

ارزیابی تاثیر اسید سیتریک ریزکپسوله شده با مایکروویو روی برخی ویژگی‌های حسی آدامس

سمیه رحیمی^۱، سلیمان عباسی^{۲*} و محمدحسین عزیزی^۳

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳-دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

اخیرا امواج مایکروویو و توانایی بالقوه آن نظر بسیاری از متخصصان صنایع غذایی را به خود جلب کرده و از این انرژی برای فرآوری سریع مواد غذایی به جای روش‌های قدیمی و زمان‌بر استفاده می‌گردد. کاربرد این امواج برای ریزکپسول‌سازی (microencapsulation) روشی جدید و نوپا بوده که در این روش با اختلاط نسبت مناسبی از هسته به دیواره، مخلوط حاصل پس از قرار گرفتن در معرض امواج مایکروویو ریزکپسوله می‌شود. در این پژوهش ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک به عنوان هسته در دو اندازه ۵۰۰-۱۰۰ میکرون و کم‌تر از ۱۰۰ میکرون، دو نسبت ۵:۱ و ۱۰:۱ هسته به دیواره (شامل کازئین و اینولین)، توان‌های ۱۲۰ تا ۱۲۰۰ وات امواج مایکروویو و مدت زمان‌های ۵۰ تا ۲۵۰ ثانیه‌ای (با فواصل ۵۰ ثانیه‌ای) انجام گرفت. نتایج بررسی کیفی ریزکپسول‌های تولید شده با دوچشمی آزمایشگاهی، عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی و اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات با دستگاه تجزیه‌گر اندازه ذرات نشان داد که شرایط بهینه برای ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک با کازئین و اینولین، نسبت ۱۰:۱، توان ۱۲۰۰ وات و مدت زمان به ترتیب ۱۵۰ و ۵۰ ثانیه بود. در مرحله بعدی این دو نوع ریزکپسول به همراه پودر اسید سیتریک بدون پوشش و ریزکپسول تجاری اسید سیتریک به آدامس نواری اضافه و آزمون حسی از نوع رتبه‌بندی توسط گروه چشایی برای ارزیابی بافت، ماندگاری طعم و پس‌مزه انجام و یافته‌ها نشان دادند که آدامس‌های حاوی ریزکپسول‌های پوشش دار شده با اینولین از لحاظ دو ویژگی ماندگاری طعم و پس‌مزه در جایگاه نخست بوده و برای ویژگی بافت نیز ریزکپسول‌های تجاری بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. در ضمن، از لحاظ ارزیابی حسی آدامس‌های حاوی ریزکپسول‌های کازئینی در پائین‌ترین سطح قرار داشتند. یافته‌های این بررسی برای نخستین بار توانایی بالفعل این روش سریع، آسان و کم‌هزینه را به اثبات رساند.

کلید واژگان: مایکروویو؛ ریزکپسول‌سازی؛ اسید سیتریک؛ آدامس؛ ویژگی‌های حسی.

۱- مقدمه

اصولا گرمایش مواد غذایی با امواج مایکروویو رابطه مستقیم با ویژگیهای الکتریکی آنها داشته و این ویژگیها خود متاثر از ثابت و افت دی الکتریک نسبی هستند. ثابت دی الکتریک نسبی (ϵ') نشانگر توانایی ماده در نگهداری انرژی الکتریکی در حالی که افت دی الکتریک نسبی (ϵ'') نشانگر توانایی ماده در اتلاف انرژی الکتریکی است که به کمک رابطه زیر می‌توان ارتباط میان این دو متغیر را

امواج مایکروویو بخشی از امواج الکترومغناطیسی هستند که دارای میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بوده و بسامد آنها بین ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز متغیر می‌باشد [۱ و ۲]. برخلاف سامانه‌های گرمایشی متداول، چون امواج مایکروویو به داخل ماده غذایی نفوذ می‌کنند در نتیجه حرارت در سراسر ماده غذایی انتشار می‌یابد، به همین دلیل سرعت گرمایش آن سریعتر از سایر روشهای گرمادهی است [۳ و ۴].

*مسئول مکاتبات: sabbasifood@modares.ac.ir

نشان داد. در این معادله ($\epsilon'' = \epsilon' \tan \delta$) تانژانت گم‌گشت یا اتلاف ($\tan \delta$ or loss tangent) معیاری از میزان نفوذ میدان الکتریکی در ماده و مقدار اتلاف انرژی الکتریکی به‌صورت حرارت است. جذب امواج مایکروویو توسط یک ماده دی‌الکتریک سبب می‌شود تا امواج مایکروویو انرژی خود را به ماده داده در نتیجه حرارت به‌سرعت در ماده غذایی گسترش یابد و این ویژگی‌ها معیاری از قدرت عایق‌کنندگی الکتریکی ماده بوده و از آن‌جایی که مواد غذایی در حقیقت عایق‌های خیلی ضعیفی هستند بنابراین، وقتی این مواد در میدان مایکروویو قرار می‌گیرند مقدار زیادی انرژی جذب کرده و در نتیجه گرمایش سریع اتفاق می‌افتد [۱] و [۴-۵].

ریزکپسول‌سازی فرآیندی است که در آن یک ماده و یا مخلوطی از مواد توسط مواد دیگری پوشانیده و یا به دام انداخته می‌شوند [۱] و [۶-۸]. در دهه‌ی ۱۹۳۰ برای نخستین بار از این روش برای کپسوله کردن مواد طعم‌دهنده با روش خشک‌کن پاششی استفاده گردید. تاکنون در صنایع غذایی موادی از قبیل نگه‌دارنده‌ها، عوامل اکسایش-احیاء، مواد رنگی، شیرین‌کننده‌ها، آنزیم‌ها، ضداکسنده‌ها، اسیدها، بافرها، مواد طعم‌دهنده، مواد مغذی و مواد پیونددهنده را به‌صورت ریزکپسول شده تهیه نموده‌اند [۹]. یکی از کاربردهای گسترده‌ی ریزکپسول‌سازی مواد افزودنی در آدامس است که طی آن بر اثر مخلوط شدن مواد کپسوله شده با بزاق و خرد شدن فیزیکی و شیمیایی، این ترکیبات آزاد می‌شوند [۱۰]. از جمله اسیدهای کپسوله شده مورد مصرف در آدامس می‌توان به اسید مالیک، اسید سیتریک، اسید تارتاریک و اسید فوماریک اشاره کرد که به‌کارگیری آن‌ها سبب طولانی‌تر شدن مدت رهایش طعم ترش در آدامس و بهبود طعم آن می‌گردند [۱۱]. از آن‌جایی که ممکن است مواد اسیدی سبب بروز واکنش‌های رنگی و یا وارونه شدن (inversion) شکر گردند لذا باید تماس آن‌ها را نیز با مواد تشکیل‌دهنده آدامس به حداقل رسانید [۹]. یکی دیگر از آثار مفید ریزکپسول‌سازی، کاهش برهم‌کنش ماده ریزکپسول شده با سایر اجزاست. برای مثال به‌منظور حفظ رنگ، طعم و بافت غذا معمولا اسید سیتریک، لاکتیک و آسکوربیک را به‌شکل ریزکپسول در می‌آورند [۱۲]. ریزکپسول‌سازی هم‌چنین قادر است از خود اسید در برابر شرایط محیطی محافظت نماید [۱۳].

