

بررسی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست فوری

مرجان اسمعیل زاده نصیری^۱، سلیمان عباسی^{۲*}، سید مهدی سیدین اردبیلی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین - پیشوا، گروه صنایع غذایی، ورامین، ایران

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

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

(تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۸)

چکیده

ماست از جمله فراورده‌های تخمیری شیری با ارزش تغذیه‌ای بالا ولی با عمر نگهداری کوتاه است که می‌توان با خشک کردن، مدت ماندگاری آن را افزایش داد. لذا، در این بررسی به منظور تولید پودر ماست، نخست نمونه‌های ماست تازه با مقدار ماده خشک متفاوت (۱۰ و ۲۰ و ۲۸٪)، توسط خشک‌کن مایکروویو-خلأ (توان‌های ۳۵، ۱۳۵ و ۲۶۰ وات و فشار مطلق ۱۲۵ میلی‌بار) خشک شدند. سپس تاثیر نوع هیدروکلونید (کتیرا، گوار، خرنوب، صمغ فارسی و کازئین)، غلظت (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱٪)، ترکیب (کتیرا: گوار، کتیرا: خرنوب و گوار: خرنوب)، نسبت ترکیب (۸۰:۲۰) و زمان افزودن (افزودن به ماست قبل از خشک کردن، افزودن به پودر) روی ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی ماست فوری ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که افزایش توان مایکروویو و غلظت ماده خشک ماست به ترتیب سبب کاهش و افزایش مدت خشک شدن شد. از نظر خواص رئولوژیکی نیز در تمامی نمونه‌ها، مقدار $G' > G''$ بوده و رفتار جامد مانند (الاستیک) در اکثر نمونه‌ها غالب بود، فقط در نمونه حاوی گوار-خرنوب عکس این رابطه صدق کرد. همچنین، گرانیروی مرکب و تانژانت افت اغلب نمونه‌های حاوی هیدروکلونید در ماست تازه به‌جز نمونه حاوی گوار:خرنوب، مشابه نمونه شاهد بود. از نظر ویژگی‌های حسی نیز بهترین نمونه، نمونه‌های حاوی بیکنینگ پودر و صمغ کتیرا (۰/۰۶٪) و کتیرا:خرنوب (نسبت ۸۰:۲۰ به میزان ۰/۰۶٪) در ماست تازه بود. در ضمن، مناسب‌ترین روش برای تهیه پودر ماست فوری، افزودن هیدروکلونیدها به ماست تازه قبل از خشک کردن تشخیص داده شد.

کلید واژگان: مایکروویو-خلأ، ماست فوری، هیدروکلونید، رئولوژی

۱- مقدمه

جایگزین جذاب و ارزانتر از خشک کردن انجمادی^۱ (FD) در تولید محصولات با کیفیت بالا و حساس به حرارت پیشنهاد شده است [۶].

اساساً همانند هر فراورده غذایی، خشک کردن ماست و تهیه پودر آن نیز علیرغم برخی معایب، مزایای بسیاری نظیر کاهش حجم و عدم نیاز به سرد نگه‌داشتن، هزینه‌های نگهداری کمتر، سهولت در حمل و نقل، مناسب بودن برای مناطق دارای آب و هوای گرم، کاربرد در شرایط بحران‌های غذایی، و امکان افزایش سرانه مصرف محصولات لبنی با استفاده از بکارگیری پودر ماست در صنایع نانوایی، شکلات و نوشیدنی‌ها را دارا می‌باشد [۹ و ۱۰]. اما با توجه به گزارش‌های موجود، ماست بازسازی شده معمولاً فاقد بافت، قوام و ظاهر مناسب ماست معمولی است [۳] که این امر یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در رابطه با تولید صنعتی پودر ماست می‌باشد. به نظر می‌رسد شاید یکی از عملی‌ترین راه‌ها برای حل این مشکل استفاده از هیدروکلوئیدها باشد [۱۲ و ۱۱]. ولی با توجه به اطلاعات نگارندگان، تاکنون بررسی خاصی در این خصوص انجام یا گزارش نشده است. در ضمن، هیدروکلوئیدها، پلی‌ساکاریدهایی هستند که از منابع گیاهی، دانه‌ای، میکروبی و جلبک‌های دریایی استخراج می‌شوند [۱۳] و از نظر چگونگی ایجاد واکنش با سایر ذرات کلوئیدی به دو دسته‌ی جاذب^۲ و غیرجاذب^۳ تقسیم می‌شوند. هیدروکلوئیدهایی مانند پکتین، کربوکسی متیل سلولز، بخش محلول کتیرا، بخش محلول صمغ فارسی و کاپا-کاراگینان را که به واسطه‌ی نیروی الکتروستاتیک توانایی واکنش با ذرات کلوئیدی (مثلاً کازئین‌ها) را داشته و جذب سطح آن‌ها گردند هیدروکلوئیدهای جاذب می‌نامند. درحالی‌که، صمغ لوبیایی خرنوب، گوار، زانتان بخش نامحلول صمغ‌های فارسی و کتیرا هیدروکلوئیدهای غیرجاذب هستند زیرا از این توانایی برخوردار نبوده و مشخصه‌ی بارز آن‌ها افزایش گرانروی فاز پیوسته است [۱۲ و ۱۴ و ۱۵].

بنابراین، در این پژوهش تاثیر افزودن نوع و غلظت‌های مختلف برخی صمغ‌های جاذب و غیرجاذب قبل و بعد از تهیه

ماست معروف‌ترین فرآورده تخمیری شیر است که از تخمیر لاکتیکی شیر توسط باکتری‌های آغازگر ماست (استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس) تولید می‌شود [۱]. این فرآورده اغلب در سراسر زنجیره توزیع در دمای ۲-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود که این امر موجب افزایش قیمت تمام‌شده محصول می‌گردد. لذا، با توجه به توضیحات بالا ماندگاری ماست در شکل طبیعی آن کوتاه می‌باشد و این امر مانع تجاری شدن این محصول مفید شده است [۲]. ولی اصولاً می‌توان با خشک کردن و تهیه پودر، امکان ذخیره کردن ماست به شکل پایدار و قابلیت استفاده سریع هم‌چنین ماندگاری این محصول با ارزش را افزایش داد [۳]. برای این منظور تاکنون روش‌های مختلفی نظیر خشک کردن پاششی، انجمادی، غلطکی، مایکروویو-خلاء و جهت تهیه پودرهای غذایی معرفی شده‌اند [۲ و ۴].

