

تأثیر میزان اسیدیته، چربی و ماده خشک بدون چربی شیر بر مقاومت لیستریا مونوسیتوزنز 4b در برابر امواج مایکروویو

دکتر رویا فیروزی^{۱*}، دکتر سید شهرام شکر فروش^۲، دکتر بهار نیری^۳

دریافت مقاله: ۱۲ اسفندماه ۱۳۸۲
پذیرش نهایی: ۴ آذرماه ۱۳۸۳

Effects of acidity, fat and solid non fat content of milk on destruction of *Listeria monocytogenes* biotype 4b by microwave radiation

Firouzi, R.¹, Shekarforoush, S.S.², Nayeri, B.³

¹Department of Pathobiology, School of Veterinary Medicine, University of Shiraz, Shiraz, Iran. ²Department of Food Hygiene, School of Veterinary Medicine, University of Shiraz, Shiraz, Iran. ³Graduated from the School of Veterinary Medicine, University of Shiraz, Shiraz-Iran.

Objective: The efficacy of microwave radiation in destruction of *Listeria monocytogenes* Shiraz bio-Iran.type 4b in milk with various concentrations of solid non fat (SNF), fat and acidity were studied.

Design: Experimental study.

Procedure: Bacterial suspensions (about 1.5×10^7 CFU ml⁻¹) in milk containing various concentrations of SNF (7.5 and 8.5 percent), fat (2.5, 3.0 and 3.5 percent) and acidity (1.6, 1.7 and 1.8 g L⁻¹ lactic acid) were prepared in volumes of 50 ml. Then the samples were exposed to microwave radiation in triplicate for 0, 10, 20, 23, 26, 29, 32, 35 and 40 seconds and the viable cell count was performed with standard plate count method.

Statistical analysis: Repeated Measures ANOVA and Duncan's tests were employed to determine the differences in the rates of bacterial destruction in the milk samples after irradiating.

Results: Under different durations of radiation, a useful effect of bacterial killing by microwave irradiation was observed. Reduction in viable cell count was significantly faster when the SNF and/or fat concentration of milk increased. The speed of decline in cell populations was significantly slower when the acidity increased.

Conclusion: Contrary to the conventional heating process, the present study showed that the destructive effect of microwave heating increased by increasing the SNF and fat concentration of milk. Although, pH of some foods and culture media within the range of 5.5-7.0 had no significant effect on destruction properties of microwave, milk acidity affected it significantly. It seems that increased acidity causes increased ionic content of milk, which in turn results in lower penetration of microwave into milk.

J.Fac.Vet.Med. Univ. Tehran. 60,2: 149-153,2005

Keywords: Microwave, *Listeria monocytogenes*, Acidity, Milk fat.

Corresponding author's email: firouzi@shirazu.ac.ir

هدف: تاکنون نقش میزان ترکیبات اصلی شیر بر مقاومت لیستریا مونوسیتوزنز در برابر امواج مایکروویو مشخص نشده است. با توجه به استفاده روزافزون از اجاقهای مایکروویو خانگی برای سالم سازی شیر، در تحقیق حاضر اثر مقادیر مختلف اسیدیته، چربی و ماده خشک بدون چربی شیر بر بقای بیوتیپ 4b این باکتری در برابر امواج مایکروویو بررسی شده است.

طرح: مطالعه تجربی.

روش: در این تحقیق حدود $10^7 \times 1/5$ واحد تشکیل دهنده کلنی در میلی لیتر باکتری به نمونه های شیر حاوی مقادیر مختلف ماده خشک بدون چربی (۷/۵ و ۸/۵ درصد)، چربی (۲/۵، ۳/۵ و ۴/۵ درصد) و اسیدیته (۱/۶، ۱/۷ و ۱/۸ گرم در لیتر) اضافه شده و نمونه ها در حجم های ۵۰ میلی لیتری در زمانهای صفر، ۱۰، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۲۹، ۳۲، ۳۵ و ۴۰ ثانیه در معرض امواج مایکروویو قرار گرفتند. بلافاصله پس از پرتو دهی، از نمونه ها رقت های متوالی تهیه و تعداد باکتری های زنده با روش شمارش صفحه ای استاندارد در محیط آگار اختصاصی لیستریا شمارش گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: تأثیر مقادیر مختلف ماده خشک بدون چربی، چربی و اسیدیته شیر بر بقای باکتری در برابر امواج مایکروویو بوسیله آزمون آماری ANOVA Repeated Measures و آزمون تعقیبی Duncan مقایسه شد.