پرسل در سال ۱۹۸۹ خصوصیات اسید سیتریک پوشش‌دار و بدون پوشش را پس از افزودن به چای بررسی و میزان تأثیر هر یک از آن‌ها بر روی ایجاد ترشی مطلوب در چای را نشان داد. وی ثابت کرد که اسید سیتریک بدون پوشش در اثر واکنش با ترکیبات خاصی از چای مثل تانن‌ها، سبب رنگ‌بری چای می‌شود در حالی‌که پوشش موجود روی اسید سیتریک پوشش‌دار از بروز واکنش فوق‌جلوگیری کرده و تا زمانی‌که این پوشش در چای حل نشود طعم مطلوب ترشی ظاهر نخواهد شد [۷] و [۱۴]. کیربی و همکاران نیز در سال ۱۹۹۱ با استفاده از لیپوزوم، اسید آسکوربیک را کپسوله کردند. اسید آسکوربیک به‌سبب واکنش‌پذیری آن با سایر ترکیبات موجود در سامانه‌های غذایی و حساسیت به اکسایش جزو ترکیبات بسیار ناپایدار محسوب می‌شود. افزودن مستقیم اسید آسکوربیک به غذاها می‌تواند سبب بروز تغییراتی مثل تشکیل رنگدانه، از بین رفتن رنگ مواد غذایی، بسپارش (پلی‌مریزه شدن) پروتئین‌ها و تغییر مواد طعمی گردد در حالی‌که استفاده از لیپوزوم‌های حاوی اسید آسکوربیک از بروز چنین تغییراتی جلوگیری می‌کند [۱۵]. ضمناً، اخیراً به‌منظور غنی کردن شیر با آهن از ریزکپسول‌های ال-اسید آسکوربیک و آهن پوشش‌دار شده با تری‌آسیل گلسیرول زنجیر متوسط استفاده شده‌است. در این تحقیق، بیشترین راندمان ریزکپسول‌سازی برابر با ۹۵ درصد، با به‌کار بردن نسبت ۱ به ۱۵ از هسته به پوشش‌دهنده به‌دست آمد. آزادسازی اسید آسکوربیک پس از ۵ روز نگهداری سریعاً تا ۶۵٪ افزایش یافت. تجزیه حسی و چشایی ریزکپسول‌ها نشان داد که در اکثر خصوصیات مورد نظر تفاوت معناداری میان شیر غنی شده با اسید آسکوربیک کپسوله‌شده و نمونه‌های شاهد پس از طی ۵ روز نگهداری مشاهده نشد [۱۶] و [۱۷].

استفاده از امواج مایکروویو به‌منظور انجام فرآیند ریزکپسول‌سازی، روشی کاملاً جدید محسوب می‌شود که تنها منابع موجود در این رابطه مربوط به واسیشت و نگارندگان این مقاله است [۸] و [۱۸]. در این روش با اختلاط نسبت‌های مناسبی از هسته به پوشش‌دهنده و سپس قرار دادن آن‌ها در معرض امواج مایکروویو با شدت و مدت زمان مناسب، ریزکپسول‌سازی ذرات به‌دلیل اختلاف ثابت دی‌الکتریک هسته نسبت به پوشش اتفاق افتاده در نتیجه مواد پوشش‌دهنده بر سطح هسته ذوب شده و اصطلاحاً به‌هم جوش می‌خورند.

اثر سایش گوی‌های فلزی پودر گردید. برای اندازه‌گیری اندازه ذرات پودر آسیاب شده، علاوه بر استفاده از دستگاه تجزیه کننده‌ی اندازه ذرات از میکروسکوپ الکترونی روبشی (scanning electron microscope) Philips مدل XL30 و ساخت کشور هلند) استفاده شد. برای این منظور با مالیدن چسب به پایه دستگاه پلان نشان (sputter coater BAL-TEC مدل SCDOOS، ساخت کشور سوئیس) و سپس غلتانیدن آن در پودر اسید سیتریک، عملیات نمونه‌برداری انجام گردید. سپس پایه به دستگاه پلان نشان انتقال داده شد و پس از نشانیده شدن طلا بر سطح ذرات اسید سیتریک، پایه را درون محفظه پرتاب الکترون دستگاه میکروسکوپ الکترونی جای داده و عکس نمونه‌ها تهیه گردید.

۲-۳- آماده‌سازی مواد پوشش دهنده

برای انتخاب ماده‌ای که دارای خواص پوشش‌دهندگی مناسبی بوده و قادر به پایداری تحت امواج مایکروویو باشد مواد مختلفی طی آزمون‌های مقدماتی استفاده شدند [۸]. نتایج حاکی از آن بودند که دو ماده کازئین و اینولین (Merck, Darmstadt, Germany) از میان سایر مواد پوشش‌دهنده دارای کارکرد و کیفیت پوشش‌دهی بهتری بوده لذا برای تیمار با امواج مایکروویو انتخاب شدند. از آنجایی که مواد پوشش‌دهنده مورد استفاده در تیمار کپسول‌سازی باید دارای ساختار میکرونی و یکنواختی باشند تا قادر شوند هسته را به‌خوبی پوشش دهند؛ لذا اینولین به‌وسیله هاون چینی به خوبی پودر گردید. کازئین نیز خود دارای ساختار ریزی بوده و نیاز به پودر کردن نداشت. در ضمن، توزیع اندازه ذرات این پودرها نیز توسط دستگاه تجزیه اندازه ذرات تعیین گردید.

۲-۴- ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک در

دامنه ۵۰۰-۱۰۰ میکرون

برای این منظور نخست پودر اسید سیتریک و ماده پوشش‌دهنده به نسبت‌های ۵:۱ و ۱۰:۱ توزین و سپس مخلوط شدند. برای افزایش اختلاط هسته با ماده پوشش‌دهنده، ذرات با کمک قاشقک به مدت چندین دقیقه به‌خوبی با ماده پوشش‌دهنده آغشته شدند و پس از هموار کردن سطح، نمونه‌ها مطابق روش ارائه شده در مقاله قبلی تیمار شدند [۸] سپس مخلوط تیمار شده از سری الک (پارس- بابک و دماوند با ASTM

در پژوهش قبلی [۸] نگارندگان یافته‌های مربوط به توانایی امواج مایکروویو در کپسوله کردن بلورهای بزرگ‌تر از ۷۰۰ میکرونی اسید سیتریک توسط ۵ نوع از ۱۵ هیدروکلئید مورد آزمایش را گزارش نمودند که در ادامه‌ی همان پژوهش، در مقاله‌ی حاضر توانایی امواج مایکروویو در ریزکپسوله کردن پودر اسید سیتریک در اندازه‌های کوچک‌تر توسط کازئین و اینولین، به‌عنوان مناسب‌ترین پوشش‌دهنده‌ها، در نسبت‌های مختلف (هسته:دیواره) و شدت‌های متفاوت مایکروویو ارزیابی گردید. در ضمن، تاثیر افزودن ریزکپسول‌های تهیه شده با روش ارائه شده در این مقاله با پودر اسید سیتریک بدون پوشش و ریزکپسول‌های تجاری اسید سیتریک در آدامس نواری روی سه ویژگی بافت، ماندگاری طعم و پس‌مزه مقایسه شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی پودر اسید سیتریک در