اصولاً در روش حرارت‌دهی با مایکروویو به عنوان یک روش جدید و سریع، حرارت‌دهی از طریق تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به انرژی حرارتی در نتیجه برهم‌کنش مستقیم امواج با مولکول‌های ماده هدف صورت می‌گیرد. به‌طوری‌که هنگام در معرض قرار گرفتن مواد با خصوصیات دی‌الکتریکی متفاوت با امواج مایکروویو، این امواج به طور انتخابی با مواد دارای ضریب افت بالاتر درگیر شده و به دلیل پدیده‌های چرخش دوقطبی و پلاریزاسیون یونی گرمایش اتفاق می‌افتد که این پدیده حرارت‌دهی انتخابی را به طور بالقوه می‌توان برای اهداف بی‌شماری استفاده کرد [۵]. یکی از مزایای استفاده از انرژی امواج مایکروویو در فرایند خشک کردن، امکان استفاده ترکیبی از این امواج با سایر روش‌های متداول خشک کردن مانند خشک‌کردن تحت خلا است [۶]. اساساً، روش ترکیبی مایکروویو-خلاء، فواید هر دو روش خشک کردن تحت خلاء و خشک کردن با مایکروویو را دارا بوده و می‌تواند هم کارایی انرژی و هم کیفیت فرآورده را بهبود ببخشد [۷]. در ضمن، عدم وجود اکسیژن در محیط و کاهش واکنش‌های ناخواسته در غذا، مزیت دیگر این روش می‌باشد [۸]. بنابراین، خشک‌کردن بوسیله مایکروویو-خلاء (MVD) به عنوان یک روش

1. Freeze Drying
2. Adsorbing hydrocolloids
3. Non- adsorbing

مخلوط و سپس جهت خشک کردن با مایکروویو-خلاء به دستگاه منتقل شد.

۲-۲-۲- روش خشک کردن با دستگاه مایکروویو-خلاء

خلاء

دستگاه مایکروویو-خلاء مورد استفاده در این پژوهش در آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تربیت مدرس طراحی و ساخته شد [۹۱۶]. برای اعمال امواج مایکروویو، از یک مایکروویو خانگی AEG، مدل Micro mat 725 ساخت کشور آلمان، با توان اسمی ۱۲۰۰ وات، بسامد ۲۴۵۰ مگا هرتز و برای تامین فشار 5 ± 125 میلی بار از پمپ خلاء (Kavake airvac مدل jp-120 h ساخت کشور تایوان) استفاده شد. همچنین مقدار فشار مطلق محفظه با خلاسنج (P. V. R) مدل VT1 NP ساخت کشور ایتالیا) اندازه گیری شد.

برای خشک کردن ماست بدون چربی، ابتدا ماست (حاوی صفر و ۱/۵٪ بیکنینگ پودر) با میزان مواد جامد بدون چربی (۱۰، ۲۰ و ۲۸٪) با ضخامت ۲/۲ میلی متر روی ظرف شیشه‌ای تفلون شده منتقل شد [۹] و با اعمال توان‌های مختلف (۳۵، ۱۳۵، ۲۶۰ وات) توسط مایکروویو نمونه‌ها خشک شدند. پس از گذشت دقیقی از خشک کردن (زمانی که قطرات آبی در جداره داخلی دسیکاتور وجود نداشت) هر ۳ دقیقه یکبار در حالی که سیستم همچنان تحت خلاء بود، مایکروویو خاموش شد تا دمای محصول خیلی بالا نرود و خصوصیات پودرهای حاصله از لحاظ رنگ، انحلال پذیری و بقاء میکروارگانیسم‌های آغازگر ماست و... حفظ شود [۱۷]. لازم به ذکر است در دستگاه مایکروویو-خلاء موجود، امکان اندازه‌گیری دما وجود نداشت. برای تشخیص اتمام فرایند خشک شدن، میزان رطوبت طبق قانون موازنه جرم محاسبه شد. پس از خشک کردن ماست و رسیدن رطوبت آن‌ها به حد مناسب (۶-۶/۵٪)، نمونه‌های خشک شده از محفظه خارج و با کاردک از کف شیشه تفلون جدا شدند. سپس پرک‌های خشک شده ماست را آسیاب نموده، پودر ماست تهیه شد که در نهایت برای اینکه محدوده اندازه پودر مشخص شود از دو الک با مش ۸۰ و ۲۳۰ استفاده شد که پودرهای عبوری از الک ۸۰ و جمع شده روی الک ۲۳۰ (۸۰-، +۲۳۰) برای مراحل بعدی استفاده شدند [۹].

پودر ماست توسط خشک‌کن مایکروویو-خلاء روی پایدارسازی، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست بازسازی شده (ماست فوری) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه مواد اولیه

شیر پس چرخ از شرکت وارنا (ورامین، ایران) و ماست با میزان چربی ۲/۵ درصد از شرکت چوپان (سمنان، ایران) تهیه شد. پودر صمغ گوار از شرکت پارس گام (شیراز، ایران)، صمغ فارسی و کتیرا از عطاری‌های سنتی تهران، پودر صمغ لوبیایی خرنوب^۱ از شرکت CP Kelco کشور دانمارک، بیکنینگ پودر از شرکت بهاران (تهران، ایران) تهیه شدند. در ضمن، صمغ فارسی و کتیرا پس از جداسازی مواد خارجی آسیاب شدند سپس از الک آزمایشگاهی با مش شماره‌ی ۶۰ عبور داده شده و پودرهای جمع آوری شده مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- روش تهیه ماست

برای تهیه ماست بدون چربی، شیر پس چرخ در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شد تا پاستوریزه شود. پس از خنک شدن (دمای ۴۵-۴۲ درجه سانتیگراد) مایه ماست به شیر افزوده شد و در دمای مذکور به مدت ۴ ساعت نگهداری شد [۹]. پس از آماده شدن ماست، نمونه‌ها سریعاً به یخچال منتقل به مدت یک روز در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگه داشته شدند. پس از آن، جهت تهیه ماست با سطوح مختلف ماده خشک (۲۰ و ۲۸ درصد) ماست آماده شده (ماده خشک ۱۰ درصد) داخل کیسه‌های پارچه‌ای با منافذ ریز ریخته شد و مدت چندین ساعت در دمای یخچال نگهداری شد تا میزان ماده خشک با خروج آب به حدود مورد نظر برسد. قبل از خشک کردن به برخی از نمونه‌ها به میزان ۱/۵٪ بیکنینگ پودر اضافه شد و با همزن برقی (SANYO ساخت کشور ژاپن) به مدت ۱ دقیقه به خوبی با ماست

1. Locust bean Gum

۲-۲-۳- روش افزودن مواد قوام دهنده و تهیه ماست

فوری

برای تهیه ماستی با بافت مناسب، هیدروکلئیدها به دو طریق استفاده شدند.