نتایج: تعداد باکتری در مدت ۳۵ ثانیه و کمتر از حدود $10^7 \times 1/5$ واحد تشکیل دهنده کلنی در میلی لیتر به صفر کاهش یافت. تأثیر مدت زمان پرتو دهی در سیر نزولی تعداد باکتری معنی دار بود ($P < 0/01$). روند کاهش تعداد باکتری در شیر حاوی ۸/۵ درصد ماده خشک بدون چربی به طور معنی داری سریعتر از شیرهای حاوی ۷/۵ درصد ماده خشک بدون چربی بود ($P < 0/01$). روند کاهش تعداد باکتری در شیرهای حاوی ۳/۵ درصد چربی به طور معنی داری سریعتر از شیرهای حاوی ۲/۵ و ۳/۰ درصد چربی بود ($P < 0/01$). افزایش اسیدیته شیر سرعت کم شدن تعداد باکتری را کاهش داد ($P < 0/01$).

نتیجه گیری: بر عکس حرارت دهی مستقیم مواد غذایی که در آن با افزایش چربی و ماده خشک غذا مقاومت حرارتی لیستریا مونوسیتوزنز افزایش می یابد، نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که در حرارت دهی با مایکروویو، افزایش چربی و ماده خشک بدون چربی شیر، مقاومت حرارتی باکتری را کاهش می دهد. pH بعضی غذاها و محیط کشت در دامنه ۵/۵ تا ۷/۰ تأثیری در اثر تخریبی مایکروویو بر لیستریا مونوسیتوزنز ندارد، اما اثر تخریبی امواج مایکروویو در شیر از این اصل پیروی نمی کند، به طوری که با افزایش اسیدیته، اثر تخریبی امواج مایکروویو کاهش می یابد که احتمالاً به دلیل افزایش محتوای یونی شیر و کاهش عمق نفوذ امواج می باشد. مجله دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، ۱۳۸۴، دوره ۶۰، شماره ۲، ۱۵۳-۱۴۹.

واژه های کلیدی: مایکروویو، لیستریا مونوسیتوزنز، اسیدیته شیر، چربی شیر.

(۱) گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز - ایران.

(۲) گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز - ایران.

(۳) دانش آموزانه دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز - ایران.

* نویسنده مسؤل: firouzi@shirazu.ac.ir



بقای بیوتیپ 4b این باکتری در برابر امواج مایکروویو بررسی شده است.

مواد و روش کار

۱- اندازه گیری و تنظیم ترکیبات شیر: در این تحقیق از شیر پاستوریزه شده به

روش HTST استفاده شد. برای تنظیم ترکیبات مورد نظر شیر شامل چربی با مقادیر ۲/۵، ۳/۰، ۳/۵ و ۳/۵ درصد، ماده خشک بدون چربی با مقادیر ۷/۵ و ۸/۵ درصد و اسیدیته با مقادیر ۱/۶، ۱/۷ و ۱/۸ گرم اسید لاکتیک در لیتر مطابق روشهای زیر عمل شد:

الف- چربی شیر: چربی شیر به روش ژبرو با استفاده از بوتیرومتر مخصوص

شیر اندازه گیری می شد (۳). در مواقعی که لازم بود مقدار چربی شیر افزایش یابد، از خامه پاستوریزه شده ۳۰ درصد چربی استفاده می شد. ابتدا مقدار چربی خامه به روش ژبرو اندازه گیری و سپس با استفاده از روش مربع پیرسون مقدار خامه مورد نیاز جهت تنظیم چربی شیر تعیین و به آن افزوده می شد.

ب- ماده خشک بدون چربی: پس از اندازه گیری مقدار چربی به روش ژبرو وزن

مخصوص شیر با استفاده از ترمولاکتودانسیومتر (Thermolactodensimeter)، مقدار ماده خشک بدون چربی شیر با استفاده از فرمول فلاشمن محاسبه می گردید (۳) و در صورت لزوم با افزودن آب مقطر و یا شیر خشک بدون چربی تهیه شده به روش افشان (تولید کارخانه کاله) ماده خشک بدون چربی شیر تنظیم می شد.