دامنه ۵۰۰-۱۰۰ میکرون

برای تهیه پودر اسید سیتریک، مقداری بلور اسید سیتریک تک آبه (extra pure, Merck, D-6100 Darmstadt, Germany) به‌وسیله آسیاب آزمایشگاهی (Laupen/Wald, مدل AQC 109, AG Romatic, 8631-AG، ساخت کشور سوئیس) به مدت ۳۰ دقیقه پودر گردید. سپس از آنجایی که تعیین اندازه‌ی ذرات پودر اسید سیتریک حاصله به‌کمک الک میسر نبود در نتیجه در این مرحله اندازه ذرات پودر اسید سیتریک به‌کمک دستگاه تجزیه کننده اندازه ذرات (particle size analyzer) از نوع خشک (Cilas، مدل 1064 dry) اندازه‌گیری گردید.

۲-۲- آماده‌سازی پودر اسید سیتریک در

دامنه زیر ۱۰۰ میکرون

به‌منظور تبدیل بلورهای اسید سیتریک به پودری در مقیاس کوچک‌تر از ۱۰۰ میکرون از آسیاب سیاره‌ای (planetoid mill) (ساخت شرکت فراپژوهش اصفهان) استفاده شد. بدین منظور ۲۰ گرم از بلورهای اسید سیتریک درون فنجانک آسیاب منتقل و پس از جای دادن گوی‌های فلزی درون فنجان، اسید سیتریک به مدت ۲۰ ساعت و با سرعت ۴۵۰ دور بر دقیقه در

شد و در هر مرحله آدامس‌ها درون کیسه‌های نایلونی جمع‌آوری و با حروف الف، ب، ج، د علامت‌گذاری شدند.

۲-۷- ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی آدامس‌های تهیه شده از روش رتبه‌بندی استفاده شد. برای این منظور از ۲۰ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده، متشکل از ۸ مرد و ۱۲ زن جهت ارزیابی ۴ نمونه آدامس و ۳ ویژگی بافت، ماندگاری طعم و پس‌مزه در چهار سطح استفاده گردید که در طی آزمون ارزیاب‌ها به بهترین نمونه، امتیاز ۱، بعدی ۲ و به‌همین ترتیب به بدترین نمونه امتیاز ۴ دادند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا مجموع رتبه‌های مربوط به هر نمونه و هر ویژگی محاسبه، سپس با مقایسه رتبه‌های کلیه نمونه‌های دوتایی، وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار مشخص شد و براساس جدول مربوطه که تفاوت‌های مجموع رتبه‌های بحرانی مطلق کلیه تیمارها را در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد، نتایج حاصله مورد قضاوت قرار گرفتند [۱۹].

۳- یافته‌ها و بحث

نتایج آزمون‌های تیمارهای زمان-شدت هر یک از مواد پوشش‌دهنده حاکی از آن بود که تیمار در شدت پائین ولی مدت زمان طولانی با تیمارهای با شدت زیاد ولی مدت زمان کوتاه نتایج یکسانی از لحاظ کیفیت پوشش‌دهی و بازده ریزکپسول‌سازی داشت. لذا، از آنجایی که یکی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش یافتن روشی موثر و سریع برای ریزکپسول‌سازی بود لذا، تیمارهایی که دارای حداقل زمان و بیشترین شدت بودند (۱۰۰ درصد) به‌عنوان تیمارهای موثر انتخاب شدند. البته در مورد مدت زمان ریزکپسول‌سازی باید اضافه کرد که کلیه آزمون‌ها تا مرحله قبل از سوختن مخلوط درون مایکروویو ادامه یافت. علاوه بر آن نتایج اولیه نشان دادند که از میان دو نسبت ۵:۱ و ۱۰:۱ (هسته: دیواره)، نسبت ۱۰:۱ دارای کیفیت پوشش‌دهی بهتری بود، به‌طوری‌که مقایسه ریزکپسول‌ها از لحاظ پوشش ظاهری و بازده ریزکپسول‌سازی نیز موید همین مطلب بود. علت برتری نسبت ۱۰:۱ به نسبت ۵:۱ را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که با استفاده از نسبت بهینه

E:11 و یا الک Endecotts با Pat. No. 667924 ساخت کشور انگلستان) با شماره‌های ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۱۴۰، ۲۰۰ و ۲۷۰ عبور داده شدند. البته در این‌جا هدف از الک کردن تنها تعیین انجام و یا عدم انجام ریزکپسول‌سازی بر روی ذرات پودری اسید سیتریک بود. در ضمن، ذرات باقی‌مانده بر روی هر الک بوسیله دوچشمی (Nikon، مدل SMZ 1000) با بالاترین بزرگ‌نمایی (۸) بررسی شدند. سپس، تصویر ریزکپسول‌ها به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی و یا در صورت درشت بودن بوسیله دوربین ۸/۱ مگا پیکسل (sony)، متصل به استریومیکروسکوپ (Olympus، مدل SZX) تهیه شد.

۲-۵- ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک در

دامنه زیر ۱۰۰ میکرون

در این مرحله نیز همانند روش ۲-۴، مخلوط همگنی از پودر اسید سیتریک و مواد پوشش‌دهنده تهیه گردید ولی به‌دلیل ریز بودن ریزکپسول‌ها، جداسازی آن‌ها با الک امکان‌پذیر نبود. در نتیجه از مخلوط تیمار شده بوسیله میکروسکوپ الکترونی در مقیاس‌های مختلف، عکس‌برداری شد.

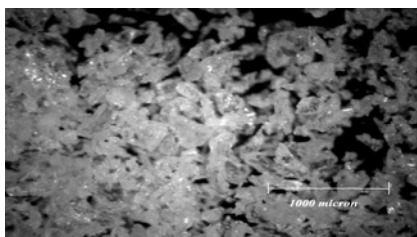
۲-۶- روش تهیه آدامس

برای تهیه یک کیلوگرم آدامس نواری، در ابتدا پایه آدامس (gum base) (وارداتی از کشور اسپانیا) داخل مخلوط‌کن آزمایشگاهی منتقل و به‌مدت ۳۰ دقیقه ورز داده شد تا خمیر بسیار چسبنده و نرمی از آن حاصل شود. آن‌گاه شربت گلوکز (شرکت گلوکز، ایران)، پودر شکر (شرکت شکر ایران) به‌همراه ۰/۷ درصد اسانس روغنی توت فرنگی (eurofragrance, AG 6661CTR) به‌تدریج به آن اضافه شدند. سپس ۴ نوع اسید سیتریک شامل دو نوع پودر اسید سیتریک پوشش‌دار شده با اینولین و کازئین، پودر اسید سیتریک بدون پوشش (مورد استفاده در اغلب آدامس‌ها) و اسید سیتریک پوشش‌دار شده با استئارین (Jung, Germany) به‌میزان ۱ درصد به نمونه‌ها آدامس اضافه شد. پس از مخلوط کردن، ورز دادن و پهن کردن، خمیر آدامس با فرم‌دهی دستی، به قطعات کوچک مربع شکلی تقسیم گردید. مراحل گفته شده برای هر چهار نمونه از اسید سیتریک تکرار