-روش اول: افزودن هیدروکلئیدها به پودر ماست

در این روش هیدروکلئیدهای مختلف (کتیرا، گوار، خرنوب و صمغ فارسی) و پودر کازئین در مقادیر و نسبت‌های مختلف (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱٪ وزنی/وزنی نسبت به وزن ماست) به پودرهای تولید شده اضافه شدند. همچنین به منظور بررسی اثر ترکیبی آن‌ها، صمغ‌های کتیرا:گوار، کتیرا:خرنوب و گوار:خرنوب (به ترتیب در نسبت ۲۰ : ۸۰) به میزان ۰/۰۶٪ وزنی/وزنی نسبت به وزن ماست به پودرهای تولید شده اضافه شدند. سپس به ترکیب حاصل، آب ولرم (دمای ۵۰ درجه سانتیگراد) به نسبت ۱ : ۵ (نسبت پودر : آب) اضافه شد [۲]. پس از گذشت مدت زمان حدود ۱۵-۱۰ دقیقه بافت ماست بازساخته به لحاظ ظاهری مورد بررسی قرار گرفت. آنگاه بهترین نمونه‌ها از لحاظ خصوصیات ظاهری، غلظت و بافت، تعیین شدند و از صمغ‌ها و مقادیری که بهترین نتیجه را از لحاظ بافت و گرانیوی داشتند، برای افزودن به ماست قبل از خشک کردن (روش دوم) استفاده شد.

- روش دوم: افزودن هیدروکلئیدها به ماست تازه

(قبل از خشک کردن ماست)

در این روش، هیدروکلئیدهای مناسب در مقدار و درصد‌های تعیین شده از مرحله قبل (۰/۰۶٪) به تدریج به ماست (حاوی صفر و ۱/۵٪ بیکنینگ پودر) اضافه و به خوبی مخلوط شدند. پس از ۳۰ دقیقه استراحت، گرانیوی ماست به واسطه عملکرد هیدروکلئیدها افزایش یافت. سپس ماست حاصل جهت خشک کردن به دستگاه مایکروویو-خلاء منتقل شد. سپس به پودر حاصل، آب ولرم (دمای ۵۰ درجه سانتیگراد) به نسبت ۱ : ۵ (نسبت پودر : آب) اضافه شد [۲] و پس از گذشت مدت زمان حدود ۱۵-۱۰ دقیقه، بافت ماست بازساخته به لحاظ ظاهری مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۲-۴- اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های رئولوژیکی

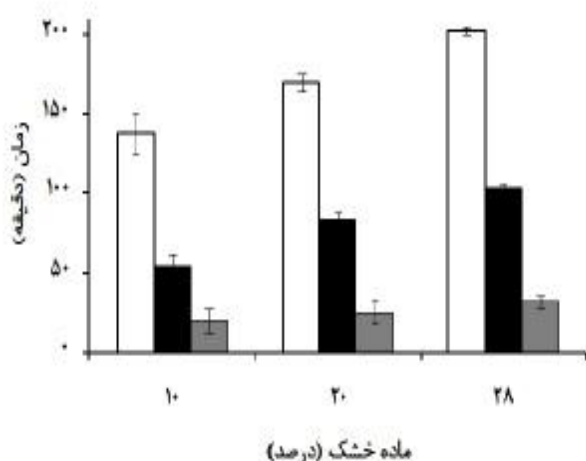
در این مرحله، با استفاده از آزمون نوسانی^۱ برخی ویژگی‌های رئولوژیکی ماست و ماست بازساخته نظیر G' : ضریب ذخیره^۲، G'' : ضریب افت^۳، η^* : گرانیوی مرکب، η' : گرانیوی پویا و تانژانت افت اندازه‌گیری شد. برای این منظور از ژئومتری صفحات موازی^۴ (ساخت شرکت Anton Paar، اتریش) استفاده شد و مقدار چند گرم از نمونه‌های ماست (بازساخته و ماست اولیه) بین صفحات موازی ژئومتری قرار داده شد. پس از سپری شدن زمان استراحت (مدت ۱۰ دقیقه) ناحیه‌ی ویسکوالاستیک خطی در دامنه‌های کرنشی مختلف تعیین شد. سپس کرنش حاصل از رقیق‌ترین نمونه مبنا قرار گرفت (کرنش ۰/۱ درصد) زیرا قطعاً در چنین حالتی نمونه‌های غلیظ در محدوده‌ی خطی قرار دارند. پس از انجام این مرحله، مدت ۱۰ دقیقه استراحت صرف بازسازی ساختار نمونه‌ها شد. آنگاه بدون خارج کردن نمونه از بین صفحات ژئومتری روند تغییرات ضرایب ذخیره (G') و افت (G'') به صورت تابعی از بسامد زاویه‌ای، در محدوده‌ی ۱۰۰-۰/۰۱ رادیان بر ثانیه (Rad/S) در دمای ۷ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد [۱۸و۱۹].

۲-۲-۵- ارزیابی حسی

برخی ویژگی‌های حسی ماست‌های تهیه شده با پودر ماست (شامل طعم، احساس دهانی و بافت غیردهانی، یکنواختی ظاهری و پذیرش کلی) در چهارچوب آزمون هدونیک پنج طبقه‌ای (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب معادل غیرقابل قبول، نسبتاً رضایت بخش، خوب، بسیار خوب و عالی) توسط ۱۱ ارزیاب، در محدوده‌ی سنی ۲۵-۴۳ سال ارزیابی شد. نمونه‌های ماست بازساخته بطور تصادفی کدگذاری شدند و در یخچال به مدت دو ساعت قرار داده شدند، سپس نمونه‌های ماست بازساخته در توسط ارزیاب‌ها مورد بررسی قرار گرفتند [۱۸و۲۰].

