

## تأثیر خشک کردن به روش مایکروویو - خلاء و استفاده از هیدروکلونیدها بر زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر و ویژگی‌های رنگ ماست فوری

مرجان اسمعیل زاده نصیری<sup>۱</sup>، سلیمان عباسی<sup>۲\*</sup>، سیدمهدی سیدین اردبیلی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا

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

\* نویسنده مسئول (sabbasifood@modares.ac.ir)

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

### چکیده

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۵

#### واژه‌های کلیدی

باکتری آغازگر

پودر ماست

خشک‌کن مایکروویو- خلاء

ماست فوری

هیدروکلونید

ماست از تخمیر لاکتیکی شیر توسط باکتری‌های آغازگر تولید می‌شود که عمر نگهداری آن کوتاه است ولی می‌توان با خشک کردن، مدت ماندگاری آن را افزایش داد. بنابراین، در این تحقیق تأثیر مقادیر مختلف ماده خشک (۱۰ و ۲۰ و ۲۸ درصد) توان مایکروویو (۳۵، ۱۳۵ و ۲۶۰ وات)، بیکینگ پودر، نوع و ترکیب هیدروکلونیدهای افزوده شده به ماست اولیه و گرمخانه‌گذاری ماست بازساخته (دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ ساعت) روی رنگ پودرهای حاصله و زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر ماست طی خشک کردن با خشک‌کن مایکروویو - خلا پرداخته شد. نتایج نشان داد که با افزایش توان مایکروویو و درصد ماده خشک ماست اولیه، رنگ پودر ماست تیره‌تر و تعداد باکتری‌های آغازگر باقی‌مانده کاهش یافت، به عبارت دیگر پودر ماست حاصل از خشک کردن ماست با مقدار ماده خشک ۱۰ درصد در توان ۳۵ وات از هر لحاظ بهتر ارزیابی شد. از طرفی افزودن بیکینگ پودر به ماست اولیه سبب افزایش باکتری‌های آغازگر در ماست اولیه، بهبود رنگ و حلالیت پودرهای تولیدی شد. همچنین، افزودن هیدروکلونیدها به ماست اولیه، تأثیر معنی‌داری بر زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر نداشت. از طرفی گرمخانه‌گذاری ماست بازساخته سبب کاهش باکتری‌های آغازگر به خصوص استرپتوکوکوس ترموفیلوس شد.

### مقدمه

سانتی‌گراد) یک روز و در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد حدود پنج روز می‌باشد لذا تاکنون بالا بودن هزینه‌های ایجاد زنجیره سرما (۲-۴ درجه سانتی‌گراد) یا عدم دسترسی به آن در برخی مناطق مانع تجاری شدن این محصول مفید شده است. به همین دلیل به نظر می‌رسد که با خشک کردن این محصول با ارزش می‌توان ضمن رفع این موانع با تهیه پودر ماست، امکان ذخیره کردن ماست به شکل پایدار و قابلیت

ماست به دلیل ترکیب شیمیایی خاص (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها، ویتامین‌ها) به عنوان یک ماده مهم در رژیم غذایی محسوب می‌شود (Tamime & Rabinson, 2007) که دمای نگهداری مطلوب برای این فراورده در سراسر زنجیره توزیع حدود ۲-۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در ضمن، چون ماندگاری ماست در شرایط محیط (۲۵-۳۰ درجه

لذا با توجه به مطالب گفته شده و نظر به نبود اطلاعات کافی در این زمینه، در بررسی حاضر تأثیر عوامل مختلف نظیر درصد ماده خشک ماست، توان میکروویو، نوع و غلظت هیدروکلوئیدهای افزوده شده به ماست قبل از خشک شدن روی برخی ویژگی‌های کیفی پودر ماست بدون چربی به روش میکروویو-خلاء مورد ارزیابی قرار گرفت. در ضمن میزان زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر طی خشک کردن ماست بدون چربی به روش میکروویو-خلاء اندازه گیری شد.

### مواد و روش‌ها

#### تهیه مواد اولیه

شیر پس چرخ از شرکت وارنا (ورامین، ایران) و ماست (چربی ۲/۵ درصد) از شرکت چوپان (سمنان، ایران) تهیه شد. محیط‌های کشت میکروبی (M17 Agar و MRS Agar) از شرکت مرک (Merck Chemical Co. Darmestaat, Germany)، پودر صمغ گوار از شرکت پارس گام (شیراز، ایران)، صمغ فارسی و کتیرا از عطاری‌های سنتی تهران، پودر صمغ لوبیای خرنوب<sup>۱</sup> از شرکت CP Kelco کشور دانمارک، بیکیکنگ 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 جمع‌آوری شده مورد استفاده قرار گرفتند.

#### روش‌ها

##### 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 (ماست تجاری) به شیر افزوده شد و در دمای مذکور به مدت ۴ ساعت نگهداری شد (قادری، ۱۳۸۸). پس از آماده شدن ماست، نمونه‌ها سریعاً به یخچال منتقل و به مدت یک روز در دمای ۴ درجه

استفاده سریع آن را فراهم آورد که برای این منظور از روش‌های مختلفی نظیر خشک‌کن انجمادی، پاششی می‌توان استفاده نمود (Kumar & Mishra, 2004).