ج- اسیدیته: اسیدیته شیر با روش تیتراسیون با سود اندازه گیری و بر حسب

گرم اسید لاکتیک در لیتر محاسبه می شد (۳). برای تنظیم اسیدیته، ابتدا مقدار اسید لاکتیک مورد نیاز محاسبه و سپس در حالی که نمونه با همزن مغناطیسی بهم زده می شد حجم معینی از اسید لاکتیک ۲/۰ نرمال به صورت قطره قطره به آن افزوده می گردید.

در نهایت جهت اطمینان از صحت محاسبات و آزمایشها، مجدداً میزان

چربی، ماده خشک بدون چربی و اسیدیته اندازه گیری می شد.

۲- تهیه سوسپانسیون باکتری در محیط شیر: بیوتیپ 4b باکتری به صورت

لیوفیلیزه از موسسه رازی، حصارک کرج تهیه شد. در شروع هر آزمایش از کشت تازه باکتری در محیط آبگوشت برین هارت کشت می شد و تا زمانی که کدورت محیط معادل کدورت محلول ۰/۵ درصد مک فارلن شود در گرمخانه ۳۷ درجه سانتی گراد قرار می گرفت (۱۸). سپس از سوسپانسیون مذکور به میزان یک درصد به شیرهای مورد آزمایش که قبلاً ترکیبات آنها تنظیم شده بود افزوده و همگن می شد. این مخلوط همگن در حجم های ۵۰ میلی لیتری در فلاسک های ۱۰۰ میلی لیتری مشابه و استریل تقسیم می گردید و تا زمان آزمایش که حداکثر ۳۰ دقیقه بود در یخچال ۴ درجه سانتیگراد نگهداری می شد.

۳- پرتو دهی با امواج مایکروویو: برای پرتو دهی از اجاق مایکروویو خانگی

بوتان مدل MB245 با قدرت ۱۰۰۰ وات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز استفاده شد. زمانهای پرتو دهی برای تیمارها عبارت بود از صفر، ۱۰، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۲۹، ۳۲، ۳۵ و ۴۰ ثانیه. هر فلاسک به تنهایی در وسط صفحه گردان اجاق قرار می گرفت و مطابق یکی از زمانهای فوق الذکر پرتو دهی می شد. بلافاصله پس از پرتو دهی فلاسک از

به علت گسترش وسیع لیستر یا مونوسیتوز در طبیعت و قدرت بقاء و تزیاد آن در دمای یخچال، این باکتری به عنوان یکی از عوامل مهم بیماریهای غذا زاد (borne Food) در سطح جهان شناخته شده است (۱). این باکتری از طریق دامهای مبتلا به ورم پستان لیستریایی و یا از طریق آلوده شدن شیر با مدفوع وارد شیر شده، در مدت نگهداری در آن تکثیر می یابد (۲۴). در حال حاضر شیر و فرآورده های شیری نسبت به غذاهای دیگر ارتباط بیشتری با بیماری لیستریوز در انسان دارند (۲۴). میزان آلودگی شیر خام به این باکتری در کشورهای اروپایی از ۴ تا ۴۵ درصد و در کشور آمریکا از ۴/۷ تا ۱۲ درصد گزارش شده است و تاکنون شیر به عنوان عامل چندین اپیدمی لیستریایی در دنیا شناخته شده است (۲۴). گرچه مهمترین مساله در آلودگی پنیرهای نرم استفاده از شیر غیر پاستوریزه برای تهیه آنهاست ولی این باکتری از پنیرهای تهیه شده از شیر پاستوریزه نیز جدا شده است (۲۱). تاکنون سرو تیپهای متعددی از باکتری لیستر یا مونوسیتوز نژاد شناسایی شده است و بیشترین درصد مورد های تک گیر لیستریوز در دنیا نیز ناشی از بیوتیپ 4b بوده است. این بیوتیپ بیش از بقیه بیوتیپها از مواد غذایی از جمله سبزیجات و لبنیات جدا شده است (۱۴).