۲-۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

1. Oscillatory testing
2. Storage modulus
3. Loss modulus
4. Parallel Plate



شکل ۱ مقایسه تاثیر تکی و متقابل میزان ماده خشک ماست و توان میکروویو روی زمان خشک کردن ماست توسط خشک کن میکروویو-خلا در فشار مطلق ۱۲۵ میلی بار (توان ۳۵ □، توان ۱۳۵ ■ و توان ۲۶۰ ◻)

۳-۲- تاثیر افزودن هیدروکلوئیدها روی روند

خشک شدن و کیفیت پودر ماست

۳-۲-۱- افزودن هیدروکلوئیدها به پودر ماست

اصولا چون دلمه‌ی ماست باز ساخته یا همان ماست فوری تهیه شده از پودر ماست، احتمالا" به علت تخریب ساختار ژلی آن طی خشک کردن، دارای قوام و گرانیوی کمتری از ماست تازه است [۲]. بنابراین، در این بررسی پس از تولید پودر ماست، جهت بازسازی آنها و ایجاد بافت مناسب، از هیدروکلوئیدهای مختلف در مقادیر متفاوت استفاده شد. برای این منظور، ابتدا هیدروکلوئیدهای کنیرا، گوار، خرنوب، فارسی و پودر کازئین به میزان ۰/۲۵٪، ۰/۵٪، ۰/۷۵٪ و ۱٪ به پودرها اضافه شدند. نتایج نشان داد که صمغ کنیرا در غلظت ۰/۵٪، خرنوب در ۱٪، گوار در ۰/۷۵٪ و فارسی در ۱٪ بیشترین میزان گرانیوی در ماست فوری تهیه شده ایجاد کردند. البته حضور گوار در میزان ۰/۷۵٪ رفتار کش مانند نامطلوبی را موجب شد. برای ایجاد گرانیوی مطلوب با صمغ فارسی نیز به مقداری بیش از ۱٪ نیاز بود. همچنین پودر کازئین در غلظت ۱٪ از نظر گرانیوی نتیجه مطلوبی نداشت. سپس از مخلوط صمغ‌ها جهت دست یافتن به بافت مطلوب استفاده شد. مخلوط گوار:کنیرا در میزان ۰/۶٪ و به نسبت ۵۰:۵۰ بررسی شد، که از لحاظ گرانیوی مطلوب بود

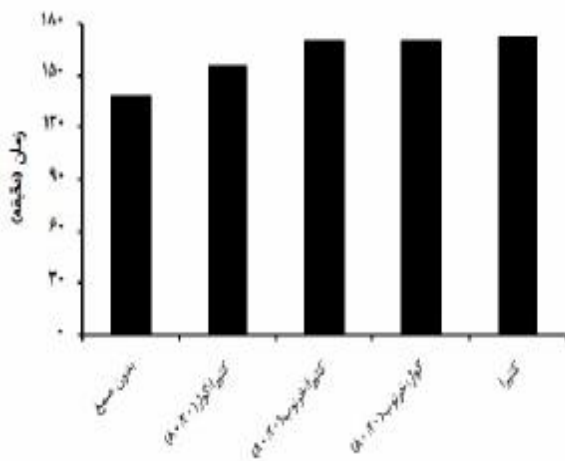
طرح آماری مورد استفاده از نوع کاملا تصادفی بوده و تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها (در سطح ۰/۰۵٪) نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت. رسم منحنی‌ها هم با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- خشک کردن ماست با درصدهای

مختلف ماده خشک و توان‌های متفاوت دستگاه

طی مراحل مختلف خشک نمودن ماست با خشک‌کن میکروویو-خلا مشخص گردید که با افزایش توان دستگاه، زمان لازم برای خشک کردن نمونه کاهش یافت. بنابراین، مشابه نتایج سایر محققین [۱۶ و ۲۱]. توان میکروویو نقش بسیار مهم و موثری روی زمان خشک شدن داشت در ضمن، اثر توان، درصد ماده خشک و اثر متقابل توان و درصد ماده خشک روی زمان خشک کردن در سطح ۰/۰۵٪ معنی‌دار بود (شکل ۱). همچنین، مشخص شد که با افزایش توان دستگاه از ۱۰٪ به ۵۰٪ و افزایش درصد ماده خشک ماست از ۱۰٪ به ۲۸٪، میزان شنی شدن و عدم انحلال پودر در آب افزایش یافت. به عبارت دیگر، با افزایش توان دستگاه و در نتیجه افزایش حرارت، آسیب‌های وارد شده به پروتئین‌ها تشدید یافت. از جمله مشکلاتی که در این مرحله از تحقیق دیده شد عدم حلالیت پودرهای حاصله بود. به گونه‌ای که این پودرها، احتمالا" به دلیل دنا توره شدن بیش از حد پروتئین‌ها و چسبیدن ذرات به هم‌دیگر، در آب حالت شنی داشتند. به همین جهت در آزمایش‌های بعدی برای افزایش خلل و فرج و حلالیت پودر تهیه شده، به ماست‌های اولیه با درصدهای متفاوت ماده خشک، مقدار ۱/۵٪ بیکنینگ پودر اضافه شد. نتایج این آزمایش‌ها هم نشان داد که افزودن بیکنینگ پودر، علاوه بر بهبود حلالیت پودر ماست (البته نه به‌طور کامل) به جهت خاصیت تولید گاز و ایجاد کف، تاثیر مثبتی روی رنگ و مزه ماست فوری تولید شده داشت.



شکل ۲ اثر نوع و نسبت صمغ‌های مختلف (غلظت ثابت ۰/۶ درصد وزنی/وزنی) روی زمان خشک شدن ماست فاقد چربی (ماده خشک ۱۰ درصد) خشک شده توسط خشک کن مایکروویو-سخلا (توان مایکروویو ۱۰ درصد، فشار مطلق ۱۲۵ میلی‌بار)

۳-۳- تاثیر هیدروکلوئیدها روی برخی ویژگی‌ها -

های رئولوژیکی

معمولاً برای تعیین ویژگی‌های ویسکوالاستیک نمونه‌ها از دو عامل ضریب ذخیره (G') و ضریب افت (G'') استفاده می‌شود که ضریب ذخیره بزرگی انرژی ذخیره شده در ماده و ضریب افت بزرگی انرژی تلف شده را نشان می‌دهند [۲۳]. نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های ویسکوالاستیک نمونه‌ها (شکل شماره ۳)، نشان داد که در تمام گستره‌ی بسامد اعمال شده رفتار نمونه‌ها مشابه هم و $G' > G''$ شد (به جز نمونه حاوی گوار-خرنوب)، که این ویژگی بر غالب بودن خاصیت کشسانی (الاستیک)، وجود ساختار شبکه‌ای و رفتار ژلی دلالت دارد. همچنین افزایش خواص الاستیکی در بسامدهای بالا احتمالاً به این علت است که اتصالات داخل زنجیره‌ای طی یک نوسان، زمان کافی نداشته که دوباره دور هم جمع شوند. در واقع نمونه‌ی مورد آزمون سریع‌تر به کرنش تعیین شده در محدوده-ی خطی (در این تحقیق ۰/۱) می‌رسند. در نتیجه در اثر کاهش زمان، فرصت بازیابی و تن‌آسایی^۱ وجود ندارد. همچنین مقادیر ضرایب ذخیره و افت در محدوده‌ی وسیعی مستقل از بسامد بودند. مستقل بودن این ضرایب از بسامد دلیلی بر وجود