نخستین کوشش‌ها در زمینه تولید پودر ماست با هدف تهیه سریع آن به وسیله مصرف‌کننده نشان داد که ماست بازسازی شده فاقد طعم، بافت، قوام و ظاهر مناسب و مشابه ماست معمولی است، همچنین مشخص شد که ماست باز ساخته شده از پودر ماست، فاقد میزان بالای باکتری‌های آغازگر ماست بوده است (Tamime & Rabinson, 2007)، حال آن‌که ماست معروف‌ترین فرآورده تخمیری شیر است که از تخمیر لاکتیکی شیر توسط باکتری‌های آغازگر (استریتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس) تولید می‌شود (Hayaloglu et al., 2007) و بخش قابل توجهی از ارزش تغذیه‌ای بالای آن به دلیل اثرات سودمند باکتری‌های آغازگر می‌باشد (Hamann & Marth, 1984).

از طرف دیگر و با توجه به اطلاعات موجود، روش‌های مختلفی برای خشک کردن مواد غذایی و تهیه پودر آن‌ها وجود دارند که هر کدام دارای مزایا و معایبی می‌باشند ولی در سال‌های اخیر در میان روش‌های موجود، روش خشک‌کن میکروویو به دلیل برخی مزایای آن بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار داشته است چرا که در میکروویو، حرارت‌دهی از طریق تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به انرژی حرارتی به وسیله برهم‌کنش مستقیم امواج با مولکول‌های ماده هدف صورت می‌گیرد (Venkatesh & Raghavan, 2004) در ضمن، میکروویو از نظر ایجاد حرارت به شکل انتخابی عمل می‌کند و در این مورد حرارت در واقع در آب تولید می‌شود که اساساً هدف خشک کردن نیز، تبخیر و جدا کردن آب می‌باشد (فاطمی، ۱۳۸۳). در ضمن، اخیراً روش خشک‌کردن با میکروویو-خلاء به عنوان یک روش بالقوه برای تهیه مواد غذایی خشک‌شده با کیفیت بالا معرفی شده است. زیرا این روش ترکیبی، فواید هر دو روش خشک‌شدن تحت خلاء و خشک‌شدن با میکروویو را در بر دارد و می‌تواند هم کارایی انرژی و هم کیفیت فرآورده را بهبود ببخشد (Li et al., 2007).

مایکروویو استفاده شد. لازم به ذکر است که میزان فشار مطلق داخل این محفظه با خلاسنج (P. V. R) مدل VTI NP ساخت کشور ایتالیا) اندازه‌گیری شد. برای خشک کردن ماست بدون چربی، ابتدا ماست (حاوی صفر و ۱/۵ درصد بیکینگ پودر) با میزان مواد جامد بدون چربی (۱۰، ۲۰ و ۲۸ درصد) با ضخامت ۲/۲ میلی‌متر روی ظرف شیشه‌ای تفلون شده (جهت جلوگیری از چسبیدن ماست خشک شده و جدا شدن آسان‌تر) منتقل شد (قادری، ۱۳۸۸) و با اعمال توان‌های مختلف (۳۵، ۱۳۵، ۲۶۰ وات) توسط مایکروویو نمونه‌ها خشک شدند. پس از گذشت دقایقی از خشک کردن (زمانی که قطرات آبی در جداره داخلی دسیکاتور وجود نداشت) هر ۳ دقیقه یکبار در حالی که سیستم همچنان تحت خلأ بود، مایکروویو به مدت ۳ دقیقه خاموش شد تا دمای محصول خیلی بالا نرود و خصوصیات پودرهای حاصله از لحاظ رنگ، انحلال پذیری و بقاء میکروارگانسیم‌های آغازگر ماست و ... حفظ شود (Kim et al., 1997). لازم به ذکر است در دستگاه مایکروویو- خلأ موجود، اندازه‌گیری دما به صورت برخط انجام نشد ولی در مراحل اولیه بعد از هر ۳ دقیقه اعمال امواج الکترومغناطیسی دمای ماست تیمار شده اندازه‌گیری شد. برای تشخیص زمان اتمام فرایند خشک شدن، میزان رطوبت طبق قانون موازنه جرم محاسبه شد به طوری که بعد از رسیدن رطوبت آن‌ها به حد مناسب (۶-۶/۵ درصد)، نمونه‌های خشک شده از محفظه خارج و با کاردک از کف شیشه تفلون جدا شدند. سپس پرک‌های خشک شده آسیاب و 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 (قادری، ۱۳۸۸).

**روش شمارش باکتری‌های آغازگر ماست و ماست بازساخته**

هدف از انجام این آزمون تشخیص میزان اثر فرایند خشک کردن به روش مایکروویو- خلأ روی

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 و برخی املاح و ویتامین‌ها به حدود مورد نظر برسد. قبل از خشک کردن به برخی از نمونه‌ها به میزان ۱/۵ درصد بیکینگ پودر (جهت افزایش خلل و فرج و حلالیت پودرها) اضافه شد و با همزن برقی (SANYO، ساخت کشور ژاپن) به مدت ۱ دقیقه به خوبی با ماست مخلوط و سپس جهت خشک کردن با مایکروویو- خلأ به دستگاه منتقل شد.

#### روش افزودن مواد قوام دهنده

برای تهیه ماست فوری با بافت مناسب، هیدروکلوئیدها به ماست تازه (قبل از خشک کردن ماست) اضافه شدند. به این صورت که به ماست حاوی ۱/۵ درصد بیکینگ پودر، هیدروکلوئیدهای مختلف نظیر صمغ فارسی، کتیرا، گوار و خرنوب به تنهایی یا به صورت ترکیب کتیرا:گوار، کتیرا:خرنوب و گوار:خرنوب (به ترتیب به نسبت ۲۰ : ۸۰) همگی به میزان ۰/۶ درصد وزنی/وزنی نسبت به وزن ماست به تدریج به ماست اضافه و به خوبی مخلوط شدند. پس از ۳۰ دقیقه، نمونه‌های مورد نظر جهت خشک کردن به دستگاه مایکروویو- خلأ منتقل شدند.

