

بررسی تأثیر کلرید سدیم، pH محیط و نوع اسید بر تخریب لیستریا مونوسیتوزنتر به وسیله امواج مایکروویو

دکتر سید شهرام شکر فروش^{۱*} دکتر رویا فیروزی^۲ دکتر مزگان عباس زاده^۳

دریافت مقاله: ۳۰ بهمن ماه ۱۳۸۰

پذیرش نهایی: ۲۹ شهریور ماه ۱۳۸۲

The effect of sodium chloride, pH and acid type on destruction of *Listeria monocytogenes* by microwave heating

Shekarforoush, S.S.H.,¹ Firozi, R.,² Abbaszade, M.³

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

Objective: To assess the impact of sodium chloride, pH and acid type on destruction effect of microwave heating on *Listeria monocytogenes* biotype 4a in liquid medium.

Design: Experimental study

Procedure: Bacterial suspension (1.5×10^7 CFU ml⁻¹) in nutrient broth with different concentrations of sodium chloride (0.5, 1.5 and 3.0 percentage) was prepared at various pH values (4.5, 5.5 and 6.5) induced by hydrochloric acid, and acetic acid. The suspensions were irradiated with microwave at successive five-second intervals and bacterial colonies were counted with standard plate count method. Radiation was continued until the microbial count reached to zero. Each experiment was repeated three times.

Statistical analysis: One way ANOVA repeated measures.

Results: Various concentrations of sodium chloride had no significant effect on destruction of *Listeria monocytogenes* by microwave heating ($p > 0.05$). At pH=4.5, the destruction effect of microwave radiation was significantly greater than those at pH values of 5.5 and 6.5 ($p < 0.01$). The destruction effect of microwave was not affected by acidulent type at pH=4.5 ($p > 0.05$).

Conclusion: Several factors affect both microwave heating and heat resistance of microorganisms. The effect of each factor such as sodium chloride may be affected by interactions among other factors, resulting in opposite effects of the considered factor. The present study shows that sodium chloride in liquid media at levels equal to those of food (0.5-3.0 percentage), had no significant effect on destruction of *Listeria monocytogenes* by microwave heating. The heat sensitivity of bacteria increases by acidic condition. Although the destruction effect of microwave radiation increased significantly at pH=4.5, it was not affected at pH levels equal to those of food (5.5-6.5). At equal pH levels, organic acids increase the destruction effect of heat more than inorganic acids. At the present study, however, no significant difference was observed in liquid media containing acetic acid or hydrochloric acid at pH=4.5.

J. Fac. Vet. Med. Univ. Tehran. 58, 4:395-400, 2003.

Key words: *Listeria monocytogenes*, microwave, Sodium chloride, Acetic acid, Hydrochloric acid.

Corresponding author email: shekar@shirazu.ac.ir

برخلاف پرتوهای یونیزه کننده برای حرارت دادن مواد غذایی استفاده می شود. این روش دارای خصوصیات ویژه از جمله قدرت نفوذ زیاد، سرعت و سهولت کار است و از این جهت آن را از بقیه روشها متمایز می سازد. حرارت دهی مایکروویو یافته جانبی پیشرفت رادار در جنگ جهانی دوم است (۵) و از سال ۱۹۴۵ که اساس حرارت دهی با مایکروویو شناخته شد

هدف: بررسی تأثیر کلرید سدیم، pH محیط و نوع اسید بر تخریب لیستریا مونوسیتوزنتر تیپ ۴a به وسیله امواج مایکروویو. طرح: مطالعه تجربی.

روش: اثر غلظتهای مختلف کلرید سدیم (۱/۵، ۰/۵ و ۳/۰ درصد) و pHهای مختلف ۴/۵، ۵/۵ و ۶/۵ اسید کلریدریک و همچنین pH=۴/۵ اسید استیک بر تخریب لیستریا مونوسیتوزنتر تیپ ۴a (با منشا غذایی) توسط امواج مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و قدرت خروجی هزار وات و در سه تکرار بررسی شد. برای این منظور سوسپانسیون آبی با کتری با غلظت حدود 1.5×10^7 CFU ml⁻¹ در محیط آبگوشت مغذی که میزان کلرید سدیم و pH آن بر اساس مقادیر مورد نظر تنظیم گردیده بود تهیه و به حجمهای ۵۰ میلی لیتری تقسیم گردید. نمونه های مذکور در فواصل زمانی فزاینده ۵ ثانیه ای در معرض امواج مایکروویو قرار داده شدند و تا زمان صفر شدن تعداد باکتری آزمایش ادامه یافت.