ولی بافت حالت کشسانی نامطلوبی داشت. در نتیجه از میزان گوار کاسته و مخلوط گوار:کنیر با نسبت ۸۰:۲۰ و به مقدار ۰/۶٪ از لحاظ بافتی و ظاهری مطلوب ارزیابی شد. در رابطه با مخلوط گوار: خرنوب و کنیر:خرنوب نیز نسبت ۸۰:۲۰ و مقدار ۰/۶٪ مطلوب ارزیابی شد. در رابطه با مقایسه یافته‌های این بررسی با کارهای انجام شده روی ماست بایست یادآور شد که تاکنون مستند خاصی در این زمینه منتشر نشده ولی در خصوص بهبود ویژگی‌های ماست تازه کارهای متنوعی گزارش شده اند که برای مثال در یک بررسی، میزان مناسب صمغ خرنوب برای کاهش میزان آب اندازی ماست ۰/۰۲٪ گزارش شده است [۲۲] که میزان صمغ مورد استفاده بسیار کمتر از مقادیر مورد استفاده در این بررسی می‌باشد که دلیل این تفاوت فاحش همانا از بین رفتن ساختار ژلی ایجاد شده توسط کازئین، در اثر فرایند خشک شدن می‌باشد که به همین جهت برای ایجاد ساختار مناسب در ماست فوری باید از مقادیر بیشتری از مواد بافت دهنده استفاده شود. در ضمن، در ادامه بررسی برای بررسی تاثیر حضور مواد بافت دهنده در ماست قبل از خشک کردن از صمغ‌ها، نسبت‌ها و نتایج این مرحله جهت افزودن به ماست (قبل از خشک کردن) استفاده شد که نتایج آن‌ها در زیربخش بعدی ارائه شده‌اند.

۳-۲-۲- افزودن هیدروکلوئیدها به ماست تازه (قبل از

خشک کردن)

مطابق نتایج ارائه شده در شکل شماره ۲، حضور صمغ‌ها موجب افزایش زمان خشک کردن شد. احتمالاً علت این امر مربوط به جذب آب توسط هیدروکلوئیدها یا خاصیت آب-دوستی و ظرفیت بالای نگهداری آب توسط این مواد می‌باشد. به طوری که درصد رطوبت پودرهایی که حاصل افزودن صمغ در ماست قبل از خشک کردن بودند با اینکه زمان خشک کردن آنها افزایش یافت حدود ۶/۵٪ بود که کمی بالاتر از نمونه‌های فاقد صمغ (۵/۵ - ۵ درصد) بود. همچنین در این مرحله مشخص شد پودرهایی تولید شده توسط این روش، دارای قابلیت انحلال پذیری بسیار بالا بوده و ذرات شنی قابل حسی وجود نداشت.

1. Relaxation time

شد، به هر حال برای هر دو نوع پودر ماست از یک روش واحد بازسازی استفاده شد به طوری که در مرحله بازسازی این پودرها با آب ولرم (دمای ۴۵ درجه سانتیگراد) به نسبت ۱ به ۵ مخلوط و ماست فوری تهیه شد [۲۴]. نمونه‌ها پس از خشک شدن در دمای ۵ درجه سانتیگراد توسط ارزیاب‌ها ارزیابی شدند که نتایج بدست آمده در جدول شماره ۱ نشان داده شده اند.

نتایج نشان داد که از لحاظ طعم نمونه‌های شماره ۴، ۵، ۸ و ۱۰ با دیگر نمونه‌های موجود و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵٪ دارند. این نمونه‌ها، شامل نمونه‌هایی هستند که صمغ در پودر ماست اضافه شد. طعم نمونه‌هایی که صمغ آنها در مرحله‌ی قبل از خشک کردن به ماست اضافه شد بهتر بود. طعم نمونه‌ی ۹ که نمونه‌ی حاوی کتیرا قبل از خشک کردن ماست بود مشابه نمونه شاهد بود و به همراه نمونه شاهد بهترین نمونه‌ها از لحاظ طعم ارزیابی شدند. در خصوص طعم، بایستی یادآور شد که نمونه‌هایی که هیدروکلوئیدها قبل از خشک کردن به ماست اضافه شد دارای طعم بهتری بودند، که احتمالاً دلیل این تفاوت را می‌توان به تاثیر افزودن پایدار کننده‌ها در بقاء استالذئید نسبت داد [۲].

از نظر احساس دهانی نیز نمونه‌های ۴، ۵، ۸ و ۱۰ در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها (به‌جز نمونه‌ی شماره‌ی ۱۱) داشتند و کمترین معدل را از لحاظ این ویژگی به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که نمونه‌های ۶ و ۹ از لحاظ این ویژگی حتی از نمونه شاهد نیز بهتر ارزیابی شدند و بالاترین امتیاز در این مرحله مربوط به نمونه ۹ بود. از نظر بافت غیردهانی (گرانروی و آب‌اندازی) هم نمونه شماره ۵ کمترین امتیاز و نمونه شماره ۹ بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند.

نمونه‌های شماره‌ی ۴، ۵، ۸، ۱۰ و ۱۱ از نظر ویژگی یکنواختی ظاهری هم در سطح ۹۵٪ با دیگر نمونه‌ها تفاوت کاملاً معنی‌داری داشتند. همچنین مشخص شد که نمونه‌های ۲، ۶ و ۹ از حیث این ویژگی حتی از نمونه شاهد نیز بهتر بودند. در مجموع نمونه‌ی ۹ در این مرحله نیز بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد.

ساختار محکم ژل مانند می‌باشد. در واقع این نوع رفتار نشان‌دهنده‌ی این است که فاز پیوسته دارای ساختار بوده، ذرات را در بر گرفته و در افزایش گرانروی سامانه و پایدارسازی نقش داشته است [۲۳].