#### روش خشک کردن با دستگاه مایکروویو- خلأ

دستگاه مایکروویو- خلأ مورد استفاده در این پژوهش در آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تربیت مدرس طراحی و ساخته شد (قادری، ۱۳۸۸؛ Abbasi & Azari, 2009). 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 تأمین فشار مطلق  $5 \pm 125$  میلی‌بار از پمپ خلأ (Kavake airvac مدل jp-120 h ساخت کشور تایوان) استفاده شد. در ضمن، از یک دسیکاتور آزمایشگاهی به عنوان محفظه خلأ در داخل اتاقک

فرمول (۱)

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

در فرمول بالا حروف با اندیس صفر مربوط به شاخص های رنگ کاشی سفید بود یعنی کاشی سفید به عنوان مرجع استفاده شد همچنین فرمول (۲)

$$BI = [100(X - 0.31)] / 0.172$$

که در آن X از این طریق محاسبه می شود:

فرمول (۳)

$$X = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012b^*)$$

شاخص قهوه‌ای شدن، خلوص رنگ قهوه‌ای را نشان می‌دهد و به عنوان یک پارامتر مهم در ارتباط با قهوه‌ای شدن مد نظر می‌باشد. (Abbasi & Azari, 2009)

#### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS 16 از طریق طرح کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد انجام گرفت. رسم منحنی‌ها هم با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### تأثیر تیمارهای اعمال شده روی ویژگی‌های رنگ پودر ماست

برای بررسی تأثیر عوامل و تیمارهای اعمال شده در فرایند خشک کردن ماست و تهیه پودر فوری ماست، پودرهای تهیه شده از لحاظ ظاهری و در برخی موارد از نظر دو شاخص تغییرات کلی رنگ و قهوه‌ای شدن توسط دستگاه رنگ‌سنج مورد بررسی قرار گرفتند. اصولاً هرچه عدد بدست آمده برای شاخص تغییرات کلی رنگ پایین‌تر باشد یعنی تغییرات رنگ آن نسبت به کاشی سفید کمتر بوده و پودر تهیه شده دارای رنگ سفیدتر و مطلوبیت بهتری است. شاخص بعدی و به عبارتی مهمترین شاخص

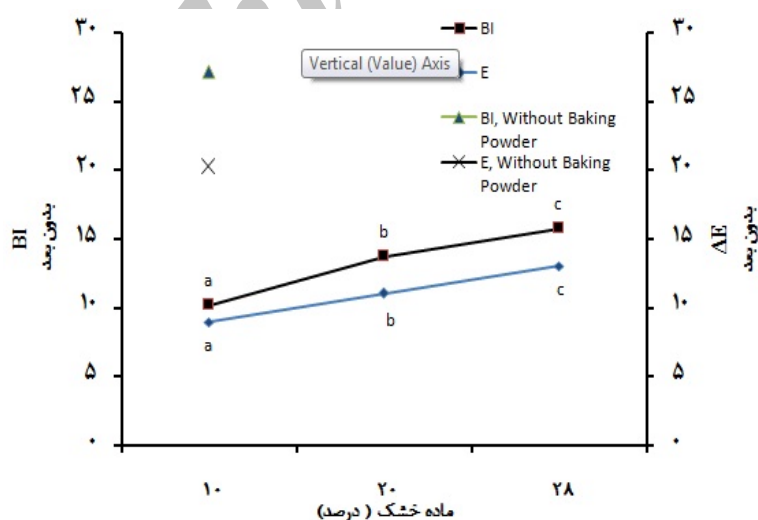
باکتری‌های آغازگر ماست بوده است. همچنین می‌توان به اثر افزودن بیکیکنگ پودر و صمغ‌های مختلف به ماست (قبل از خشک کردن) و تغلیظ ماست روی میزان بقاء باکتری‌های آغازگر ماست در طی خشک کردن پی برد. برای شمارش باکتری‌های آغازگر در نمونه‌ها از محیط‌های کشت MRS آگار و M17 آگار و کشت به روش پورپلیت در شرایط بی‌هوازی، در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ و ۴۸ ساعت به ترتیب برای شمارش لاکتوباسیلوس بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس استفاده شد (Kim et al., 1997). همچنین، جهت نمونه برداری از پودر ماست، به ازاء ۰/۲۵ گرم پودر، ۲/۲۵ گرم آب اضافه شد (نسبت ۹:۱ آب: ماده خشک در ماست معمولی). علت افزودن این میزان آب این است که بتوان مقایسه درستی بین میزان آغازگرها در ماست و ماست بازساخته ایجاد نمود، چون از هر ۲۵ گرم ماست با درصد ماده خشک ۱۰ درصد، تقریباً ۲/۵ گرم پودر حاصل می‌شود. در نتیجه باید با ۰/۲۵ گرم پودر مقدار ماست ۲/۵ گرم ماست داشته باشیم. همچنین در یک سری از آزمایش‌ها ماست بازساخته پس از ۷ ساعت گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد از نظر تعداد باکتری‌های آغازگر مورد ارزیابی قرار گرفت.