تجزیه و تحلیل آماری: سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر عوامل مذکور توسط آزمون آماری Repeated measures ANOVA مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج: غلظتهای ۱/۵، ۰/۵ و ۳/۰ درصد کلرید سدیم محیط کشت بر سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو تفاوت معنی داری نداشتند ($P > 0.05$). سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو در محیط کشت با pH=۴/۵ به طور معنی داری سریعتر از محیط های کشت با pHهای ۵/۵ و ۶/۵ بود ($P > 0.01$). اسید استیک و اسید کلریدریک در pH=۴/۵ بر سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو تفاوت معنی داری نداشتند ($P > 0.05$).

نتیجه گیری: نقش کلرید سدیم بر تأثیر ضد باکتریای امواج مایکروویو در شرایط مختلف متفاوت و متأثر از دیگر عوامل محیطی می باشد و بر این اثر متقابل عوامل مختلف محیطی بر یکدیگر اثر باکتری کشی امواج مایکروویو را در یک محیط تعیین می کند. تحقیق حاضر نشان داد که کلرید سدیم در غلظت مورد استفاده در مواد غذایی (۰/۵ تا ۳ درصد) در محیطهای مایع تأثیر معنی داری در اثر ضد لیستریایی امواج مایکروویو ندارد. همچنین pH معمول مواد غذایی (۵-۷) تأثیر معنی داری بر تخریب لیستریا مونوسیتوزنتر به وسیله امواج مایکروویو ندارد. اما در pHهای پایینتر (۴/۵) این اثر مشهود و معنی دار می شود. هر چند در pH یکسان، اسیدهای آلی نسبت به اسیدهای معدنی حساسیت لیستریا مونوسیتوزنتر را در برابر حرارت بیشتر می کنند. این نکته در مورد حرارت دهی با امواج مایکروویو (شرایط مورد تحقیق) صدق نمی کند. به طوری که در هر دو حالت (اسید استیک و اسید کلریدریک) سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو مشابه بود. مجله دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، ۱۳۸۲، دوره ۵۸، شماره ۴، ۳۹۵-۴۰۰.

واژه های کلیدی: لیستریا مونوسیتوزنتر، امواج مایکروویو، کلرید سدیم، اسید استیک، اسید کلریدریک.

حرارت دهی یکی از مهمترین و متداولترین روشهای موجود در فرآیند مواد غذایی است. حرارت دهی روشهای گوناگونی دارد و روشی که امروزه به سرعت جای خود را در صنایع غذایی پیدا کرده است استفاده از حرارت دهی مایکروویو است. انرژی مایکروویو از نوع پرتوهای غیر یونیزه کننده است و

(۱) گروه آموزشی بهداشت و کنترل مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز-ایران.

(۲) گروه آموزشی باتوبیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز، شیراز-ایران.

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

(* نویسنده مسؤول shekar@shirazu.ac.ir



تا به حال، این انرژی کاربردهای زیادی در صنایع و بویژه صنایع غذایی داشته است (۱۴). به علت افزایش کاربرد میکروویو در صنایع غذایی، مطالعات زیادی بر روی بقای ارگانسمهای بیماریزا پس از حرارت دهی با این روش صورت گرفته است (۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۷). ولی هنوز اطلاعات اندکی از سلامت غذایی فرآوری شده با امواج میکروویو وجود دارد (۸).

نظریات گوناگونی در مورد چگونگی اثر امواج میکروویو بر باکتری های مطرح شده است. نظریه ای که در حال حاضر بیشتر قابل قبول است این است که این امواج با ایجاد تغییر و تخریب برگشت ناپذیر بر اجزای حیاتی سلول، باکتری ها را به همان شیوه حرارت متداول از بین می برد (۱۴). علاوه بر عواملی مثل نوع، سن و تعداد باکتری، ترکیب محیط رشد باکتری و شکل فیزیکی غذا که در حرارت دهی مواد غذایی با امواج میکروویو اثر دارند، عوامل دیگری نیز به طور انحصاری در حرارت دهی مؤثر هستند. این عوامل شامل رطوبت (۲۵)، محتوای یونی (۱۲، ۱۳، ۱۴)، حجم و چگالی غذا (۱۴، ۱۵) و فرکانس اشعه (۲۲، ۲۳) می باشند.