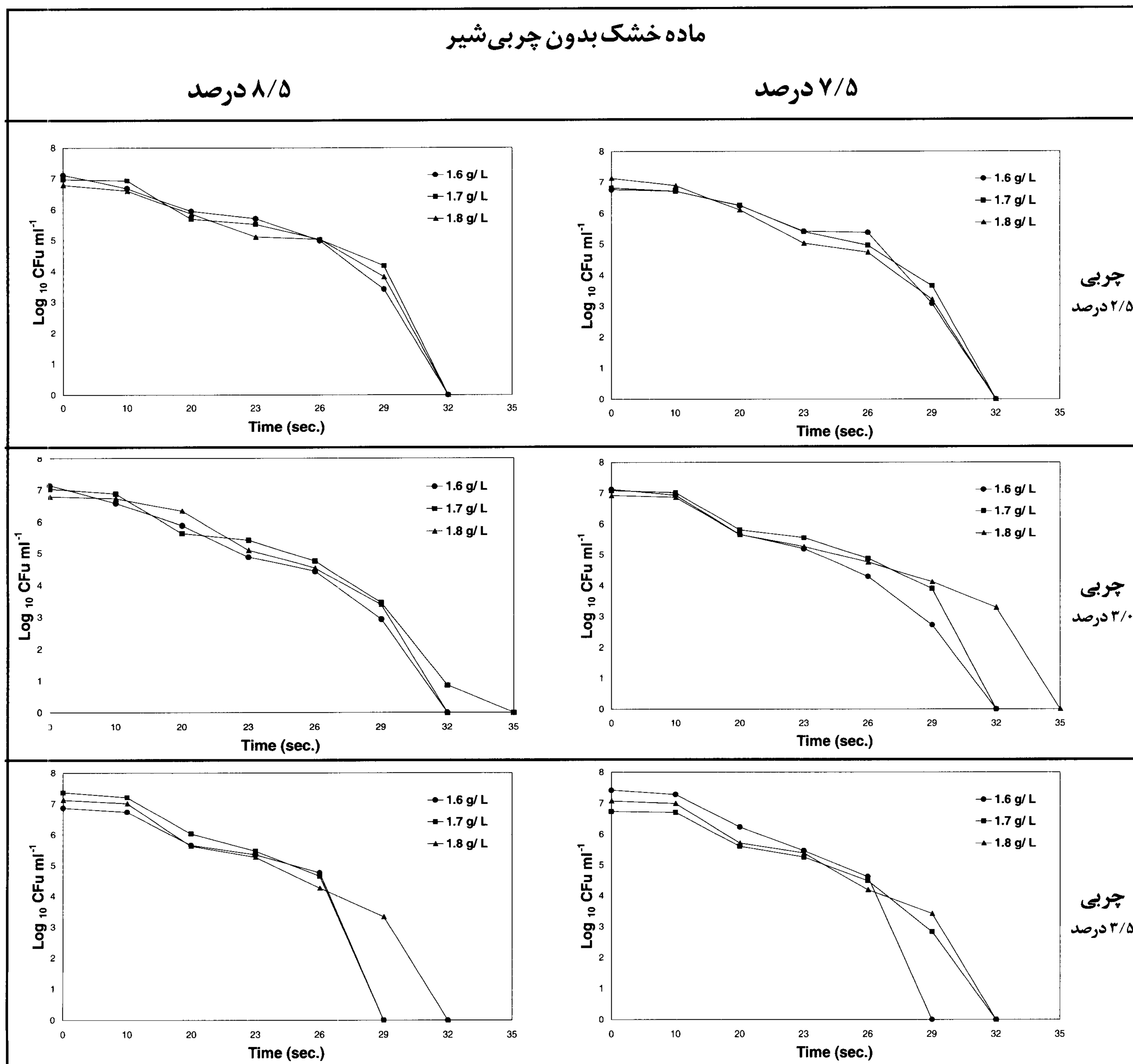
تاکنون مطالعات زیادی درباره غیر فعال شدن لیستریا در اثر حرارت و عوامل موثر در تحمل گرمایی این باکتری انجام شده است و نتایج این بررسی ها بر مقاومت غیر معمول این باکتری در برابر حرارت دلالت دارد (۱۹). در حال حاضر مهمترین روش کنترل لیستریا در مواد غذایی کاربرد حرارت می باشد (۲۴).

اساس حرارت دهی با مایکروویو از سال ۱۹۴۵ شناخته شده است. انرژی مایکروویو به دلیل ایجاد حرارت، توانایی نفوذ بالا، خطر کم، سهولت، سرعت کار و صرفه جویی در زمان کاربردهای زیادی در صنایع مختلف به ویژه در صنایع غذایی دارد (۸). اجزای تشکیل دهنده و شکل فیزیکی ماده غذایی نقش مهمی در مقاومت حرارتی باکتری ها از جمله لیستر یا مونوسیتوز نژاد دارد.