##### اندازه‌گیری رنگ پودرهای ماست

مقایسه رنگ پودرهای تولید شده با استفاده از دستگاه رنگ سنج (Hunter Lab Colorflex, Reston, VA, USA) کالیبره شده با کاشی سفید استاندارد (۹۲/۲۳ =  $L^*$ ،  $a^* = -1/۲۹$  و  $b^* = ۱/۱۹$ ) اندازه‌گیری شد. برای هر بار اندازه‌گیری رنگ، حدود ۵ گرم پودر داخل پلیت مخصوص قرار داده شد و پارامترهای  $a^*$  (شاخص قرمزی به سبزی)،  $b^*$  (شاخص زرد به آبی) و  $L^*$  (شاخص سفیدی به سیاهی) اندازه‌گیری شدند، سپس با قرار دادن این شاخص‌ها در فرمول‌های ۱ و ۲ شاخص‌های قهوه‌ای شدن (BI) و تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) نیز محاسبه شدند.

۲۸ درصد ماده خشک و بیکیکنگ پودر بودند (همان‌گونه که در قبل توضیح داده شد برای ارزیابی تأثیر حضور بیکیکنگ پودر روی افزایش خلل و فرج و حلالیت پودرها به ماست‌های با درصدهای متفاوت ماده خشک مقدار ۱/۵ درصد بیکیکنگ پودر اضافه شد). در ضمن، یک نمونه پودر نیز در توان ۱۰ درصد و با میزان ماده خشک ماست ۱۰ درصد و بدون بیکیکنگ پودر تولید شد که توسط رنگ سنجی بهبود کیفیت رنگ پودرهای حاصل از نمونه‌های حاوی بیکیکنگ پودر به اثبات رسید. طبق آزمایشات رنگ‌سنجی و محاسبه‌ی اندیس قهوه‌ای شدن و تغییرات کلی رنگ، همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، افزایش غلظت ماست تأثیر منفی روی رنگ پودر تولیدی داشت و تفاوت‌ها در هر دو اندیس مورد نظر کاملاً معنی‌دار بودند (سطح ۹۵ درصد). همچنین با رنگ‌سنجی و محاسبه‌ی اندیس‌های مربوطه در مورد نمونه بدون بیکیکنگ پودر با نمونه حاوی بیکیکنگ پودر، مشخص شد که نمونه حاوی بیکیکنگ پودر دارای رنگ روشن‌تری بوده و تفاوت رنگی کمتری با شاخص‌های رنگی کاشی سفید داشت و تفاوت بین دو نمونه در سطح ۹۵ درصد کاملاً معنی‌دار بود.

اندازه‌گیری شده، شاخص قهوه‌ای شدن بود. این شاخص خلوص رنگ قهوه‌ای را نشان می‌دهد و به عنوان یک شاخص مهم در فرآیندهایی که قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی رخ می‌دهد گزارش می‌گردد (Palou et al., 1999) مقدار بالای این شاخص نامطلوب بوده بالاتر بودن این شاخص نشان‌گر تیره‌تر بودن رنگ پودر تولیدی است. با توجه به آزمایشات انجام شده و مشاهدات، مشخص شد که پودرهای تهیه شده در توان‌های بالاتر دستگاه مایکروویو-خلأ، دارای رنگ تیره‌تری بودند به طوری که پودرهای حاصل از توان‌های بالاتر از ۲۶۰ وات دستگاه، کاملاً سوخته و از مراحل بعدی آزمایشات حذف گردیدند. این نتیجه با یافته‌های قبلی در این زمینه هم‌خوانی داشت (قادری، ۱۳۸۸). همچنین مشخص گردید که در توان‌های ثابت، با افزایش ماده خشک ماست، رنگ پودرهای تولید شده افزایش یافت. جهت وضوح بیشتر این موضوع از دستگاه رنگ‌سنج استفاده شد و پس از محاسبه‌ی اندیس قهوه‌ای شدن و تغییرات کلی رنگ، صحت آن تأیید شد. نمونه‌های مورد بررسی در آزمون رنگ‌سنجی، پودرهای حاصل از توان ۱۰ درصد (۳۵ وات) با ماست حاوی ۱۰، ۲۰ و



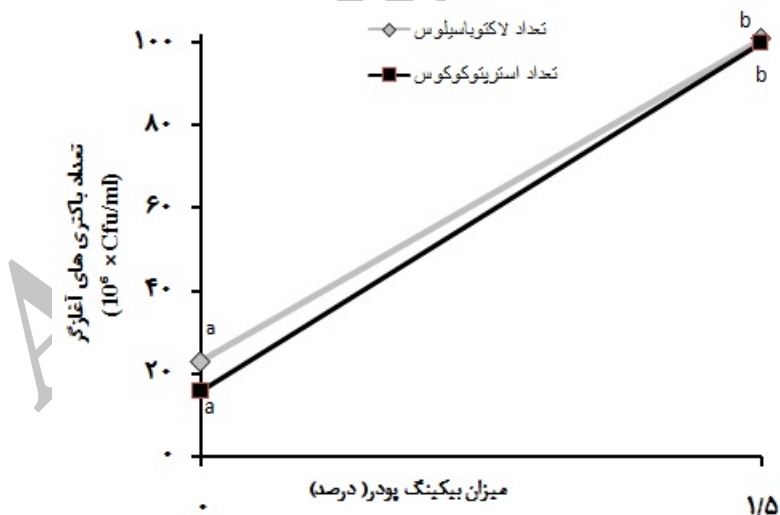
شکل ۱- اثر درصد ماده خشک ماست، حضور (۱/۵ درصد) و عدم حضور بیکیکنگ پودر روی شاخص قهوه‌ای شدن (BI) و تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) پودر ماست تهیه شده با خشک کن مایکروویو-خلأ (توان ثابت ۳۵ وات، فشار مطلق ۱۲۵ میلی بار)، حروف کوچک متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵٪ می‌باشند.

### تأثیر تیمارهای اعمال شده روی زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر ماست

قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های تولید کننده‌ی اسید لاکتیک (آغازگرهای ماست) در پودر ماست یک فاکتور مهم کیفیتی و یک اندیس مناسب جهت ارزیابی میزان آسیب در طی فرایند خشک کردن می‌باشد (Kim et al., 1997).

نتایج بررسی حاضر نشان داد که وجود بیکیینگ پودر در ماست موجب افزایش هر دو باکتری آغازگر ماست شد. شاید بتوان دلیل آن را علاوه بر اثر شیمیایی به وجود ماده‌ی پرکننده در بیکیینگ پودر که اغلب نشاسته یا آرد ذرت، برنج و یا گندم می‌باشد مربوط دانست (پایان، ۱۳۸۳) زیرا این باکتری‌ها برای رشد مطلقاً نیازمند کربوهیدرات هستند و بیشتر در محیط‌های غنی از کربوهیدرات رشد و تکثیر می‌کنند (مرتضوی و ضیاء الحق، ۱۳۸۸). در شکل ۲ تأثیر این ماده روی باکتری‌های آغازگر ماست نشان داده شده است.

علت قهوه‌ای شدن پودرهای حاصل از روش مایکروویو- خلاء احتمالاً وقوع واکنش میلارد می‌باشد. در ضمن، در توان‌های بالاتر افزایش دما موجب تسریع این واکنش شد. اصولاً گزارش شده که میزان قهوه‌ای شدن به ازاء افزایش هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد دما، ۲ الی ۳ مرتبه افزایش می‌یابد (فاطمی، ۱۳۸۳). افزایش واکنش‌های میلارد در اثر افزایش درصد ماده خشک نیز احتمالاً به علت افزایش قند و پروتئین در واحد سطح و نزدیکی و در دسترس بودن همزمان این مواد می‌باشد، ولی با توجه به یافته‌های این بررسی، اثر توان بیشتر از اثر درصد ماده خشک بود. در خصوص تأثیر مثبت بیکیینگ پودر روی رنگ پودرهای حاصله هم می‌توان گفت که احتمالاً این ماده با ایجاد خلل و فرج زیاد در سطح نمونه علاوه بر ایجاد فضای خالی به دلیل واکنش احتمالی مواد مؤثره موجود در ترکیب بیکیینگ پودر با عوامل مشارکت کننده در واکنش‌های میلارد (یعنی بنیان‌های آمینی و کربوکسیلی) مانع انجام واکنش میلارد می‌شود. البته این توجیه‌ها فقط در حد احتمال بوده و بیان نظر قطعی، نیازمند آزمون‌های تکمیلی می‌باشد.



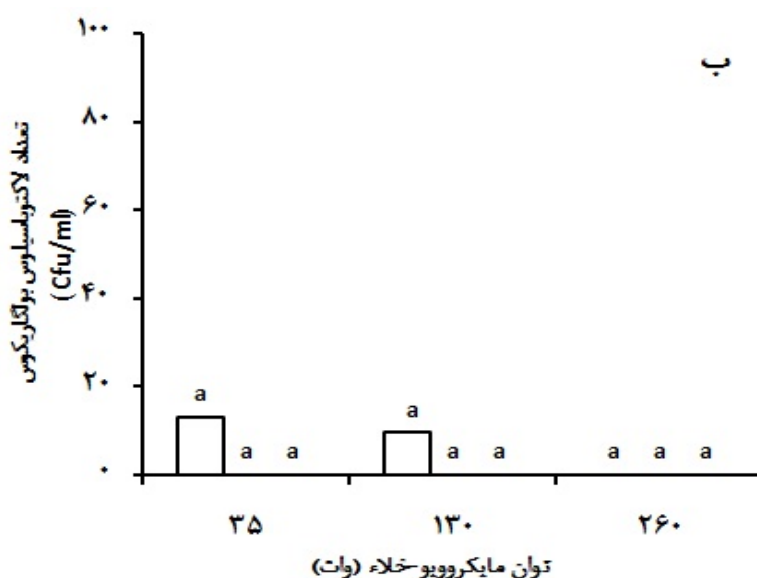
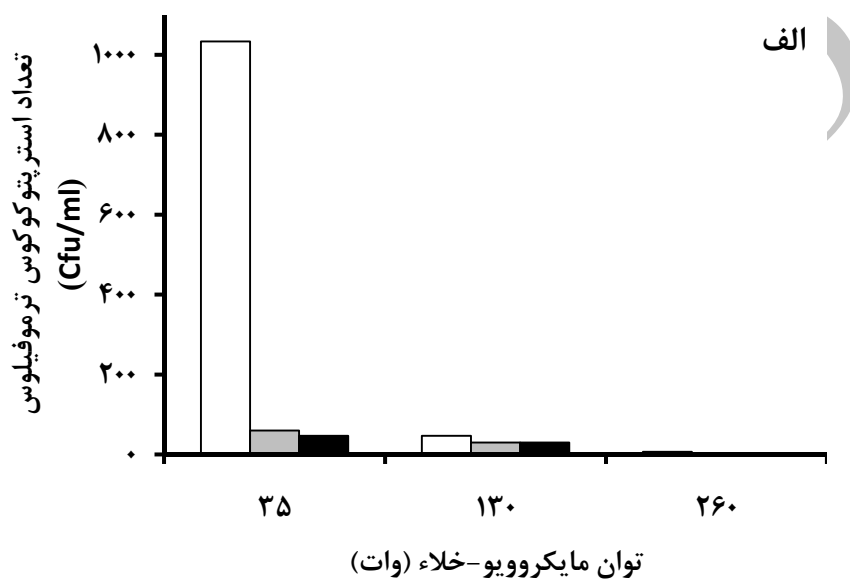
شکل ۲- تأثیر حضور و عدم حضور بیکیینگ پودر در ماست اولیه روی میزان زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر ماست، حروف کوچک متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰.۰۵٪ می‌باشند.