لیستریا مونوسیژنوزنر با توانایی رشد در محدوده وسیع حرارتی (۱ تا ۴۵ درجه سانتیگراد)، pH (۴/۵ تا ۹/۵) و غلظت نمک (تا ده درصد) در حال حاضر به عنوان یکی از مهمترین عوامل بیماریزای منتقله از مواد غذایی مطرح می باشد. این باکتری گرم مثبت یکی از مقاومترین باکتری های فاقد اسپور است و از طیف وسیعی از غذاها از جمله فرآورده های گوشت و مرغ، شیر و فرآورده های آن، سالاد و سبزیجات و ماهی و فرآورده های آن جدا شده است (۲۰).

نظر به اینکه غذاهایی که برای گرم کردن آنها از مایکروفر استفاده می شود از نظر عوامل مختلفی از جمله میزان رطوبت، محتوای یونی، حجم، چگالی، pH، غلظت نمک و غیره متفاوت می باشند که احتمالاً در اثر میکروب کشی امواج میکروویو مؤثر هستند و با توجه به اینکه لیستریا مونوسیژنوزنر یکی از پاتوژن های مهمی است که در شرایط نگهداری غذا در یخچال می تواند در آن تکثیر یابد. در این تحقیق اثر غلظتهای مختلف کلرید سدیم، pHهای مختلف محیط و اسیدهای مختلف بر تخریب لیستریا مونوسیژنوزنر به وسیله امواج میکروویو مورد بررسی قرار گرفته است.

روش کار

۱- طرح آزمایش: در این تحقیق اثر میکروب کشی امواج میکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و با توان هزار وات در محیط آبگوشت مغذی (Nutrient broth) حاوی مقادیر ۰/۵، ۱/۵ و ۳/۰ درصد کلرید سدیم و pHهای مختلف ۴/۵، ۵/۵ و ۶/۵ تنظیم شده با اسید کلریدریک و همچنین pH=۴/۵ تنظیم شده با اسید استیک، حاوی حدود 10^7 CFU ml⁻¹ باکتری لیستریا مونوسیژنوزنر در زمانهای مختلف مقایسه گردید و تأثیر کلرید سدیم، pH و دو نوع اسید بر اثر تخریبی امواج میکروویو مورد بررسی قرار گرفت.

۲- تهیه محیط کشت مورد آزمایش: برای انجام آزمایش از محیط آبگوشت مغذی استفاده گردید. ابتدا محیط کشت مطابق دستور شرکت سازنده ساخته شد، سپس مطابق تیمار مورد نظر pH محیط با دستگاه pH متر (مدل Schott-CG824) با دقت ۰/۰۱ اندازه گیری و با افزودن مقدار کافی اسید کلریدریک یا اسید استیک یک نرمان pH آن تنظیم می شد و با افزودن کلرید سدیم مقدار نمک آن نیز تنظیم می گردید و سپس با اتوکلاو استریل می شد.

۳- تهیه سوسپانسیون باکتری: باکتری لیستریا مونوسیژنوزنر سروتیب ۴a (با منشأ غذایی) به صورت لیوفیلیزه از مؤسسه رازی حصارک تهیه گردید. ابتدا باکتری در محیط آبگوشت برین هارت (BHI broth) به صورت سوسپانسیون در آمده و پس از انکوباسیون، از آن در محیط مولر هینتون (Muller Hinton agar) کشت مجدد داده و با انجام آزمایشهای بیوشیمیایی گونه باکتری تأیید گردید (۲۴). در هنگام آزمایش کشت تازه ای از باکتری در محیط مولر هینتون آگار تهیه و از آن به محیط کشت مورد آزمایش (تیمار مورد نظر) انتقال داده می شد و پس از نگهداری در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت حدود ۱۶ ساعت، کدورت محیط با کدورت استاندارد مک فارلن ۰/۵ مقایسه و با افزودن محیط کشت استریل مشابه، کدورت آن تنظیم می شد. در این کدورت تعداد باکتری در هر میلی لیتر محیط کشت حدود 10^8 CFU ml⁻¹ بود (۴). سپس با افزودن محیط کشت مشابه، تعداد نهایی باکتری در محیط مورد آزمایش به حدود 10^7 CFU ml⁻¹ تقلیل داده می شد. سپس سوسپانسیون باکتری در حجمهای ۵۰ میلی لیتری در فلاسکهای صدمیلی لیتری هم شکل و هم اندازه تقسیم و در یخچال ۴ درجه سانتیگراد نگهداری می شدند و در مدت زمانی کمتر از یکساعت مورد آزمایش قرار می گرفتند.