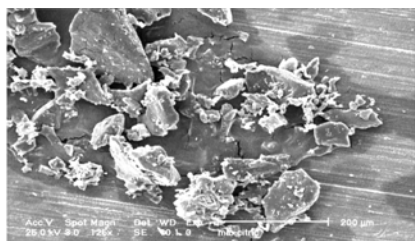
حجم این پودر ذرات دارای اندازه‌های کوچکتر از ۱۵۰ میکرون و بیشترین ذرات در فاصله بین ۳۰ تا ۱۵۰ میکرون بودند. در ضمن، نتایج به دست آمده با روش الک کردن نیز تا حدود زیادی

موید این یافته‌ها بود. به علاوه، عکس‌های تهیه شده از پودر اسید سیتریک به وسیله دوربین ۸/۱ مگاپیکسل متصل به استریومیکروسکوپ و همچنین عکس‌های میکروسکوپ الکترونی نیز این یافته‌ها را تأیید کردند (شکل ۲). در ادامه کار با اسید سیتریک پودری نیز از دو ماده کازئین و اینولین به عنوان ماده پوشش‌دهنده استفاده گردید که در زیر نتایج آن‌ها شرح داده شده است.

(الف)



(ب)



شکل ۲ نمایش تصاویر پودر اسید سیتریک تهیه شده با آسیاب آزمایشگاهی تصویربرداری شده با (الف) استریومیکروسکوپ (ب) میکروسکوپ الکترونی.

۳-۱-۱- کازئین

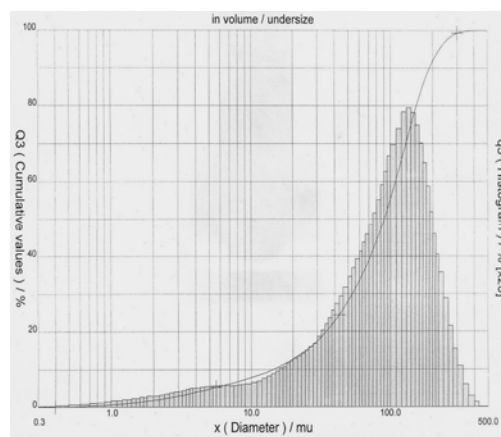
ریزکپسول‌سازی مخلوط پودر اسیدسیتریک و کازئین (با نسبت ۱:۱ و توان ۱۲۰۰ وات) در تیمارهای زمانی ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ ثانیه‌ای تا قبل از سوختن مخلوط انجام شد. آزمون فوق برای سه مرتبه تکرار و مشاهده شد که ذرات اسید سیتریک تقریباً در تیمار زمانی ۲۰۰ ثانیه‌ای شروع به سوختن نمودند، لذا تیمار بهینه زمانی برای ریزکپسول‌سازی، تیمار ۱۵۰ ثانیه‌ای انتخاب گردید. سپس مخلوط تیمار شده در شرایط بهینه (مدت زمان ۱۵۰ ثانیه، توان ۱۲۰۰ وات) از سری الک با

از ماده پوشش‌دهنده به هسته، تعداد ذراتی که قادرند دور هسته را فرا گرفته و پوسته کاملی را ایجاد کنند، افزایش می‌یابد ولی همانند یافته‌های سایر پژوهش‌گران بین افزایش نسبت پوشش‌دهنده و پوشش شونده و کارایی ریزکپسول‌سازی تا یک سطح بحرانی ارتباط مستقیم وجود داشته ولی بعد از عبور از این سطح تغییری در کارایی یا بازده ریزکپسوله کردن دیده نمی‌شود [۸ و ۱۷]. بنابراین، در کلیه آزمون‌های بعدی از تیمارهایی با مدت زمان‌های گوناگون ولی در توان و نسبت ثابت ۱۲۰۰ وات و ۱:۱۰ استفاده شد.

۳-۱-۲- ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک

تهیه شده با آسیاب آزمایشگاهی

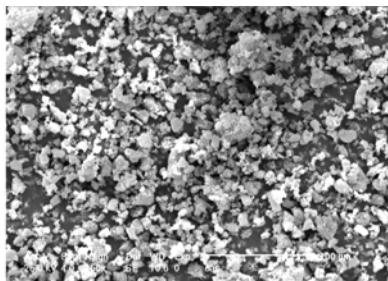
در شکل ۱ نتایج توزیع اندازه ذرات پودر اسید سیتریک تهیه شده با آسیاب آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده با دستگاه تجزیه‌کننده اندازه ذرات نوع خشک آورده شده‌اند. در این جا Q3 و q3 به ترتیب نشان دهنده فراوانی و فراوانی تجمعی برحسب حجم و X بیانگر قطر ذرات در محدوده ۰/۳ تا ۵۰۰/۰ میکرون می‌باشد.



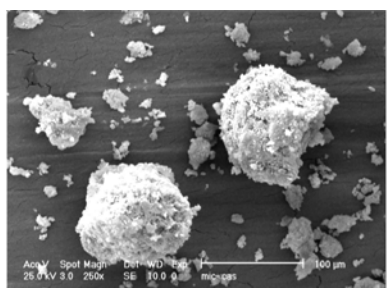
شکل ۱ نمودار توزیع اندازه‌ی ذرات پودر اسید سیتریک تهیه شده با آسیاب آزمایشگاهی
در شکل ۱ فراوانی حجمی هر یک از ذرات در دامنه ۰/۳ تا ۵۰۰/۰ میکرون به وسیله نمودارهای میله‌ای تیره نشان داده شده‌اند که طبق شکل ۱ بالاترین میزان فراوانی (۳/۹۶ درصد) برای ذرات دارای قطری برابر با ۱۳۰/۰ میکرون (بلندترین نمودار میله‌ای) به دست آمد. به این ترتیب بالغ بر ۸۰ درصد

کازئین دارای ابعادی در حدود چند میکرون می‌باشند و ذره کوچک پودر اسید سیتریک پس از پوشش‌دار شدن، افزایش قطر داشته و ابعادش بزرگ‌تر است.

(الف)



(ب)



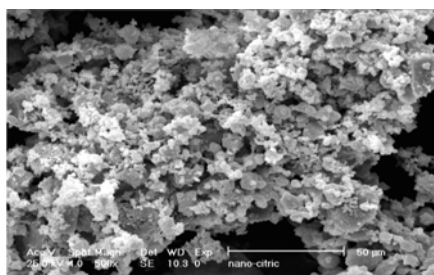
شکل ۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونی؛ الف) ذرات کازئین و ب) اسیدسیتریک ریزکپسوله شده با کازئین.