ماست، میزان باکتری‌های آغازگر ماست کاهش چشمگیری داشت. احتمالاً دلیل این رفتار را این گونه می‌توان توجیه کرد که چون با افزایش ماده خشک و

در خصوص اثرات فرایند روی باکتری‌ها (شکل ۳) نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش توان دستگاه خشک کن مایکروویو- خلاء و میزان ماده‌ی خشک

بولگاریکوس خیلی بیشتر از استرپتوکوکوس بود ترموفیلوس می‌باشد که این نتیجه مطابق با یافته‌های دیگر محققین می‌باشد (Kumar & Mishra, 2004) لازم به ذکر است که در رابطه با بقا یا زنده‌مانی استرپتوکوکوس ترموفیلوس اثر درصد ماده خشک، توان و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار بود (در سطح ۹۵ درصد). ولی در خصوص لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، اثر درصد ماده خشک، توان و اثر متقابل توان و درصد ماده خشک معنی‌دار نبود (در سطح ۹۵ درصد).

تجمع کازئین، خروج آب از بافت ماست به جهت تمایل آن به ماندن در ساختار ماست بیشتر می‌شود لذا خروج آن سخت‌تر صورت گرفته در نتیجه دمای نمونه‌ها افزایش می‌یابد و همین امر موجب آسیب بیشتر به باکتری‌های آغازگر می‌شود. همچنین، با آگیری از ماست در واقع چون مقداری از مواد مغذی (املاح و ویتامین‌ها) نیز خارج می‌شوند در نتیجه همین امر نیز تا حدودی ممکن است موجبات آسیب به این باکتری‌ها را فراهم‌تر کند. در ضمن، میزان کاهش لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه‌ی



شکل ۳- تأثیر توان‌های مختلف میکروویو و درصدهای متفاوت ماده خشک ماست (ماده خشک ۱۰٪ □، ماده خشک ۲۰٪ ■ و ماده خشک ۲۸٪ ■) روی میزان زنده‌مانی الف) استرپتوکوکوس ترموفیلوس و ب) لاکتوباسیلوس بولگاریکوس در پودر ماست

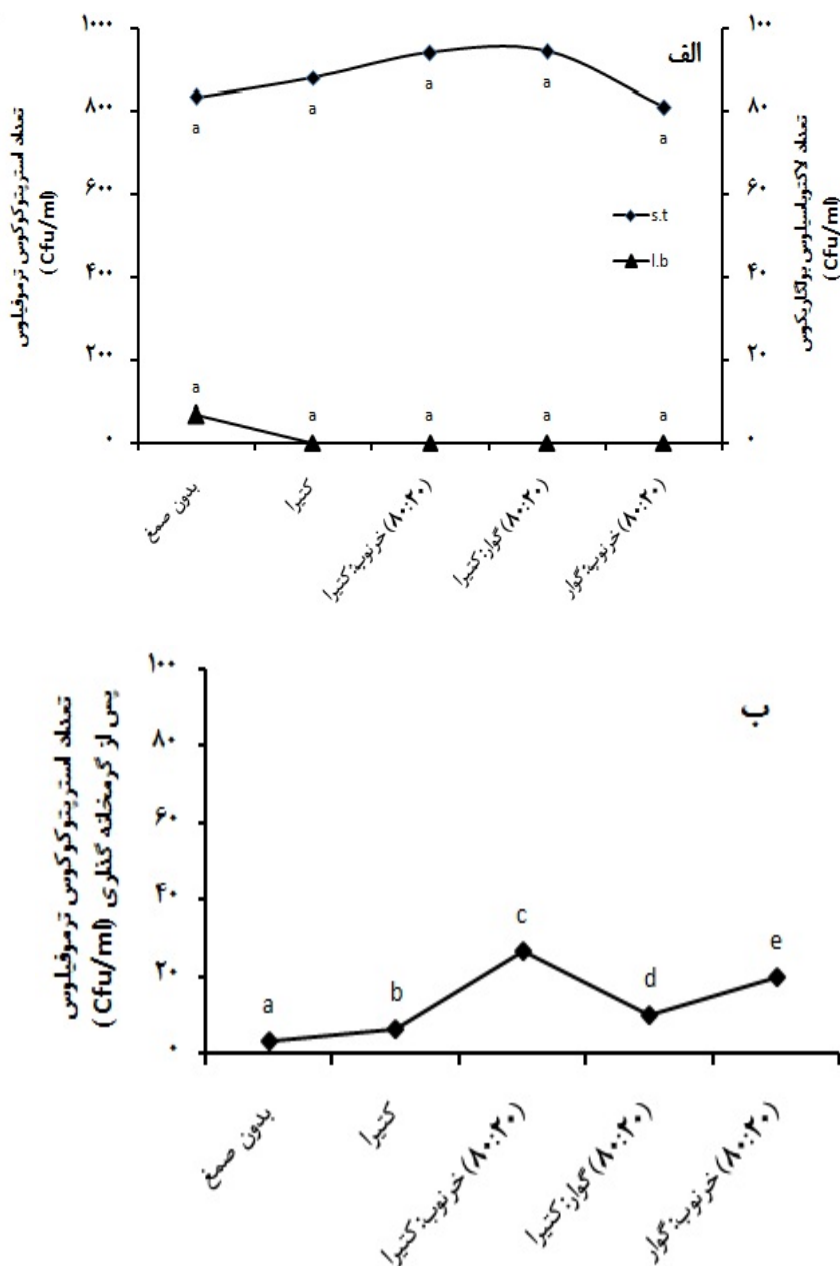
این طراحی می‌توان مشکل کنترل دما و شرایط فرایند را حل کرد.

