش حاضر نشان نداد. بدیهی است که رنگ محصولات غذایی به عنوان یک پارامتر تأثیر گذار در انتخاب محصول از طرف مصرف کننده نقش مهمی دارد. هرگونه تغییر نامطلوب در رنگ مواد غذایی به دلیل تکنیک فراوری مانع بزرگی در مقبولیت ماده غذایی محسوب می‌شود. با توجه به اینکه میوه و سبزیجات دارای رنگهای جذاب می‌باشد در پژوهش‌های انجام یافته با پلاسما بر توت فرنگی، سیب، گوجه فرنگی، گیلاس، کاهو و هویج کاهش قابل توجهی در اثر پلاسمادیده نشده و یا با چشم غیر مسلح قابل درک نیست (۳۰-۲۹).

• بحث

گونه‌های واکنشگر پلاسما به عنوان اصلی‌ترین عامل تغییرات در ویژگی‌های کیفی شیمیایی محصولات تیمار شده محسوب می‌شوند. شایان ذکر است که گونه‌های واکنش پذیر پلاسما تا حد زیادی وابسته به گازی است که برای تولید پلاسما استفاده می‌شود و این امر را به یکی از حیاتی‌ترین عوامل برای تغییرات شیمیایی تبدیل می‌کند. طی مطاله ی انجام شده بر روی نشاسته ی برنج، اثر تیمار پلاسمای سرد با هوا بر روی گرانول های نشاسته با ایجاد شکاف های سطحی مشاهده شده است (۳۱). همچنین طی مطالعه ای که بر روی نشاسته ذرت با پلاسمای سرد با هوا انجام شده ایجاد سوراخ هایی بر روی گرانول های نشاسته توسط رادیکال های آزاد گزارش شده است (۳۲). به دلیل ایجاد شکاف در سطح، یون‌های پلاسما به سطح مولکولی نفوذ کرده و منجر به دپلیمریزاسیون دانه‌های نشاسته می‌شود که این نیز باعث حلالیت بالاتر، سینرسیس و تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی در نمونه‌ی تیمار شده شوند.

pH یک ویژگی کمی کاملاً تنظیم شده در اکثر محصولات غذایی فراوری شده است. هر گونه تغییر شدید می‌تواند منجر به تأثیر نامطلوب بر طعم و بافت و ماندگاری غذا شود. کاهش pH نشاسته پس از قرارگیری در معرض پلاسما به علت تشکیل گروه‌های با خصوصیات اسیدی می‌باشد و این نشان می‌دهد که گرانول‌های نشاسته در معرض پلاسما اکسید می‌شوند. لی و همکاران کاهش ۲/۴ برابر pH نشاسته سیب زمینی تیمار یافته با پلاسما را گزارش کرده‌اند (۳۲).

در بیشتر گزارش‌ها شدت پایین پلاسما عدم ایجاد تغییر رنگ بیان گردیده است در حالی که با تغییر نوع محصول (جامد و مایع – کامل یا برش داده شده، پارامترهای ورودی (ولتاژ ورودی، زمان، توان و نوع گاز در حال کار) عوامل تغییر رنگ محصول تحت تیمار پلاسما محسوب می‌شوند. افزایش درخشندگی و شاخص سفیدی در برنج قهوه‌ای تیمار شده با پلاسما گزارش گردیده است (۳۲).

نتایج این تحقیق بیانگر آن بود اثر تیمار بر روی تغییرات سینرسیس معنادار نمی‌باشد ($p>۰/۰۵$). در بسیاری از مطالعات انجام شده، حفظ بافت محصولات غذایی پس از پردازش پلاسمای سردگزارش شده است (۳۳- ۳۲).