۴- پرتو دهی: پرتو دهی توسط یک دستگاه اجاق مایکروویو خانگی (ساخت شرکت بوتان) دارای امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز، لامپ مگنترون با توان خروجی هزار وات و صفحه گردان با قطر ۳۴/۵ سانتیمتر انجام گرفت. فلاسکهای تهیه شده در مرحله قبل به طور مجزا در اجاق مایکروویو قرار داده می شدند و تحت تأثیر امواج میکروویو قرار می گرفتند. مدت زمان قرار گرفتن فلاسکها تحت تأثیر امواج به صورت توالی ۵ ثانیه ای بود، به طوری که هر فلاسک مدت ۵ ثانیه بیشتر از فلاسک قبلی در معرض امواج قرار می گرفت. بعد از خروج هر فلاسک از اجاق، به خوبی تکان داده می شد و برای جلوگیری از ادامه روند تخریب باکتری توسط گرمای ایجاد شده در محیط، فلاسکها سریعاً به ظروف حاوی آب و یخ منتقل می شدند. سپس از هر فلاسک رفتهای متوالی تهیه شده و با روش شمارش صفحه ای استاندارد (standard plate count) تعداد باکتری بر حسب CFU ml⁻¹ در محیط کشت مولر هینتون آگار شمارش می گردید (۱۹). هر آزمایش سه بار تکرار می شد و میانگین اعداد به دست آمده به عنوان تعداد باکتری در میلی لیتر در نظر گرفته می شد. توضیح اینکه در هر آزمایش تعداد باکتری در زمان صفر نیز همانند روش فوق الذکر شمارش می گردید.

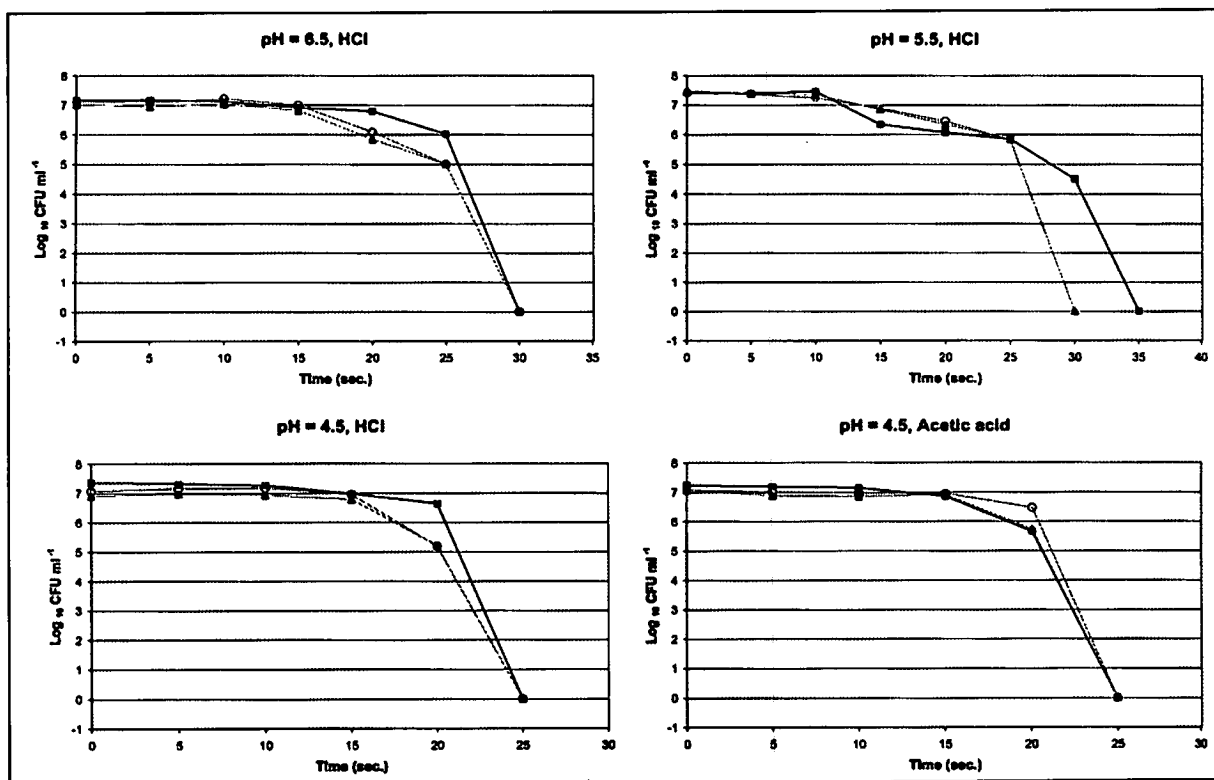
۵- تجزیه و تحلیل یافته ها: سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر غلظتهای مختلف کلرید سدیم و pH های مختلف ایجاد شده به وسیله دو نوع اسید توسط آزمون آماری Repeated measures ANOVA مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