در رابطه با تأثیر نوع و نسبت هیدروکلئیدهای مورد استفاده روی زنده‌مانی باکتری‌های آغازگر در پودر ماست، مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۴ (الف) بین نمونه‌های دارای صمغ و فاقد صمغ از نظر تعداد باکتری‌های آغازگر، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، همانطور که در شکل ۴ (ب) ملاحظه می‌شود پس از گرمخانه‌گذاری ماست بازساخته در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ ساعت، تعداد *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* به شدت کاهش یافت.

احتمالاً دلیل کاهش تعداد *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* پس از گرمخانه‌گذاری را چنین بتوان توجیه کرد که گرچه در اثر قرار دادن نمونه‌ها در شرایط بهینه‌ی رشد این باکتری‌ها، شرایط رشد آنها فراهم شده ولی احتمالاً در اثر اتمام مواد مغذی تعداد آنها کاهش یافته است (این باکتری‌ها از لحاظ احتیاجات غذایی فوق‌العاده پر توقع هستند) از طرفی متابولیت‌های این دو باکتری نیز می‌توانند برای خودشان مضر و کشنده باشد بدین گونه که *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* با تولید اسید و کاهش pH شرایط را برای رشد *لاکتوباسیلوس* مهیا می‌کند و *لاکتوباسیلوس* نیز با متابولیت‌های خود شرایط را برای رشد *استرپتوکوکوس* مهیا می‌کند، معمولاً در ماست بازساخته، مقدار *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* تقریباً بسیار کم و قابل اغماض است و در واقع چرخه آنها متوقف شده، در نتیجه اسید حاصل از فعالیت *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* برای خود این باکتری سبب ممانعت از رشد می‌شود و در پایان تعداد آنها کاهش می‌یابد (مرتضوی و ضیاء الحق، ۱۳۸۸).

با توجه به مطالب فوق، توان دستگاه میکروویو-خلاء روی بقاء باکتری‌های آغازگر نقش مهمی داشت زیرا با افزایش توان دستگاه، دما نیز افزایش یافت و افزایش دما یک عامل بازدارنده برای بقاء تلقی می‌شود که نتیجه‌ی بدست آمده از این بررسی با نتایج گزارش شده هم‌خوانی داشت (Kim et al., 1997). در همین ارتباط، Kim و همکاران اثر فعالیت آبی ( $a_w$ ) و دما را روی میزان زمان مرگ حرارتی<sup>۱</sup> بررسی کردند و نشان دادند که اثر دما خیلی بیشتر از اثر فعالیت آبی بود. به گونه‌ای که در دمای ۴۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد در هر دو باکتری، زمان مرگ حرارتی به طور خطی و با شیبی منفی کاهش یافت. در صورتی که در دمای ۶۵-۵۵ درجه سانتی‌گراد، این اندیس به طور نمایی کاهش یافت. حال آنکه با افزایش فعالیت آبی زمان مرگ حرارتی به‌طور خطی کاهش یافت. در نتیجه، شاید بتوان گفت که بقاء باکتری‌های آغازگر در روش خشک کردن با خشک کن میکروویو-خلاء فوق‌العاده به دما وابسته است، به خصوص در دماهای کمتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین مقدار زنده‌مانی این باکتری‌ها مشاهده شد (Kim et al., 1997). فقط میزان کاهش باکتری‌های آغازگر در این تحقیق بیشتر بود که احتمالاً به علت عدم امکان کنترل دقیق دما می‌باشد. در واقع تنظیم اصلی دما با توان‌های مختلف دستگاه بود و جهت کنترل بیشتر دما و جلوگیری از افزایش بیش از حد دما، هر ۳ دقیقه دستگاه به مدت ۳ دقیقه خاموش شد تا دما بالا نرود. البته به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین راه حل برای چنین سامانه‌ای، طراحی سامانه کنترل خودکار برای روشن و خاموش شدن میکروویو براساس دما می‌باشد که این مسئله، لزوماً مورد بحث این مقاله نبوده ولی با انجام





شکل ۴- تأثیر صمغ‌های مختلف (۶٪ وزنی/وزنی) روی میزان زنده‌مانی آغازگرهای ماست در طی خشک کردن با روش مایکروویو- خلاء (توان ۳۵ وات ، ماده خشک ۱۰٪) (الف) تعداد استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس در ماست بازساخته (ب) تعداد استرپتوکوکوس ترموفیلوس پس از ۷ ساعت گرمخانه گذاری ماست بازساخته در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، حروف مشترک در نمودار بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵٪ می‌باشد.

#### نتیجه‌گیری

می‌توان با استفاده از توان پایین دستگاه مایکروویو- خلاء پودرهای ماستی با ویژگی‌های مطلوب به لحاظ رنگ تولید نمود. از نظر بقاء باکتری‌های آغازگر نیز

روش خشک کردن با خشک‌کن مایکروویو- خلاء روشی مناسب جهت خشک کردن ماست می‌باشد و

نداشت. گرمخانه‌گذاری ماست بازساخته نیز اثر منفی در بقاء باکتری‌های آغازگر داشت. در مجموع خشک کردن ماست با مقدار ماده خشک ۱۰ درصد در توان ۳۵ وات دستگاه مایکروویو- خلاء، بیشترین میزان بقاء باکتری‌های آغازگر را داشته و از نظر رنگ پودر، بهترین و روشن‌ترین رنگ را ایجاد نمود.

تعداد /ستریپتوکوکوس ترموفیلوس در شرایط مطلوب (توان ۳۵ وات و میزان ماده خشک ماست ۱۰ درصد) در حد تقریباً مناسبی ( $1/0.3 \times 10^3$ ) حفظ شد ولی تعداد لاکتوباسیلوس بولگاریکوس به میزان زیادی کاهش یافت. در ضمن، افزودن صمغ به ماست قبل از خشک کردن، روی بقاء این باکتری‌ها اثر معنی‌داری

## منابع

- ۱- پایان، ر. ۱۳۸۳. تکنولوژی فرآورده‌های غلات. انتشارات نورپردازان، صفحات ۷۸-۷۷.
- ۲- فاطمی، ح. ۱۳۸۳. شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار، صفحات ۹۷-۹۱.
- ۳- قادری، ع.، عباسی، س.، و حمیدی، ز. ۱۳۸۹. امکان تولید پودر ماست با استفاده از خشک کن مایکروویو- خلاء. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران ۶(۳): ۲۲۲-۲۱۰.
- ۴- مرتضوی، س. ع و ضیاء الحق، س. ح. ۱۳۸۸. میکروبیولوژی غذایی مدرن. جلد اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۲۵۹-۲۵۳.
- 5- Abbasi, S. & Azari, S. 2009. Novel microwave-freeze drying of onion slices. *International Journal of Food Science & Technology*, 44: 974-979.
- 6- Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17: 25-39.
- 7- Hayaloglu, A. A., Karabulut, I., Alpaslan M. & Kelbaliyev, G. 2007. Mathematical modeling of drying characteristics of strained yoghurt in a convective type tray-dryer. *Journal of Food Engineering*, 78:109-117.
- 8- Hamann, W.T. & Marth, E. H. 1984. Survival of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* in commercial and experimental yogurts. *Journal of Food Protection*, 47:781-786.
- 9- Kim, S. S., Shin, S. G., Chang, K. S., Kim, S. Y., Noh, B. S. & Bhowmik, S. R. 1997. Survival of lactic acid bacteria during microwave-vacuum drying of plain yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 30: 573-577.
- 10- Krulis, M., Kuhnert, S. Leiker M. & Rohm, H. 2005. Influence of energy input and initial moisture on physical properties of microwave-vacuum dried strawberries. *European Food Research and Technology*, 221: 803-808.
- 11- Kumar, P. & Mishra, H. N. 2004. Yoghurt powder—a review of process technology, storage and utilization. *Food and Bioproducts Processing*, 82 (C2): 133-142.
- 12- Li, Y., Xu, S.Y. & 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.
- 13- Palou, E., Lopez-Malo, A., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J. & Swanson, B. G. 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64: 42-45.

- 14- Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. 2007. Yoghurt science and technology. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, England.
- 15- 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.

Archive of SID

## Influence of microwave –vacuum drying and hydrocolloids on the survival of starter bacteria and color indices of instant yoghurt

M. Esmailzadeh Nasiri<sup>1</sup>, S. Abbasi<sup>2\*</sup>, S. M. Seyedein Ardebili<sup>3</sup>

1- MSc. student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Varamin– Pishva Branch

2- Associate professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University

\*Corresponding author (sabbasifood@modares.ac.ir)

3- Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran

### Abstract:

Yoghurt is a fermented product (using lactic acid bacteria as the starter) with a short shelf-life which its shelf-life can be prolonged by drying. Therefore, in this study, the effects of various parameters such as dry matter content (10, 20 and 28 %), microwave power (35, 135 and 260 W), type and combination of hydrocolloids added to initial yoghurt, as well as incubation of reconstituted yoghurt (37° C for 7 hours) on the color indices and the survival of starter bacteria in instant yoghurt were evaluated. The results showed that the higher microwave power and dry matter content of initial yoghurt the more contrary effects on the color of yoghurt powder and the number of starter bacteria. Based on our findings, the most appropriate dry matter content and microwave power were 10% and 35W, respectively. Moreover, the presence of hydrocolloids did not show any significant effect on the survival of starter bacteria. On the other hand, incubation of reconstituted yoghurt led to a significant reduction on the survival of yoghurt starter bacteria especially *Streptococcus thermophilous*.

**Keywords:** Hydrocolloid; Instant yoghurt; Microwave–vacuum dryer; Starter bacteria; Yoghurt powder