۳-۱-۲- اینولین

برای ریزکپسوله کردن پودر اسید سیتریک با اینولین نیز از نسبت ۱:۱۰ و توان ۱۲۰۰ وات امواج مایکروویو و تیمارهای زمانی ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ ثانیه استفاده شد. مشاهده سطح ذرات با دوچشمی مویید تیمار بهینه زمانی مربوط به مدت ۵۰ ثانیه بود. به این ترتیب پس از دستیابی به شرایط بهینه، مخلوط تیمار شده از سری الک با مش‌های ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۱۴۰، ۲۰۰ و ۲۷۰ عبور داده شد. سپس ذرات باقی‌مانده بر روی هر الک جمع‌آوری و به‌کمک دوچشمی ارزیابی شد. بررسی‌ها نشان دادند که ذرات باقی‌مانده بر روی هر مش، حاوی ذرات اسید سیتریک پوشش‌دار بوده که البته تعدادشان نسبت به کازئین کمتر بود. البته علاوه بر آن‌ها، تعداد ناچیزی از ذرات بدون پوشش و تکه‌های ریز اینولین (که در اثر حرارت به هم چسبیده و پرک‌های کوچکی را تشکیل داده بودند) نیز جداسازی شدند که تشخیص آن‌ها با ریزکپسول‌ها کار چندان دشواری نبود. سپس برای تعیین نسبت کاربردی و هم‌چنین به منظور جداسازی هرچه بیشتر ماده پوشش‌دهنده اضافی، مخلوطی از پودر اسید سیتریک و اینولین (با نسبت ۱ گرم

مش‌های ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۱۴۰، ۲۰۰ و ۲۷۰ عبور داده شد و از هر آنچه که بر روی هر الک باقی‌مانده بود نمونه‌گیری صورت گرفت (اگرچه مقدارشان بسیار ناچیز بود). آن‌گاه نمونه‌ها به‌کمک دوچشمی آزمایشگاهی و با بالاترین بزرگ‌نمایی (۸) ارزیابی گردیدند. مشاهدات حاکی از آن بود که تقریباً تمامی ذرات جدا شده بر روی مش‌های ذکر شده، ذرات ریز اسید سیتریک پوشش‌دار شده بودند و تفاوت آن‌ها با ذرات ریز بلوری پودر اسید سیتریک کاملاً مشخص بود. اما آنچه که از ریزترین الک یعنی الک با مش ۲۷۰ نیز عبور کرده بود، مخلوطی از ذرات پودر اسید سیتریک، کازئین و شاید مقدار ناچیزی از ریزکپسول‌ها بود که به‌وسیله دوچشمی تشخیص‌شان ناممکن بود. از آن‌جایی که پس از اختلاط و تیمار پودر اسید سیتریک با کازئین، دیگر جداسازی کامل ریزکپسول‌ها، با توجه به اندازه بسیار کوچک ذرات اسید سیتریک، ممکن نبود لذا طی یک آزمون دیگر، مخلوط پودر اسید سیتریک و کازئین (با نسبت ۱ گرم کازئین و ۱/۱ گرم پودر اسید سیتریک) تهیه و پس از تیمار در شرایط بهینه و عبور از الک با مش ۲۷۰، تقریباً ۰/۷ گرم از کل ۱/۱ گرم مخلوط تیمار شده روی الک ۲۷۰ باقی ماند که این مخلوط به احتمال زیاد باید حاوی تمامی ذرات پودر اسید سیتریک ریزکپسوله شده، ذرات پودر اسید سیتریک بدون پوشش و هم‌چنین ذرات درشت کازئین بود. پس با این فرض باید مقدار ۰/۱ گرم از ۰/۷ گرم پودر باقی‌مانده روی الک، مربوط به اسید سیتریک و ۰/۶ گرم بقیه مربوط به کازئین باشند. از آن‌جایی که اصولاً باید طی ریزکپسول‌سازی، دور ذرات اسید سیتریک را ماده پوشش‌دهنده یعنی کازئین فراگرفته باشد پس باید قطر آن‌ها افزایش پیدا کند. پس با توجه به این فرضیه نسبت ۱ به ۷ برای ریزکپسول‌های پودر اسید سیتریک فوق به‌دست می‌آید و این به این معنا است که در صورت نیاز به ۱ گرم از اسید سیتریک باید ۷ برابر آن یعنی ۷ گرم از ریزکپسول‌های پودر اسید سیتریک فوق که بر روی الک با مش ۲۷۰ باقی مانده‌اند، به ماده مورد نظر اضافه شود. برای اثبات این فرضیه عکس‌های میکروسکوپ الکترونی از کازئین و ریزکپسول‌های الک شده تهیه گردید (شکل ۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود ذرات

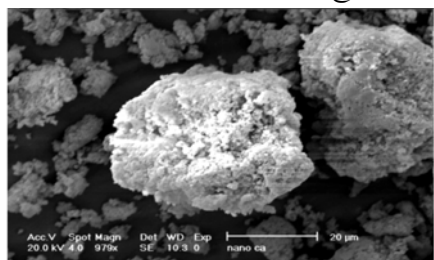
ابعاد بسیار کوچکی هستند ولی به دلیل جاذب الرطوبه بودن و به هم چسبیدن آن‌ها به یکدیگر، ذرات بزرگتری را ایجاد کرده که شکل نامنظمی دارند. با توجه به مقیاس ۵۰ میکرونی در شکل زیر و نظر به داده‌های به دست آمده با دستگاه تجزیه توزیع اندازه ذرات مشخص شد که درصد قابل توجهی از ذرات پودر دارای ابعاد بسیار ریز و در حد ۳ تا ۳۰ میکرون می‌باشند. برای ریزکپسوله کردن این پودر نیز از کازئین و اینولین به‌عنوان دو ماده پوشش دهنده استفاده گردید که نتایج آن‌ها در زیر بخش‌های زیر توضیح داده شده‌اند.



شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر اسیدسیتریک آسیاب شده با آسیاب سیاره‌ای.

۳-۲-۱- کازئین

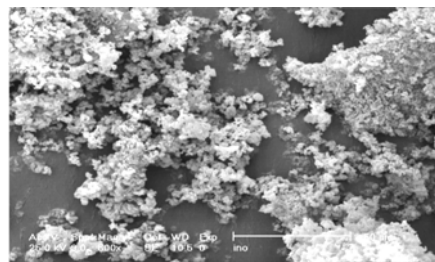
فرایند ریزکپسوله کردن این پودر با کازئین در شرایط بهینه به دست آمده از آزمایش قبل (نسبت ۱:۱۰، توان ۱۲۰۰ وات و مدت زمان ۱۵۰ ثانیه) انجام شد. از آنجایی که هر دو ماده هسته و پوشش دهنده دارای ابعاد تقریباً برابری بودند بنابراین جداسازی ذرات کپسوله شده از ماده پوشش دهنده بوسیله الک ممکن نبود. لذا، در صورت نیاز به ۱ گرم اسید سیتریک در یک فرمولاسیون غذایی باید ۱۱ گرم مخلوط تیمار شده به آن اضافه نمود. شکل ۶ تصویر عکس‌برداری میکروسکوپ الکترونی پودر اسید سیتریک ریزکپسوله شده با کازئین را نشان می‌دهد که به دلیل تیمار فوق، لایه نسبتاً ضخیمی از کازئین بر روی آن نشست و قطر آن افزایش یافته است. همان‌طور که دیده می‌شود کازئین تمامی سطوح ذره را به طور یکنواخت پوشانیده است.