در نمونه حاوی گوار-خرنوب در تمام بسامدهای مورد آزمون میزان $G'' > G'$ بود که نشان‌دهنده‌ی غالب بودن حالت مایع مانند و گرانروی در نمونه می‌باشد [۱۹]. این‌گونه رفتار از حرکات داخل مولکولی ناشی می‌شود. چرا که سازگاری یا مطابقت با نیروی وارد شده به وسیله‌ی حرکت و انتقال مولکول‌های بسیار اتفاق می‌افتد [۲۳]. همچنین از طرفی احتمالاً چون هر دو صمغ به‌کار رفته از دسته صمغ‌های غیرجاذب هستند نمی‌توانند با سیستم کلوئیدی موجود از جمله کازئین پیوند برقرار کنند. در نتیجه وزن مولکولی افزایش نمی‌یابد. با افزایش وزن مولکولی مواد حل شونده، گرانروی افزایش می‌یابد [۱۸].

در ضمن، از نتایج آزمون نوسانی می‌توان به موارد دیگری نظیر: گرانروی مرکب^۱ و تانژانت افت^۲ هم دست یافت (شکل ۴ الف و ب). همان‌طور که در شکل نیز مشخص است بیشترین گرانروی مربوط به نمونه‌های شاهد، کتیرا بدون بیکینگ پودر، کتیرا و کتیرا:خرنوب (۸۰:۲۰) به غلظت ۰/۶٪ می‌باشد و نمونه حاوی گوار:خرنوب (۸۰:۲۰) کمترین گرانروی و ضعیف‌ترین شبکه را دارد. با توجه به شکل ۴ ب، مشخص است که میزان تانژانت افت (گرانروی) اغلب نمونه‌ها تقریباً مشابه است و فقط ماست بازساخته‌ی حاوی هیدروکلوئیدهای گوار:خرنوب (۸۰:۲۰) بیشترین تانژانت افت را داشت. همچنین نمونه شاهد کمترین میزان ضریب افت را دارد.

۳-۴-آزمون حسی

همان‌گونه که پیش‌تر نیز گفته شد پودر ماست مورد استفاده برای تهیه ماست فوری به دو روش تهیه شد در روش اول، نخست ماست توسط روش خشک کن میکروویو-خلا خشک شد آنگاه پودر صمغ با پودر ماست مخلوط شد ولی در روش دوم، صمغ به ماست تازه اضافه شد سپس پودر ماست تهیه

2. Complex Viscosity
3. Loss tangent

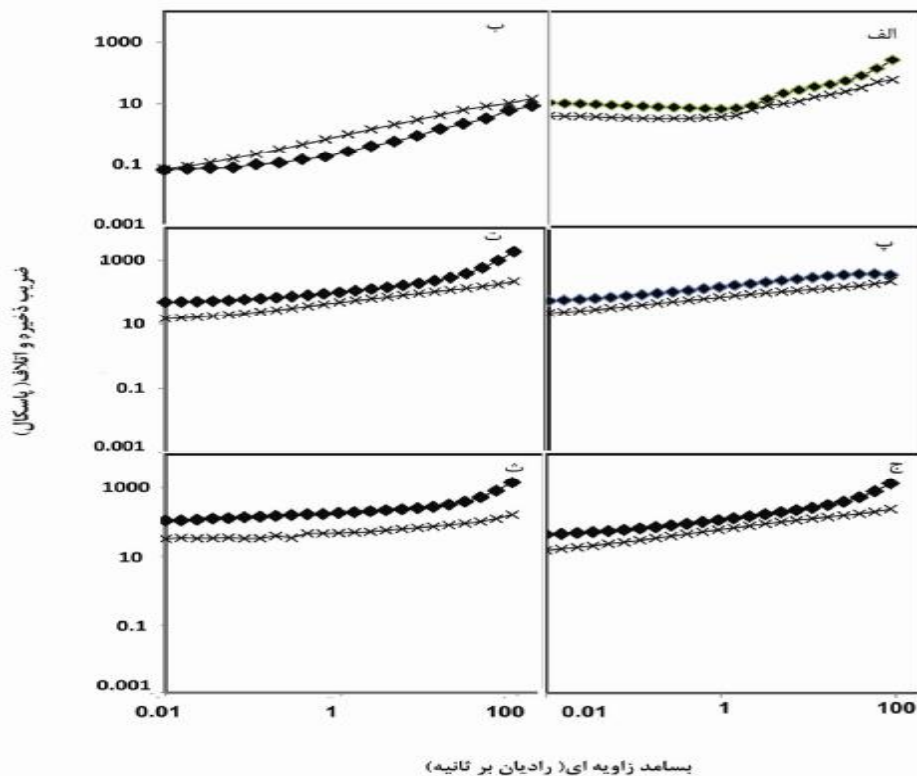
از نظر پذیرش کلی نیز نمونه‌های شماره‌ی ۴، ۵، ۸، ۱۰ و ۱۱ در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین نمونه‌های شماره‌ی ۱، ۲، ۳، ۶، ۷ و ۱۰ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (در سطح ۹۵٪). طبق این نظرسنجی مشخص شد که نمونه‌های ۶ و ۹ از نظر پذیرش کلی امتیاز بالاتری از نمونه شاهد داشتند و بالاترین امتیاز مربوط به نمونه‌ی شماره ۹ بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ماست‌های فوری تهیه شده از پودر ماستی که هیدروکلوئیدها قبل از فرایند خشک کردن اضافه شده بودند دارای ویژگی‌های حسی بهتری بوده و طبق اظهارات اعضای تیم چشایی ذرات شنی قابل احساس نبودند. احتمالاً علت این تفاوت‌ها علاوه بر تفاوت نوع و سازوکار اثر هیدروکلوئید (جاذب یا غیرجاذب) که در نوع جاذب حین

قرارگیری در محیط حاوی کلوئیدهای دارای بار الکتریکی نظیر کازئین، جذب سطح آنها شده و این کلوئیدها را در ساختار ژلی خود وارد می‌کنند درحالی که انواع غیرجاذب معمولاً اطراف ذرات کلوئیدی شبکه ایجاد می‌کنند [۱۵] به ظرفیت نگهداری آب، قابلیت آن‌ها در جلوگیری از دناتوره شدن و چسبیدن کازئین در حین خشک شدن، هیدراته شدن بهتر در ماست قبل و حین فرایند خشک شدن و ... اشاره کرد که تمامی این عوامل سبب شدند تا علاوه بر مطلوبیت بیشتر این نوع پودر، پودر حاصل از قابلیت آسیاب شدن بهتر و حل‌الیت بیشتری نیز برخوردار باشد.