طی پژوهشی تأثیرات جهت پلاسمای فشار اتمسفری را بر خصوصیات مختلف فیزیکوشیمیایی نشاسته ذرت پس از تیمار با جت پلاسما به مدت ۳۰ دقیقه در توان‌های مختلف (۴۰۰ وات - ۸۰۰ وات) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد که پس از تیمار با پلاسما، با افزایش شدت پلاسما، کاهش قابل توجهی درخواص چسبندگی، ویسکوزیته نهایی نمونه‌های نشاسته مشاهده می‌شود (۳۳). پارامترهایی مانند زمان اعمال پلاسما (بالاتر از ۵ دقیقه)، ولتاژ بالا و سرعت پلاسما باعث تغییر ویسکوزیته می‌شوند بنابراین با تغییر این پارامترها قابلیت بهینه سازی وجود دارد. ظاهراً،نوع پلاسما در این امر اثرگذار است . در نمونه‌های تیمار شده با پلاسما با سرعت ۳ و ۶ میلی‌لیتر در دقیقه، اثر فرایند پلاسما در کاهش ویسکوزیته ظاهری هر چند به میزان کم، مشاهده می شود (۳۴).

در خصوص نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی، فرآیند پلاسمای سرد در چند مطالعه باعث تغییر معنی‌داری بر روی خصوصیات عطر و طعم و رنگ در نظر ارزیابان شده است. این اثر معنادار می‌تواند ناشی از تأثیر ولتاژ پلاسما و گازهای بکار گرفته شده بر روی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی فرآورده پلاسمایی شده و واکنش‌هایی از قبیل دپلیمریزاسیون نشاسته، تغییر در ساختار کریستالی، اتصلات عرضی نشاسته، فعالیت آنتی اکسیدانی (۳۴) و سایر واکنش‌های دیگر باشد که می‌توانند در طعم و عطر، رنگ و پذیرش کلی دسر شیری تهیه شده از نشاسته‌ی تعیین شده، مؤثر باشند در حالیکه مشابه پژوهش حاضر عدم معنی‌داری در خواص حسی در پژوهش‌های متعدد بدست آمده است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تیمار پلاسما و تغییر درصد آرگون از ۹۰ به ۹۵ درصد و جایگزینی ۵ درصدی و ۱۰ درصدی عناصر هیدروژن و اکسیژن به جای همدیگر می تواند در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و مورفولوژی نشاسته ذرت اثر معنادار داشته باشد ($p<۰/۰۵$).با توجه به مورفولوژی سطح گرانول های نشاسته و نتایج آزمون ها نمونه ی شماره ۲(تیمارشده با گاز آرگون ۹۰٪ و گاز اکسیژن ۱۰٪) تغییرات بسیاری را به خود

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

اختصاص داده است و از آن در تهیه دسر شیری به عنوان مدل غذایی استفاده شد و نتایج اثر تیمار پلاسما بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در مقایسه با نمونه شاهد بر روی میزان رطوبت، خصوصیات حسی(رنگ و پذیرش کلی) معنادار نبود ($p>۰/۰۵$). اما pH، بریکس و ویسکوزیته تحت تاثیر فرآیند پلاسما قرار گرفته به طوری که بیشترین بریکس با pH بالا و ویسکوزیته پایین در محصول نهایی بدست آمد.

برای افزایش خواص عملکردی نیاز به اصلاح نشاسته می‌باشد تا بازده آنها در مواد دیگر به عنوان مواد افزودنی غذایی افزایش یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد شیمی پلاسما مهمترین پایه برای اصلاح نشاسته است. در حال حاضر فرصت تحقیقاتی در سطح مولکولی برای بررسی بیشتر اثر فرایند پلاسما بر ویژگی‌های کیفی مواد غذایی وجود دارد. تفاوت در مطالعات گزارش شده نیاز به مطالعات مکانیکی برای درک تعامل گونه‌های فعال پلاسما با ترکیبات غذایی را نشان می‌دهد. مطالعات بهینه سازی به منظور جلوگیری از تأثیرات منفی بر کیفیت مانند تسریع اکسیداسیون، از دست دادن ویژگیهای حسی و تغییرات فیزیکی مواد غذایی مورد نیاز است. ولتاژ اعمال شده، گاز مصرفی و زمان، از عوامل تعیین کننده نحوه اصلاح نشاسته با پلاسما می‌باشند.