بر اساس نتایج به دست آمده تا ۲۰ ثانیه پرتو دهی سیر نزولی تعداد باکتری در pH ها و غلظتهای مختلف کلرید سدیم تفاوت معنی داری نداشت ($P > 0.05$).

مقایسه تخریب باکتری لیستریا مونوسیژنوزنر در محیط کشت دارای pH=۶/۵ ایجاد شده با اسید کلریدریک حاوی مقادیر ۰/۵، ۱/۵ و ۳/۰ درصد کلرید سدیم نشان داد که تعداد باکتری در مدت ۳۰ ثانیه پرتو دهی بیش از ۷ لوگ کاهش یافته و به صفر رسید. ولی در شرایط مذکور سیر نزولی





نمودار ۱ - مقایسه اثر تخریبی امواج مایکروویو بر لیستریا مونوسیژنوز در محیط کشت حاوی ۰/۵ (-■-), ۱/۵ (-○-) و ۳/۱۰ درصد کلرید سدیم (-▲-).

نقش رطوبت و محتوای یونی بر الگوی گرم شدن ماده در اثر امواج مایکروویو را بسیار مهم می دانند (۲۵). Heddleson و همکاران در دو تحقیق خود در سالهای ۱۹۹۱ و ۱۹۹۳ بیان داشتند که بیشترین فعالیت دی الکتریک در غذا مربوط به نمک و میزان رطوبت است. آنها همچنین بیان داشتند که از میان اجزای تشکیل دهنده غذا شامل چربی، پروتئین، املاح و قند، تنها املاح در میزان گرمایی که تولید می شود و در نتیجه آن در تخریب میکروارگانیزم ها به شکل معنی داری اثر دارد (۱۲، ۱۳). محتوای یونی غذا در توزیع یکسان دما در آن نقش دارد. مشخص شده است که نمک حل شده در محیط، عمق نفوذ انرژی مایکروویو را کاهش می دهد به طوری که عمق نفوذ اشعه در محلول یک درصد نمک تقریباً نصف این مقدار برای آب خالص می باشد (۲۵). Farber و همکاران در سال ۱۹۹۸ بیان داشتند که غذاهای حاوی نمک به دلیل پخش شدن گرمای حاصل از امواج مایکروویو در سطح غذا و عدم نفوذ کافی به داخل محیط موجب حذف کامل لیستریا مونوسیژنوز در محیط نمی شود (۸). Heddleson و همکاران در سال ۱۹۹۱ نشان دادند که بقای سالمونلا در محیط بافر حاوی کلرید سدیم تحت تأثیر امواج مایکروویو بیشتر از محیط بافر بوده و دلیل آن را افزایش درجه حرارت سطحی و نفوذ کمتر امواج به داخل محیط حاوی کلرید سدیم بیان داشتند (۱۲). آنها در تحقیق دیگری نشان دادند که کلرید سدیم بیش از نمکهای دیگر موجب ممانعت از نفوذ امواج مایکروویو به داخل محیط و بقای بیشتر سالمونلا در محیط می شود (۱۳).