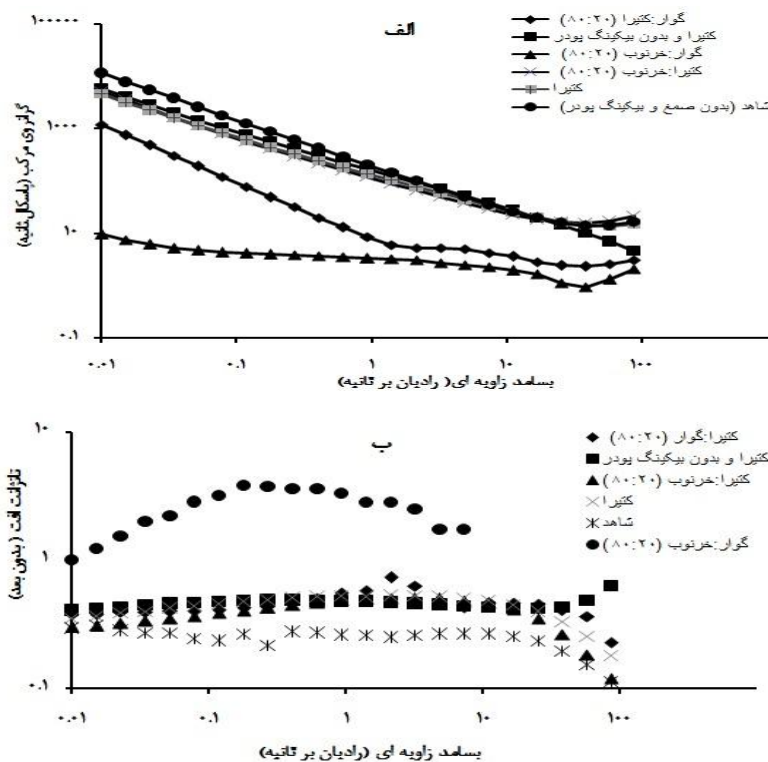
جدول ۱ تاثیر نوع، نسبت و مرحله افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف روی میانگین برخی ویژگی‌های حسی (حداکثر امتیاز برای هر صفت ۵) ماست فوری بازساخته

شماره نمونه	ترکیب نمونه	طعم	احساس دهانی	احساس غیر دهانی	یکتواختی	پذیرش کلی
۱	کتیرا: گوار (نسبت ۸۰:۲۰ و غلظت ۰/۰۶)	b ۲/۹۱	bc ۳/۰۰	ab ۲/۸۲	b ۳/۳۶	bcd ۲/۹۱
۲	گوار: خرنوب (نسبت ۸۰:۲۰ و غلظت ۰/۰۶)	b ۳/۳۶	bcd ۳/۳۶	abc ۳/۲۷	b ۳/۸۲	cde ۳/۱۸
۳	کتیرا (۰/۰۶) + نمونه بدون بیکینگ پودر	b ۳/۰۰	bcd ۳/۴۵	abc ۳/۳۶	b ۳/۴۵	cde ۳/۱۸
۴	کتیرا (۰/۰۶) پس از خشک کردن	a ۲/۰۰	a ۱/۹۱	ab ۲/۶۴	a ۲/۰۹	a ۱/۹۱
۵	کتیرا: خرنوب (نسبت ۸۰:۲۰ و غلظت ۰/۰۶)	a ۱/۹۱	a ۱/۸۲	a ۲/۳۶	a ۱/۹۱	a ۱/۸۲
۶	کتیرا: خرنوب (نسبت ۸۰:۲۰ و غلظت ۰/۰۶)	b ۳/۳۶	cd ۳/۹۱	bc ۳/۸۲	b ۳/۹۱	de ۳/۸۲
۷	شاهد	b ۳/۹۱	cd ۳/۸۲	abc ۳/۲۷	b ۳/۵۵	de ۳/۶۴
۸	کتیرا: گوار (نسبت ۸۰:۲۰ و غلظت ۰/۰۶)	a ۱/۹۱	a ۱/۸۲	ab ۲/۷۳	a ۲/۰۹	ab ۲/۰۹
۹	کتیرا (۰/۰۶) قبل از خشک کردن	b ۳/۹۱	cd ۴/۰۹	c ۴/۰۹	b ۴/۲۷	e ۴/۰۰
۱۰	گوار: خرنوب (نسبت ۸۰:۲۰ و غلظت ۰/۰۶)	a ۱/۷۳	a ۱/۶۴	ab ۲/۶۴	a ۲/۱۸	a ۱/۹۱
۱۱	کتیرا (۰/۰۶) + نمونه بدون بیکینگ پودر	b ۳/۰۰	ab ۲/۶۴	ab ۲/۶۴	a ۱/۹۱	abc ۲/۴۵

میانگین‌هایی که با حروف مختلف نشان داده شده‌اند در سطح ۹۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری دارند.



شکل ۳ تاثیر افزودن هیدروکلونیدها به میزان ۰/۰۶٪ قبل از خشک کردن روی نمودارهای ضرایب ذخیره (♦-) و افت (-x-) به صورت تابعی از بسامد زاویه‌ای نمونه ماست بازساخته در کرنش ۰/۱٪ و دمای ۷ درجه سانتیگراد (الف=کتیرا-گوار (۸۰:۲۰)، ب=گوار-خرنوب (۸۰:۲۰)، پ=کتیرا بدون بیکیینگ بودر، ت=کتیرا-خرنوب (۸۰:۲۰)، ث=ماست اولیه (شاهد)، ج=کتیرا)



شکل ۴ الف) گرانروی مرکب (ب) تانژانت افت، ماست‌های فوری توسط آزمون نوسانی در کرنش ۰/۱ و دمای ۷ درجه سانتیگراد (تمام نمونه‌ها حاوی ۰/۰۶٪ صمغ‌های متفاوت قبل از خشک کردن بودند و به جز نمونه شاهد و نمونه حاوی کتیرا، مابقی حاوی ۱/۵٪ بیکیینگ بودر بودند)