• References

1. Giuberti G, Rocchetti G, Lucini, L. Interactions between phenolic compounds, amylolytic enzymes and starch: An updated overview. Current Opinion in Food Science 2020; 31: 102-113.
2. Basiak E, Lenart A, Debeaufort F. How glycerol and water contents affect the structural and functional properties of starch-based edible films. Polymers 2018;10(4): 412.
3. Oliver Schlüterr, Ehlbeck J, Hertel C, Habermeyer M, Roth A, Engel KH, Holzhauser T, Knorr D, Eisenbrand G. Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods Molecular nutration food research 2013; 57(5): 920-927.
4. Arjunan KP, Jones B, Ptasinska S. Reactive species profile in an atmospheric pressure plasma jet ignited in He and He/O2 mixture - implications for surface sterilization. APS Gaseous Electronics Conference 2015; 1(002).
5. Massines F. Glow and Townsend dielectric barrier discharge in various atmosphere. Plasma physics and controlled fusion 2005; 47(12).
6. Chang CL, Hsieh T, Yang T, Rothberg K, Azizoglu D, Volk E, Liao J, Liou J. Feedback regulation of receptor-induced Ca2+ signaling mediated by E-Syt1 and Nir2 at endoplasmic reticulum-plasma membrane junctions 2013; 5(3): 813-825.
7. Thirumdas R, Kadam D, Annapure U.Cold plasma: An alternative technology for the starch modification. Food Biophysics 2017; 12(1): 129-139.
8. Deeyai P, Suphantharika M, Wongsagonsup R, Dangtip S. Characterization of modified tapioca starch in atmospheric argon plasma under diverse humidity by FTIR spectroscopy. Chinese Physics Letters 2013; 30(1):103-108.
9. Zhu F. Starch based aerogels: Production, properties and applications. Trends in Food Science & Technology 2019; 89; 1-10.
10. Bazaka K, Jacob M, Crawford R, Ivanova P. Plasma-assisted surface modification of organic biopolymers to prevent bacterial attachment. Actabiomaterialia 2011; 7(5): 2015-2028.
11. Ilic V, Šaponjić Z, Vodnik V, Lazović S, Dimitrijevic S, Jovancic P, Nedeljkovic J, Radetic M. Bactericidal efficiency of silver nanoparticles deposited onto radio frequency plasma pretreated polyester fabrics. Industrial & Engineering Chemistry Research 2010; 49(16): 7287-7293.
12. Banura S, Thirumdas R, Kaur A, Deshmukh R, Annapur U.Modification of starch using low pressure radio frequency air plasma 2018; 89: 719-724.
13. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of AACC, The Association: St. Paul, MN; 2003.
14. García A, Martínez-Alonso A, Leon C, Tascón J. Modification of the surface properties of an activated carbon by oxygen plasma treatment. Fuel 1998; 77(6): 613-624.
15. Lopez-Llorca LV, Valiente MFC. Study of biodegradation of starch-plastic films in soil using scanning electron microscopy. Micron 1993; 24(5): 457-463.
16. Mirmoghtadaie L, Kadivar M, Shahedi M. Effects of cross-linking and acetylation on oat starch properties. Food Chemistry 2009; 116(3): 709-713.
17. Rapaille A, Vanhemelrijck J. Milk based desserts. The technology of dairy products 1998; 327-352.
18. Jyothi A, Moorthy K, Rajasekharan N. Effect of cross linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (Manihot esculenta Crantz) starch. Starch/ Stärk 2006; 58: 292-299.
19. Pimm S, Rosenzweig M, Mitchell W.Competition and food selection: field tests of a theory. Ecology 1985; 66(3): 798-807.
20. Kemp S, Hort J, Hollowood T. Descriptive analysis in sensory evaluation; 2018.
21. Lii C, Liao C, Stobinski L, Tomasik P.Carbohydr. Polym 2002; 49: 499-507.
22. Lee K, Kim H, Woo K, Jo C, Kim J, Kim S, Park H, Oh S, Kim W. Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. LWT-Food Sci. Technol 2016; 73: 442-447.
23. Oehmigen K, Hähnel M, Brandenburg R, Wilke C, Weltmann K, Woedtke T. The role of acidification for antimicrobial activity of atmospheric pressure plasma in liquids. Plasma Process. Polym; 2010.
24. Misra N. Quality of cold plasma treated plant foods. Cold plasma food agriculture. Elsevier 2016; 253-271.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