تاکنون تاثیر امواج مایکروویو در کاهش لیستر یا مونوسیتوز نژاد در محیط کشت (۹)، تاثیر مقادیر مختلف کلرید سدیم و pH محیط کشت (۲) و مقادیر مختلف مونوادی ساکاریدهای محیط کشت (۲۰) بر مقاومت این باکتری در برابر امواج مایکروویو بررسی شده است. همچنین اثر حرارتی مایکروویو بر باکتری های بیماریزای شیر از جمله لیستریا بررسی شده است. Thompson و Thompson در سال ۱۹۹۰ نشان دادند که مایکروویو خانگی می تواند باکتری های هوازی از قبیل سالمونلا، لیستریا و کوکسیلا بورنتی را از بین ببرد و اثرات ارگانولپتیک روی شیر نداشته باشد (۲۳). طبق نظریه Villamiel در سال ۱۹۹۴ مایکروویو می تواند در پاستوریزاسیون شیر و سایر فرآورده های آن مثل ماست به کار رود (۲۵). وی در سال ۱۹۹۶ با تحقیقات خود نشان داد که پاستوریزه شدن غذا توسط مایکروویو بهتر از روش تبادل حرارتی است زیرا ضمن نگهداشت کیفیت شیر، نیمه عمر نگهداری آن نیز افزایش می یابد (۲۶).

تاکنون نقش میزان ترکیبات اصلی شیر بر مقاومت لیستر یا مونوسیتوز نژاد 4b در برابر امواج مایکروویو مشخص نشده است. با توجه به استفاده روز افزون از اجاقهای مایکروویوهای خانگی برای سالم سازی شیر، در تحقیق حاضر اثر مقادیر مختلف اسیدیته، چربی و ماده خشک بدون چربی شیر (Milk solid non fat) بر





نمودار ۱- مقایسه اثر مقدار اسیدیته، چربی و ماده خشک بدون چربی شیر بر بقای لیستریا مونوسیتوزنز 4b در برابر امواج مایکروویو

با استفاده از نرم افزار SPSS، ابتدا لگاریتم ۱۰ داده‌های خام (واحد تشکیل دهنده کلنی در میلی لیتر) محاسبه و سپس با آزمون آماری ANOVA Repeated Measures و آزمون تعقیبی Duncan مقایسه شدند.

نتایج

در این تحقیق اثر مقادیر مختلف اسیدیته، چربی و ماده خشک بدون چربی بر بقای لیستریا مونوسیتوزنز بیوتیپ 4b در برابر امواج مایکروویو در زمانهای صفر تا ۴۰ ثانیه و در سه تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد که تعداد باکتری در مدت ۳۵ ثانیه و کمتر از حدود $10^7 \times 1/5$ واحد تشکیل دهنده کلنی در میلی لیتر به صفر کاهش یافت. تأثیر مدت زمان پرتو دهی در سیر نزولی تعداد باکتری معنی دار بود ($P < 0.01$) (نمودار ۱).

اجاق خارج شده، به هم زده می‌شد و در مخلوط آب و یخ سرد می‌گردید. هر آزمایش سه بار تکرار می‌شد.

۴- شمارش باکتری‌های زنده: پس از پرتو دهی و سرد شدن نمونه‌ها، از آنها رقت‌های متوالی تهیه و با روش شمارش صفحه‌ای استاندارد (Standard plate count) به صورت دو بل در محیط آگار اختصاصی لیستریا (*Listeria selective agar*, Merck) کشت داده می‌شد. پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد، تعداد کلنی در پلیتهایی که حاوی ۳۰ - ۳۰۰ کلنی بودند شمارش و تعداد باکتری بر اساس واحد تشکیل دهنده کلونی در میلی لیتر محاسبه می‌گردید (۱۶).

۵- تجزیه و تحلیل آماری: جهت مقایسه تأثیر درصدهای مختلف چربی، ماده خشک بدون چربی و اسیدیته شیر بر بقای باکتری در برابر امواج مایکروویو،



اثر دو جانبه ای دارد.