- [8] Drouzas, A. E. and Schubert, H. (1996). Microwave application in vacuum drying of fruits. *Journal of Food Engineering*, 28: 203–209.
- [9] Ghaderi, A., Abbasi, S., and Hamidi, Z. (2010). Yoghurt powder production using a microwave-vacuum drier. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6 (3): 210-222.
- [10] Anonymous, (2008). Available on the <http://WWW.egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/11870/1/unit-3%20EN.pdf>.
- [11] Foroughinia, S., Abbasi, S., and Hamidi, Z. (2007). Effect of individual and combined addition of salep, tragacanth and guar gums on the stabilization of Iranian Doogh. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 2 (2): 15–25.
- [12] Azarikia, F., and Abbasi, S. (2008). Optimization of the extraction of soybean soluble polysaccharides from okara. *Iranian Journal Nutrition Science and Food Technology*, 3 (1): 45–56.
- [13] Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17: 25-39.
- [14] Everett, D. W., and Mcleod, R. E. (2005). Interactions of polysaccharide stabilizers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*, 15: 1175-1183.
- [15] Syrbe, A., Bauer, W. J., and Klostermeyer, H. (1998). Polymer science concepts in dairy system- An overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*, 8: 179-193.
- [16] Abbasi, S., and Azari, S. (2009). Novel microwave-freeze drying of onion slices. *International Journal of Food Science & Technology*, 44: 974–979.
- [17] Kim, S. S., Shin, S. G., Chang, K. S., Kim, S. Y., Noh, B. S. and Bhowmik, S. R. (1997). Survival of lactic acid bacteria during microwave vacuum-drying of plain yoghurt. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 30: 573-577.
- [18] Bourne, M. (2007). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Translated by Abbasi, S., Tehran. Marze Danesh. pp: 384.
- [19] Barnes, H. A. (2008). *A Handbook of Elementary Rheology*. Translated by Abbasi, S., Tehran. Marze Danesh. pp: 211.

۴- نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های این بررسی، اولاً روش خشک کردن ترکیبی مایکروویو-خلأ، روشی مناسب، سریع و با ارزش جهت تهیه پودر مواد غذایی از جمله ماست می‌باشد که با افزایش توان مایکروویو و غلظت ماست می‌توان زمان خشک کردن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. از طرفی برای تهیه ماست بازساخته (ماست فوری) با بافت و ساختار و ویژگی‌های حسی مطلوب بهتر است افزودن هیدروکلوئیدهای مناسب به ماست تازه، قبل از خشک کردن با خشک‌کن اضافه شوند. در ضمن، با به‌کارگیری یافته‌های این بررسی، می‌توان پودر ماست فوری تولید نمود که از لحاظ ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی دارای کیفیتی مشابه با ماست تازه و حتی بهتر از آن باشد.

۵- منابع

- [1] Hayaloglu, A. A., Karabulut, I., Alpaslan M. and Kelbaliyev, G. (2007). Mathematical modeling of drying yoghurt in a convective type tray-dryer. *Journal of Food Engineering*, 78: 109–117.
- [2] Kumar, P. and Mishra, H. N. (2004). Yoghurt powder—A review of process technology, storage and utilization. *Food and Bioproducts Processing*, 82(C2): 133–142.
- [3] Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (2007). *Yoghurt Science and Technology*. 3ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, England.
- [4] Barbosa Canovas, G. V., Ortega Rivas, E., Juliano, P., and Yan, H. (2005). *Food Powders*. Plenum Publishers; New York, USA.
- [5] Venkatesh M S; Raghavan, G. S. V. (2004). An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials. *Biosystems Engineering*, 88: 1–18.
- [6] Schubert, H., and Regier, M. (2005). *The Microwave Processing of Foods*. 1st ed. Woodhead Publishing Limited. USA.
- [7] Li, Y., Xu, S.Y. and Sun, D.W. (2007) Preparation of garlic powder with high allicin content by using combined microwave-vacuum and vacuum drying as well as microencapsulation. *Journal of Food Engineering*, 83:76–83.

- yoghurt. *International Dairy Journal*, 13: 909-916.
- [23] Huang, X. (2000). Evaluation of hydrocolloid gums as stabilizers in oil/water emulsion: emulsion stability, interfacial activity and rheological properties. MSc thesis. The university of Guelph, Canada.
- [24] Pan, T. A., Xu, G. H., and Gao, F. Y. (1994). Manufacture of yoghurt powder, *Shipin-Kexue*, 3: 18-21.
- [20] Iran National Standard. (1999). General Method for Sensory Evaluation of Dairy Products, Number 4691.
- [21] Cui, Z. W., Xu, S. Y. and Sun, D. W. (2004). Microwave–vacuum drying kinetics of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, 65: 157–164.
- [22] Unal, B., Metin, S. and Isikli, N. D. (2003). Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set

Evaluation of some rheological and sensory properties of instant yoghurt

Esmailzadeh Nasiri, M. ¹, Abbasi, S. ^{2*}, Seyedein Ardebili, S. M. ³

1. MSc in Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Varamin, Iran
2. Associate professor, Food Colloids and Rheology Lab., Dept of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
3. Assistant professor, Dept of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran

(Received: 90/6/23 Accepted: 90/11/8)

Yoghurt is one of the fermented dairy products with high nutritional value and short shelf life where its shelf-life can be prolonged by drying. Therefore, in the present study, the fresh yoghurt with different amounts of dry matter (10, 20 and 28% w/w) was dehydrated by microwave–vacuum dryer at different levels of microwave powers (35, 135, and 260 W) and definite absolute pressure (125 ± 5 mbar). Then, the effects of type (gum tragacanth, guar gum, locust bean gum, Persian gum, and casein powder), quantity (0.25, 0.5, 0.75 and 1% w/w) in singular and combined forms (tragacanth:guar, Tragacanth:locust bean gum, and guar: locust bean gum), combination ratio (80:20, 50:50), and adding stage (pre/post drying) of hydrocolloids over sensory and rheological properties of instant yoghurt were evaluated. Results showed that higher microwave powers and dry matter percent led to the shorter and higher drying rate, respectively. Regarding rheological properties, the storage modulus was significantly higher than loss modulus ($G' > G''$) and elastic behavior was observed in majority of samples. However, sample with Guar:locust bean gums showed inverse features, also Complex viscosity and loss tangent of most samples (pre drying method) were similar to control, except one with guar: locust bean gum. Furthermore, the most accepted reconstituted yoghurt was one containing gum tragacanth, and baking powder followed by one with 0.6% tragacanth:locust bean gum (80:20, 0.6%) which were prepared with pre-drying method. Moreover, it was found that the adding stage of hydrocolloids had significant effect on the evaluated properties of instant yoghurt where pre-drying method was recognized as the most appropriate one.

Key word: Microwave-Vacuum, Instant yoghurt, Hydrocolloid, Rheology

* Corresponding Author E-Mail Address: sabbasifood@modares.ac.ir