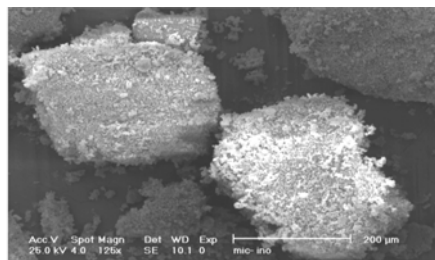
شکل ۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی ریزکپسول‌های پوشش‌دار شده پودر اسیدسیتریک با کازئین

کازئین و ۰/۱ گرم پودر اسید سیتریک) تهیه و به مدت ۵۰ ثانیه در شدت ۱۰۰ درصد تیمار شد. آن‌گاه مخلوط از الک با مش ۲۷۰ عبور و آنچه که بر روی الک باقی مانده بود وزن گردید که تقریباً وزنی برابر با ۰/۶ گرم را نشان می‌داد. مقدار فوق حاوی تمامی پودر اسید سیتریک (۰/۱ گرم)، چه ذرات پوشش‌دار و یا بدون پوشش و بقیه هم مربوط به اینولین بود. نتیجه این‌که محققاً تمامی ریزکپسول‌ها بوسیله غربال جداسازی شده‌اند و می‌توان به‌جای افزودن مثلاً ۱ گرم از پودر اسید سیتریک بدون پوشش از ۶ گرم اسید سیتریک ریزکپسوله شده با روش فوق استفاده نمود. در شکل ۴ ذرات پودر اینولین و ریزکپسول‌های پودر اسید سیتریک پوشش‌دار شده با اینولین نشان داده شده‌اند.

(الف)



(ب)



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپ الکترونی؛ (الف) ذرات پودر اینولین، (ب) ریزکپسول‌های پوشش‌دار شده پودر اسیدسیتریک با پودر اینولین.

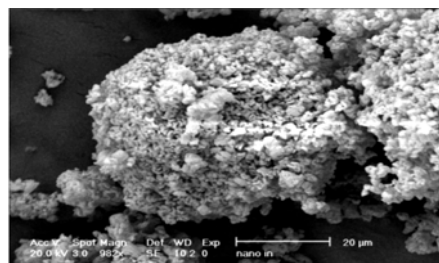
۳-۲-۲- ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک

تهیه شده با آسیاب سیاره‌ای

در شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر اسید سیتریک آسیاب شده با آسیاب سیاره‌ای نشان داده شده است. همان‌گونه که در تصویر مشخص است، ذرات پودر اسید سیتریک دارای

۳-۲-۲- اینولین

تیمار ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک با اینولین نیز در شرایط بهینه (نسبت ۱:۱۰، توان ۱۲۰۰ وات و مدت زمان ۵۰ ثانیه) انجام شد. همانند کازئین، به دلیل عدم امکان جداسازی پودر اینولین از ریزکپسول‌ها، در این مورد نیز باید در صورت نیاز به ۱ گرم اسید سیتریک در یک فرمولاسیون غذایی باید ۱۱ گرم مخلوط تیمار شده به آن اضافه نمود. تصویر بدست آمده از میکروسکوپ الکترونی (شکل ۷) حکایت از آن داشتند که اینولین قادر است ذرات پودر اسید سیتریک را به خوبی پوشش‌دار کرده و پوسته تقریباً کاملی را بر سطح ذره ایجاد نماید. همان‌گونه که مشخص است قطر ذره پودر اسید سیتریک به دلیل پوشش‌دار شدن تا حدود ۴۰ میکرون افزایش یافته است.



شکل ۷ تصویر میکروسکوپ الکترونی پودر اسیدسیتریک آسیاب شده با آسیاب سیاره‌ای و ریزکپسوله شده با اینولین.

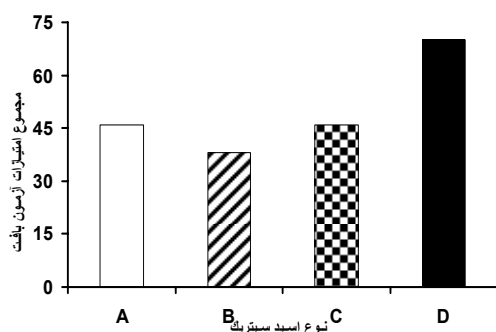
۳-۳- ارزیابی حسی آدامس

ارزیابی ظاهری آدامس‌ها حاکی از آن بود که آدامس‌های حاوی ریزکپسول‌های پوشش‌دار شده با کازئین از لحاظ دیداری به صورت رگه رگه و مرمری شکل بوده و خطوط سفید رنگ نامنظمی بر سطح آن دیده می‌شد که چندان مطلوب نبود. لازم به توضیح است که اختلاط ریزکپسول‌های کازئین با آدامس در مرحله تولید نیز به آسانی ممکن نبود و مدت زمان ورز دادن مخلوط آن چند برابر آدامس‌های معمولی به طول انجامید تا بافت نسبتاً کامل و یکنواختی حاصل گردد. آدامس حاوی ریزکپسول‌های پوشش‌دار شده با اینولین نیز دارای نقاط سفید رنگی بود که احتمالاً به بقایای اینولین مورد استفاده همراه با ریزکپسول‌ها مربوط می‌شد. ولی اختلاط ریزکپسول‌های اینولین با آدامس نسبت به کازئین با سهولت بیشتری انجام پذیرفت. برای ارزیابی اثر هر یک از چهار نوع اسید سیتریک پوشش‌دار شده با اینولین (A)، پوشش‌دار شده تجاری (B)، بدون پوشش (C) و پوشش‌دار شده با کازئین

(D) بر روی سه ویژگی آدامس شامل بافت، ماندگاری طعم و پس‌مزه، آزمون چشایی انجام شد. برای ارزیابی ویژگی بافت، نمونه‌های آدامس حداقل ۲۴ ساعت پس از تولید مورد آزمون قرار گرفتند.

۳-۳-۱- تاثیر روی بافت

معمولاً از هم گسیختگی بافت آدامس به‌هنگام جویدن را به اسید سیتریک مصرف شده در آن نسبت می‌دهند. به همین دلیل در این بررسی آدامس‌های تهیه شده از لحاظ ویژگی بافت با یکدیگر مقایسه شدند. در نمودار شکل ۸ نتایج مقایسه میزان پذیرش هر یک از چهار نمونه آدامس از لحاظ ویژگی بافت نشان داده شده‌اند.



شکل ۸ مقایسه تاثیر نوع اسید سیتریک مورد استفاده

(پوشش‌دار شده با اینولین (A)، پوشش‌دار شده تجاری (B)، بدون پوشش (C) و پوشش‌دار شده با کازئین (D)) در آدامس نواری روی ویژگی بافت.