در تحقیقی که روی باکتری لیستریا مونوسیتوزنز در محیط کشت آبگوشته مغذی صورت پذیرفت، مشخص گردید که افزایش ترکیبات جاذب الرطوبه و کاهش آب آزاد محیط موجب کاهش مقاومت حرارتی باکتری در برابر امواج مایکروویومی شود (۲۰).

نتایج این بررسی نشان داد که میزان چربی شیر تاثیر معنی داری بر کاهش تعداد لیستریا مونوسیتوزنز دارد، به طوری که با افزایش آن اثر تخریبی مایکروویو روی لیستریا مونوسیتوزنز افزایش می یابد.

در حرارت مستقیم، با افزایش چربی محیط مقاومت حرارتی باکتری ها بیشتر می شود (۱۴)، اما مقاومت حرارتی باکتری ها در برابر امواج مایکروویوا از این اصل پیروی نمی کند، زیرا ظرفیت حرارت ویژه چربی ها به دلیل کم بودن اتلاف دی الکتریک (Dielectric loss) آنها کم بوده، و با پرتواندک مایکروویوسر یعا گرم می شود (۱۰).

در تحقیق حاضر اسیدیتته شیر تاثیر معنی داری بر مقاومت حرارتی لیستریا مونوسیتوزنز در برابر امواج مایکروویو داشت. به طوری که با افزایش اسیدیتته سرعت نزول باکتری کاهش یافت.

در حرارت دهی مستقیم، مقاومت حرارتی میکروارگانیزمها در مناسب ترین pH رشد بیشتر بوده، با تغییرات pH، مقاومت حرارتی کاهش می یابد (۱۴). اما در تحقیقی که روی باکتری لیستریا مونوسیتوزنز در محیط کشت آبگوشته مغذی صورت پذیرفته است pH محیط در دامنه ۵/۵ تا ۶/۵ تاثیر معنی داری در تخریب باکتری توسط امواج مایکروویو نداشته است (۲). Heddleson و همکاران در سال ۱۹۹۶ نیز در آزمایشی که به منظور بررسی اثر pH غذا در تخریب حرارتی باکتری های پاتوژن انجام داد به این نتیجه رسید که این عامل در تخریب باکتری توسط امواج مایکروویو اثری ندارد (۱۱).

هر چند که در منابع در مورد مکانیزم اثر pH محیط در مقاومت حرارتی لیستریا در برابر امواج مایکروویو مطلبی ارائه نشده است و با اطلاعات موجود نیز نمی توان به روشنی تاثیر غیر منتظره اسیدیتته شیر بر مقاومت حرارتی لیستریا مونوسیتوزنز در برابر امواج مایکروویو در شیر را توجیه نمود، اما با توجه به اینکه کاهش pH شیر موجب حل شدن هیدروکسی فسفات کلسیم کلونیدی موجود در شیر و ایجاد کلسیم یونیزه می شود (۴) و اینکه افزایش محتوای یونی محیط موجب کاهش عمق نفوذ امواج می گردد (۲۲)، احتمالاً کاهش pH شیر از طریق افزایش محتوای یونی شیر نقش خود را ایفا می نماید.

نتیجه گیری

برعکس حرارت دهی مستقیم مواد غذایی که در آن با افزایش چربی و ماده خشک غذا مقاومت حرارتی لیستریا مونوسیتوزنز افزایش می یابد، در حرارت دهی با مایکروویو، افزایش چربی و ماده خشک بدون چربی شیر، مقاومت حرارتی باکتری را کاهش می دهد. همچنین با افزایش اسیدیتته، اثر تخریبی امواج مایکروویو کاهش می یابد که احتمالاً به دلیل افزایش محتوای یونی شیر و کاهش عمق نفوذ امواج می باشد.

روند کاهش تعداد باکتری در شیرهای حاوی ۸/۵ درصد ماده خشک بدون چربی به طور معنی داری سریعتر از شیرهای حاوی ۷/۵ درصد ماده خشک بدون چربی بود ($P < 0/01$) (نمودار ۱).

روند کاهش تعداد باکتری در شیرهای حاوی ۳/۵ درصد چربی به طور معنی داری سریعتر از شیرهای حاوی ۳/۰ و ۲/۵ درصد چربی بود ($P < 0/01$). سیر نزولی تعداد باکتری در شیرهای حاوی ۳/۰ و ۲/۵ درصد چربی تفاوت معنی داری نداشت ($P > 0/05$) (نمودار ۱).