25. Alcăntara L, Da Costa Ilh´eu Fontan R, Cristina R, Bonomo F, De Souza E, Sampaio V. Density and dynamic viscosity of bovine milk affect by temperature and composition. International Journal of Food Engineering 2012; 8(1): 556-568.

26. Manoharan D, Stephen J, Radhakrishnan M. Study on low-pressure plasma system for continuous decontamination of milk and its quality evaluation. Journal of Food Processing and Preservation 2020; 45(2).

27. Thirumdas R, Saragapani C, Ajinkya M, Deshmukh R, Annapure U. Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice. Innov. Food Sci. Emerg. Technol 2016; 37: 53-60.

28. Pankaj S, Wan Z, Keener K.Effects of cold plasma on food quality: A review. Foods 2018; 7(1): 4.

29. Misra N, Patil S, Moiseev T, Bourke P, Mosnier J, Keener K, Cullen, P. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. J. Food Eng 2014;125:131-138.

30. Ramazzina I, Tappi S, Rocculi P, Sacchetti G, Berardinelli A, Marseglia A, Rizzi F. Effect of cold plasma treatment on the functional properties of fresh-cut apples. J. Agric. Food Chem 2016; 64: 8010-8018.

31. Tappi S, Gozzi G, Vannini L, Berardinelli A, Romani S, Ragni L, Rocculi P. Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization. Innovative Food Science & Emerging Technologies 2016; 33: 225-233.

32. Ziuzina D, Misra N, Cullen P, Keener K, Mosnier J, Vilaró I, Gaston E, Bourke P. Demonstrating the potential of industrial scale in-package atmospheric cold plasma for decontamination of cherry tomatoes. Plasma Medicine 2016; 6: 3-4.

33. Wu T-Y, Chang C-R, Chang T, Chang Y, Liew Y, Chau C. Changes in physicochemical properties of corn starch upon modifications by atmospheric pressure plasma jet. Food chemistry 2019; 283: 46-51.

34. Shan B, Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. Journal of agricultural and food chemistry 2005; 53(20): 7749-7759.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]

Using Cold Plasma Technology as a Method for the Structural Modification of Corn Starch and Its Functional Assessment in Food Models

Bahmanpour H, Asefi N[2], Alizadeh A[3]*

1- Ph.D. Student of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

*2- * Corresponding author: Associate Prof, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran, Email: n.asefi@iaut.ac.ir*

3- Associate Prof, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Received 7 Jun, 2022 **Accepted 27 Sep, 2022**

Background and Objectives: Cold plasma is used as an innovative solution in production and distribution of healthy and high-quality foods. Objectives of this study were to use cold plasma technology as a method for the structural modification of corn starch and its functional assessment in food models.

Materials & Methods: Starch granules were treated with plasma with two various gases in the form of Treatment 1 (argon gas of 90% and oxygen gas of 10%) and Treatment 2 (argon gas of 95% and hydrogen gas of 5%) for 10 min.

Results: Results of scanning electron microscopy and starch swelling power showed more changes in Treatment 1 than Treatment 2 and control. In treated samples, more cracks or cavities on the surfaces were seen, compared to the control sample. The pH of the treated samples was lower than the pH of the control sample and humidity of the treated samples was higher than that of the control sample. Viscosity of the treated samples and the cooking time decreased with increasing humidity.

Conclusion: Results showed that dielectric barrier plasma could be used to produce low modified viscosity starch. Further studies with plasma technology are necessary to produce natural products free of chemical additives.

Keywords: Cold plasma, Corn starch, Milk dessert

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.11.7]