داده‌های زیر مجموع امتیازات نمونه‌ها و همچنین اختلافات هر یک از آن‌ها را در مورد ویژگی بافت نشان می‌دهد که با عدد بحرانی در سطح ۵ درصد (که از جدول آماری مربوطه برای ۲۰ نفر ارزیاب و ۴ نمونه عدد ۲۱ استخراج گردید [۱۹])

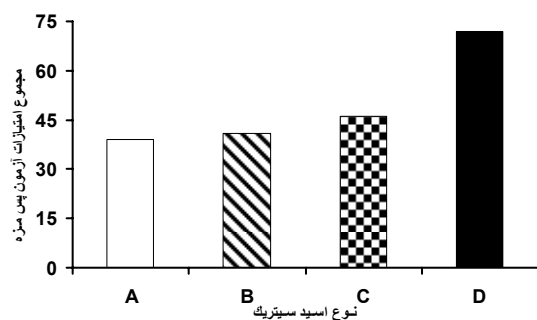
$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma A = 46 \\ \Sigma B = 38 \\ \Sigma C = 46 \\ \Sigma D = 70 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} A-B = 8 < 21 \\ A-C = 0 < 21 \\ A-D = 24 > 21 \\ B-C = 8 < 21 \\ B-D = 32 > 21 \\ C-D = 24 > 21 \end{array} \right.$$

طبق این داده‌ها می‌توان این‌گونه تحلیل کرد که از لحاظ ویژگی بافت، تنها نمونه حاوی ریزکپسول‌های کازئین با هر سه نمونه دیگر متفاوت است و نمونه حاوی ریزکپسول‌های اینولین

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma A = 40 \\ \Sigma B = 44 \\ \Sigma C = 46 \\ \Sigma D = 69 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} A-B = 4 < 21 \\ A-C = 6 < 21 \\ A-D = 29 > 21 \\ B-C = 2 < 21 \\ B-D = 25 > 21 \\ C-D = 23 > 21 \end{array} \right.$$

۳-۳-۳- تاثیر در ایجاد پس مزه

با توجه به این که اسید سیتریک ریزکپسول شده مورد استفاده در آدامس های نواری حاوی اینولین، کازئین یا استئارین بودند. لذا به نظر می رسد که این مواد قادر باشند به طور بالقوه سبب ایجاد پس مزه در آدامس شوند. به همین منظور این ویژگی در آدامس های تیمار شده با اسید سیتریک ریزکپسوله شده مورد بررسی قرار گرفت. براساس اطلاعات به دست آمده از شکل ۱۰ می توان گفت که از لحاظ ویژگی ایجاد پس مزه، نمونه آدامس حاوی ریزکپسول های اینولین با دو نمونه آدامس حاوی پودر اسید سیتریک بدون پوشش و پوشش دار تجاری تفاوت معناداری نداشتند. علاوه بر آن، دو نمونه اخیر یعنی نمونه آدامس حاوی پودر اسید سیتریک بدون پوشش و پوشش دار تجاری نیز اختلاف معناداری با یکدیگر نداشتند؛ البته در مقیاس رتبه بندی، نمونه آدامس حاوی اسید سیتریک پوشش دار تجاری در جایگاه بهتر و بالاتری نسبت به پودر اسید سیتریک بدون پوشش قرار داشت. علاوه بر آن نمونه های حاوی ریزکپسول های پوشش دار شده با کازئین با سایر نمونه ها تفاوت معناداری داشتند.

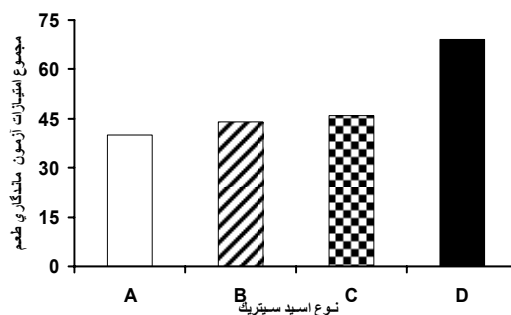


شکل ۱۰: مقایسه تاثیر نوع اسید سیتریک مورد استفاده (پوشش دار شده با اینولین (A)، پوشش دار شده تجاری (B)، بدون پوشش (C) و پوشش دار شده با کازئین (D)) در آدامس نواری روی ایجاد پس مزه.

با دو نمونه حاوی پودر اسید سیتریک بدون پوشش و اسید سیتریک پوشش دار تجاری و همچنین خود این دو نمونه نیز با یکدیگر تفاوت معناداری ندارند. آدامس حاوی اسید سیتریک پوشش دار تجاری در جایگاه نخست قرار گرفته، پس از آن نمونه های حاوی ریزکپسول های اینولین و پودر اسید سیتریک بدون پوشش و سپس نمونه حاوی ریزکپسول های کازئین قرار می گیرند.

۳-۳-۲- تاثیر روی ماندگاری طعم

یکی از اهداف این پژوهش تولید ریزکپسول هایی از اسید سیتریک بود که بتوان از آنها در آدامس استفاده کرده و بدین ترتیب مدت زمان باقی ماندن طعم ترش را در آدامس بنا به خاصیت رهایش کنترل شده ریزکپسول ها افزایش داد. لذا نمونه ها از لحاظ ماندگاری طعم طی جویدن ممتد آدامس نیز آزمون گردیدند که نتایج شان در زیر آورده شده است. مطابق داده های ارائه شده در شکل ۹، دقیقاً همانند ویژگی بافت، نمونه حاوی ریزکپسول های اینولین با دو نمونه حاوی پودر اسید سیتریک بدون پوشش و اسید سیتریک پوشش دار تجاری و همچنین خود این دو نمونه نیز با یکدیگر تفاوت معناداری ندارند. ولی نمونه حاوی ریزکپسول های کازئین با سایر نمونه ها اختلاف معنادار داشته و کاملاً متفاوت بود. لذا آدامس حاوی ریزکپسول های اینولین از لحاظ ماندگاری طعم ترش بهترین نمونه شناخته شد که احتمالاً به دلیل ریزکپسوله بودن اسید سیتریک مصرفی، رهایش طعم به تدریج صورت گرفته و ماندگاری طعم نیز افزایش داشته است. پس از آن نیز آدامس های حاوی اسید سیتریک پوشش دار تجاری، پودر اسید سیتریک بدون پوشش و ریزکپسول های کازئین به ترتیب در رده های بعدی قرار گرفتند.



شکل ۹: مقایسه تاثیر نوع اسید سیتریک مورد استفاده (پوشش دار شده با اینولین (A)، پوشش دار شده تجاری (B)، بدون پوشش (C) و پوشش دار شده با کازئین (D)) در آدامس نواری روی ویژگی ماندگاری طعم.