کاهش اسیدیتته شیر سرعت کاهش تعداد باکتری را افزایش داد ($P < 0/01$). این روند در شیرهای با اسیدیتته ۱/۶ به طور معنی داری سریعتر از شیرهای با اسیدیتته ۱/۷ و ۱/۸ ($P < 0/01$) و در شیرهای با اسیدیتته ۱/۷ نیز سریعتر از شیرهای با اسیدیتته ۱/۸ بود ($P > 0/03$) (نمودار ۱).

بحث

در تحقیق حاضر نمودار غیر فعال شدن و مرگ لیستریا مونوسیتوزنز توسط حرارت نسبت به زمان غیر خطی بود، به طوری که ابتدا با افزایش دما تا ۱۰ ثانیه باکتری تا حدودی مقاومت نشان داد ولی در زمان خاصی کاهش تعداد باکتری شروع شد. نتایج این بررسی با مشاهدات Bradshaw و همکاران در سالهای ۱۹۸۵ و ۱۹۸۷ مطابقت دارد (۶، ۷).

مایکروویوا از دو جزء، میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی عمود بر هم تشکیل شده است. میدان الکتریکی با افزایش جابجایی مولکولهای قطبی نقش اولیه را در گرمادهی ایفا می کند. این گرمادری اصطکاک مولکولها با هم ایجاد می شود. چون انرژی دریافتی هر مولکول صرف به حرکت در آوردن مولکولهای مجاورش می شود، بازتاب آن موج الکترومغناطیسی ایجاد نمی کند و تمامی انرژی جذب شده به گرماتبدیل می شود. توانایی امواج مایکروویو برای گرم کردن تا حد زیادی به پارامترهای ماده ای که گرمادهی می شود بستگی دارد (۱۰). عواملی که در حرارت دهی مواد غذایی با مایکروویو مؤثر هستند عبارتند از: رطوبت، محتوای یونی (Ionic content)، ظرفیت حرارت ویژه (Specific heat capacity)، چگالی، شکل و حجم غذا (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴).

نتایج به دست آمده از این تحقیق بیانگر آن است که با افزایش ماده خشک بدون چربی شیر، کاهش تعداد باکتری سریعتر صورت می گیرد. هر چند که در حرارت دهی مستقیم مواد غذایی مقاومت حرارتی باکتری با کاهش رطوبت افزایش می یابد (۱۴)، اما در حرارت دهی با مایکروویو رطوبت محیط تاثیر متفاوتی دارد. میزان آب آزاد غذا یکی از شاخصهای اصلی تعیین کننده چگونگی گرم شدن آن در اجاق مایکروویواست. میزان رطوبت بالا از یک سو منجر به جذب بیشتر اشعه و تولید گرمای بیشتر، و از سوی دیگر موجب افزایش پدیده گرم شدن سطحی (Surface heating phenomenon) می شود. لذا عمق نفوذ اشعه کاهش یافته، عمق محیط کمتر گرم می شود. همچنین به دلیل اینکه آب ظرفیت حرارت ویژه بالایی دارد برای گرم شدن انرژی بیشتری لازم دارد (۱۵، ۵). هر چه میزان رطوبت غذا کمتر باشد ظرفیت حرارتی ویژه کمتری داشته، عمق نفوذ اشعه در آن نیز بیشتر می گردد و به سرعت گرم می شود (۱۷). پس رطوبت محیط



References

۱. رضویلر، و. (۱۳۷۸): میکروبه‌های بیماری‌زا در مواد غذایی و اپیدمیولوژی مسمومیت‌های غذایی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۴۳، صفحه: ۱۴۵-۱۴۰.
۲. شکر فروش، س. ش.، فیروزی، ر. و عباس زاده، م. (۱۳۸۲): بررسی تأثیر کلرید سدیم، pH محیط و نوع اسید بر تخریب لیستریا مونوسیتوژنز بوسیله امواج مایکروویو. مجله دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، ۵۶ (۴): صفحه: ۳۹۵-۴۰۰.
۳. فرخنده، ع. (۱۳۷۰): روش‌های آزمایش شیر و فرآورده‌های آن، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱/۱۱۸۸، صفحه: ۲۸-۱۰، ۸۵-۸۳، ۱۶۴-۱۵۹.
۴. کریم، گ. (۱۳۸۰): شیر و فرآورده‌های آن، چاپ دوم، انتشارات موسسه فرهنگی هنری واقعه- سپهر، صفحه: ۴۵-۲۵.
5. Baird-Parker, A.C., Moothroy, J.E. (1970): The effect of water activity on the heat resistance of heat sensitive and heat resistant strain of *Salmonellae*. J. Appl. Bacteriol., 33: 515-522.
6. Bradshaw, J.G., Peeler, J.T., Corwin, J.J., Hunt, J.M., Tierney, J.T., Larkin, E.P. and Twedt, R.M. (1985): Thermal resistance of *Listeria monocytogenes* in milk. J. Food Prot., 48: 743-745.
7. Bradshaw, J.G., Peeler, J.T., Corwin, J.J., Hunt, J.M. and Twedt, R.M. (1987): Thermal resistance of *Listeria monocytogenes* in dairy products. J. Food Prot., 50 (7): 543-544.
8. Edgar, R. (1986): The economic of microwave processing in the food industry. Food Technology, 40 (6): 106.
9. Firouzi, R., Shekarforoush, S.S. and Hajikhani, F. (2003): The effect of microwave radiation on survival of some bacterial species. J. Appl. Animal Research, 24(2): 207-211.
10. Heddleson, R.A., Doores, S. (1994). Factors affecting microwave heating of foods and microwave induced destruction of food borne pathogens- A review. J. Food Prot. 57: 1025-1037.
11. Heddleson, R.A., Doores, S., Anantheswaran, R.C. and Kuhn, G.D. (1996): Viability loss of *Salmonella* species, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes* in complex foods heated by microwave energy. J. Food Prot., 59(8): 813-818.
12. Heddleson, R.A., Doores, S., Anantheswaran, R.C., Kuhn, G.D. and Mast, M.G. (1991): Survival of *Salmonella* species heated by microwave energy in a Liquid menstruum containing food components. J. Food Prot., 54(8): 637-642.
13. Heddleson, R.A., Doores, S., Anantheswaran, R.C., Kuhn, G.D. and Mast, M.G. (1993): Destruction of *Salmonella* species heated in aqueous salt solutions by microwave energy. J. Food Prot., 56(9): 673-768.
14. Jey, J.M. (2000): Modern food microbiology. 6th ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, USA, PP: 341-344.
15. Johnson, B., Hackett, A.F. (1997): Eating habits of 11-14 year old school-children living in less affluent areas of Liverpool, UK. J. Hum. Nutr. Diet., 10: 135-144.
16. Marvin, L. (1976): Compendium of methods for the microbiological examination of food. American Public Health Association, PP: 107-130.
17. Mudgett, R.E. (1982): Electrical properties of food in microwave processing. Food Technol., 36: 109-115.
18. Quinn, P.J., Carter, M.E., Markey, B. and Carter, G.R. (1994): Clinical veterinary microbiology. Wolf Publishing, PP: 98.
19. Regser, E.T., Marth, E.H. (1991): Listeria and Listeriosis and food safety. Lett. Appl. Mic., 6: 12-16.
20. Shekarforoush, S.S., Firouzi, R. and Fallah, H.R. (2005): Effect of sugar on destruction of *Listeria monocytogenes* by microwave radiation. Advances in Food Sciences, 27 (41): 1-5.
21. Sun Woo, I.M., Koo Phees, I.N. and Dong Park, H. (2000): Differential damage in bacterial cells by microwave radiation on the basis of cell wall structure. Applied and environmental microbiology, 66(5): 2243-2247.
22. Swami, S., Mudgett, R.E. (1981): Effect of moisture and salt content on the dielectric behavior of liquid and semi-solid foods. Proc. Int. Microwave Power Inst. Symp., 16: 48-50.
23. Thompson, J.S., Thompson, A. (1990): In home pasteurization of raw goat's milk by treatment. International J. Food Microbiology, 10 (1): 59-64.
24. Varnam, A.H., Evans, M.G. (1991): Food borne pathogens. 3rd ed. London: Wolfe Publishing, PP: 327-353.
25. Villamiel, M. (1994): Microwave treatment of dairy products. Alimentacion Equipos- Y- echnologia, 13 (6): 61-66.
26. Villamiel, M. (1996): Microwave pasteurization of milk in a continuous flow unit: Shelf life of cow's milk. Milch wissenschaft, 51 (12): 474-677.