۵- منابع

- [1] Abbasi, S. & Rahimi, S. (2007). Microwave and its application in food industries Sonboleh, 20(163), 28-29.
- [2] Shukla, T. P. and Anantheswaran, R. C. (2001). Ingredient interactions and products development for microwave heating. *In* "Handbook of Microwave Technology for Food Applications", eds. A. K. Datta, and R. C. Anantheswaran, Marcel Dekker, Inc., New York: USA.
- [3] Mertens, B. and Knorr, D. (1992). Developments of nonthermal processes for food preservation. *Food Technology*, 46 (5): 124-133.
- [4] Singh, R.P., and Heldman, D.R. (2002). *Introduction to Food Engineering*, Academic Press, Amsterdam.
- [5] Schubert, H. and Regier, M. (2005). *The Microwave Processing of Foods*. CRC press, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge: England.
- [6] Risch, S. J. (1993). Encapsulation: overview of uses and techniques. *In* "Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients", eds. S. J. Risch and G. A. Reineccius. ACS Symposium Series 590: Washington D. C.
- [7] Abbasi, S. (1997). Microencapsulation technology and its Applications in food Industries. *Standard of Iranian Commodities*, 68, 8-12.
- [8] Rahimi, S., Abbasi, S. Azizi, MH. (2007). Encapsulation of edible Citric acid using microwave. *Iranian Journal of Food Science & Technology*, 3(4), 11-22
- [9] Reineccius, G. A. (1993). Controlled release techniques in food industry. *In* "Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients", eds. S. J. Risch and G. A. Reineccius. ACS Symposium Series 590: Washington D. C.
- [10] Lew, C. W. (2000). Encapsulation additives. U. S. Patent Number 6,056,992.
- [11] Anonymous 1, Available at: <http://www.capricornpharma.com>
- [12] Greenblatt, H. C., Dombroski, M., Klishevich, W., Kirkpatrick, J., Bajwa, I., Garrison, W. and Redding, B. K. (1993). Encapsulation and controlled release of flavors and fragrances. *In* "Encapsulation and

بدین ترتیب، نمونه حاوی ریزکپسول‌های اینولین به جز ویژگی بافت، در سایر نمونه‌ها، به‌عنوان بهترین نمونه شناخته شد که پس از آن هم به‌ترتیب نمونه حاوی اسید سیتریک تجاری، پودر اسید سیتریک بدون پوشش و ریزکپسول‌های کازئین قرار دارند

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma A = 39 \\ \Sigma B = 41 \\ \Sigma C = 46 \\ \Sigma D = 72 \end{array} \right. \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} A-B = 2 < 21 \\ A-C = 7 < 21 \\ A-D = 33 > 21 \\ B-C = 5 < 21 \\ B-D = 31 > 21 \\ C-D = 26 > 21 \end{array} \right.$$

بررسی‌ها نشان دادند که پژوهش در زمینه ریزکپسول‌سازی اسید سیتریک و چه بسا اسیدهای آلی بسیار اندک بوده و تنها به چندین مقاله و یا معدودی ثبت اختراع محدود می‌شود. علاوه بر آن، روش ریزکپسول‌سازی به‌کاربرده شده در این پژوهش نیز شیوه‌ای جدید و بدیع است که همان‌گونه که در بخش‌های پیشین ذکر گردید، تاکنون تنها به‌غیر از یک ثبت اختراع اطلاعات دیگری از آن در دست نمی‌باشد. بنابراین؛ مقایسه نتایج این پژوهش با سایر پژوهش‌ها عملاً امکان‌پذیر نبود.

۴- نتیجه گیری

ریزکپسوله کردن با انرژی الکترومغناطیسی روشی جدید، کم‌هزینه، سریع و نوپاست که در این پژوهش از آن برای ریزکپسول‌سازی پودر اسید سیتریک در دو دامنه ۵۰۰-۱۰۰ و زیر ۱۰۰ میکرون با دو ماده پوشش‌دهنده کازئین و اینولین استفاده گردید. ارزیابی کلی سه ویژگی آزمون‌شده در آدامس نواری نشان داد که نمونه حاوی ریزکپسول‌های اینولین به‌غیر از ویژگی بافت در دو ویژگی ماندگاری طعم و پس‌مزه، برترین نمونه شناخته شد و نمونه حاوی ریزکپسول کازئین نیز در هر سه ویژگی فوق پایین‌ترین رتبه را کسب نمود. در ضمن، با توجه به ویژگی پریبیوتیکی اینولین می‌توان به این طریق علاوه بر کپسوله کردن اسید سیتریک برای بهبود وضعیت گوارشی مصرف‌کنندگان، آدامس‌های پریبیوتیک تولید و عرضه نمود

- [16] Lee, J. B., Ahn, J. and Kwak, H. S. (2003). Microencapsulated ascorbic acid for milk fortification. *Archive Pharmacol Research*, 26 (7): 57–580.
- [17] Lee, J. B., Ahn, J., Lee, J. and Kwak, H. S. (2004). L-ascorbic acid microencapsulated with polyacylglycerol monostearate for milk fortification. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 68: 495–500.
- [18] Vasisht, N. (2005). U.S. Patent Number 6,881,482.
- [19] Ghazi Zadeh, M. & Razeghi, S.A (1998). Sensory evaluation of food National and Food Technology Research Institute .Tehran: Iran
- controlled release", eds. D. R. Karsa and R. A. Stephenson. Royal Society of Chemistry.
- [13] Hegenbrat, S. (1993). Encapsulated ingredients keep problems covered. Available at: <http://www.foodproductdesign.com>
- [14] Percel, P. (1989). An overview of encapsulation. *Food Technology International Europe*, 184–194.
- [15] Kirby, C. J., Whittle, C. J., Rigby, N., Coxon, D. T. and Law, B. A. (1991). A stabilization of ascorbic acid by microencapsulation in liposomes. *International Journal of Food Science and Technology*, 26: 437–449.

Influence of Citric Acid Microencapsulated with Microwave on Some Sensory Properties of Chewing Gum

Rahimi, S.¹, Abbasi, S.^{2*}, Azizi, M.H.³

1-MSc Graduate in Food Science & Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

2-Assistant Prof in Food Science & Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

3-Associat prof in Food Science & Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Over the past few decades, microwave processing and its high potential capabilities has attracted food scientists where they preferred to replace the old and time-bearing prevalent methods with this swift and simple method. Application of microwaves for microencapsulation is an innovative and new method in which the core and shell were combined at an appropriate ratio and treated by microwaves in order to microencapsulate the core material by coating one. In this research, the citric acid powder at two various size (100–500 and <100 micron) was microencapsulated at different ratios (1:5 and 1:10) by casein and inulin, at various microwave powers (up to 1200 W) for 50 to 250 seconds. Findings of qualitative evaluation of microcapsules by laboratory binocular, scanning electron microscope photographs as well as particle size analysis illustrated that the optimum conditions namely ratio and microwave power for microencapsulation of citric acid by both casein and inulin were 1:10 and 1200 W with slightly different treating time where it was 150 and 50 seconds, respectively. In the next step, these two microcapsules along with uncoated citric acid powder as well as commercial microcapsules of citric acid were added to the ribbon type chewing gum and the sensory evaluation regarding texture, stability of sour taste and aftertaste was done by a semi-trained taste panel. The findings revealed that in terms of sour taste stability and aftertastes, the chewing gum containing citric acid microencapsulated with inulin had highest score whereas with regard to texture one treated with the commercial microcapsules gained the highest score. In addition, the lowest sensorial scores were belonged to samples which treated by citric acid microencapsulated with casein. Finally, for the first time on a real foodstuff the practical capability of this novel, simple, low cost, and rapid microencapsulation technique was confirmed.

Keywords: Microwave; Microencapsulation; Citric acid; Chewing gum; Sensory evaluation.

* Corresponding author E-mail address: sabbasifood@modares.ac.ir