بعضی تحقیقات نتایج متفاوتی با تحقیقات فوق داشته اند و اثر غلظت املاح محیط بر بقای میکروارگانیزم ها تحت تأثیر امواج مایکروویو را مثبت بیان نموده اند. Morozov و Petin در سال ۱۹۹۸ نشان دادند که بقاء میکروارگانیزم ها تحت تأثیر امواج مایکروویو در محیط های هیپرتونیک بر عکس اثر روشهای معمول حرارت دهی کاهش می یابد (۲۱). بعضی تحقیقات

تعداد باکتری تفاوت معنی داری نداشت (۰/۰۵ > P)، (نمودار ۱). این نتایج در محیط های با pH=۵/۵ ایجاد شده با اسید کلریدریک و ۴/۵ ایجاد شده با اسید کلریدریک و اسید استیک هم مشابه بود با این تفاوت که در pH=۴/۵ تعداد باکتری در مدت زمان کوتاهتری به صفر رسید (نمودار ۱).

سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو در شرایط ۰/۵، ۱/۵ و ۳/۱۰ درصد نمک با pH=۴/۵ ایجاد شده با اسید استیک و اسید کلریدریک در مقایسه با تیمارها با pH=۵/۵ و ۶/۵ به طور معنی داری سریعتر بود (۰/۰۱ < P)، (نمودار ۲). اما این تفاوت بین تیمارها با pH=۵/۵ و ۶/۵ معنی دار نبود (۰/۰۵ > P)، (نمودار ۲).

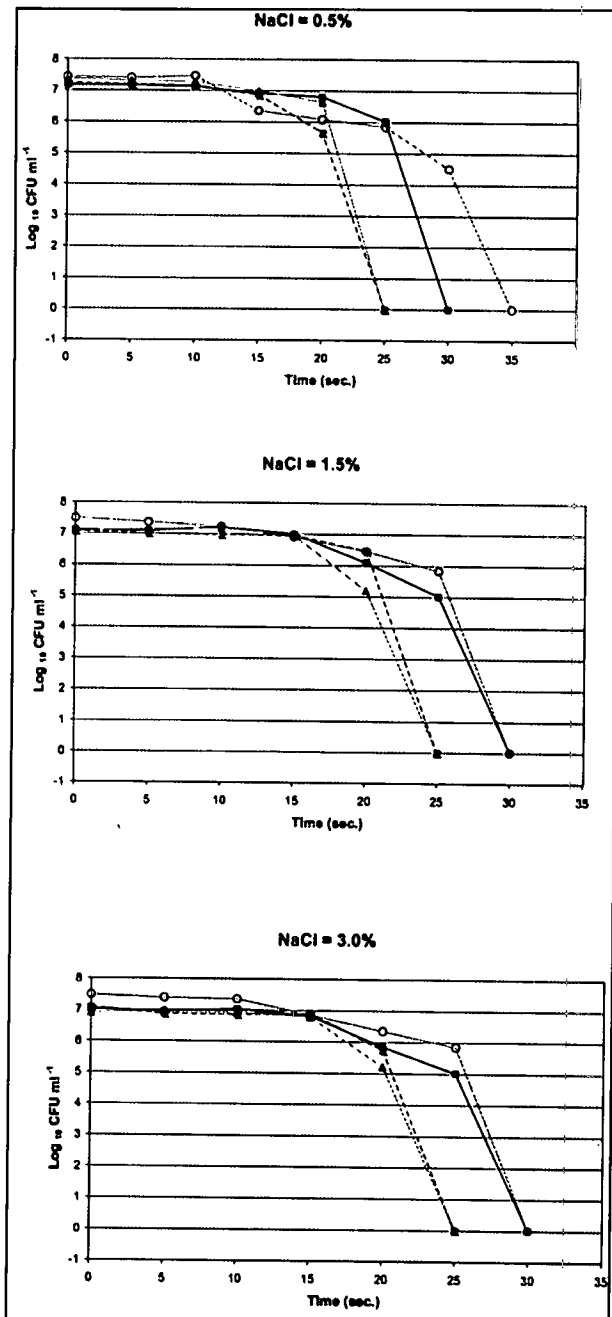
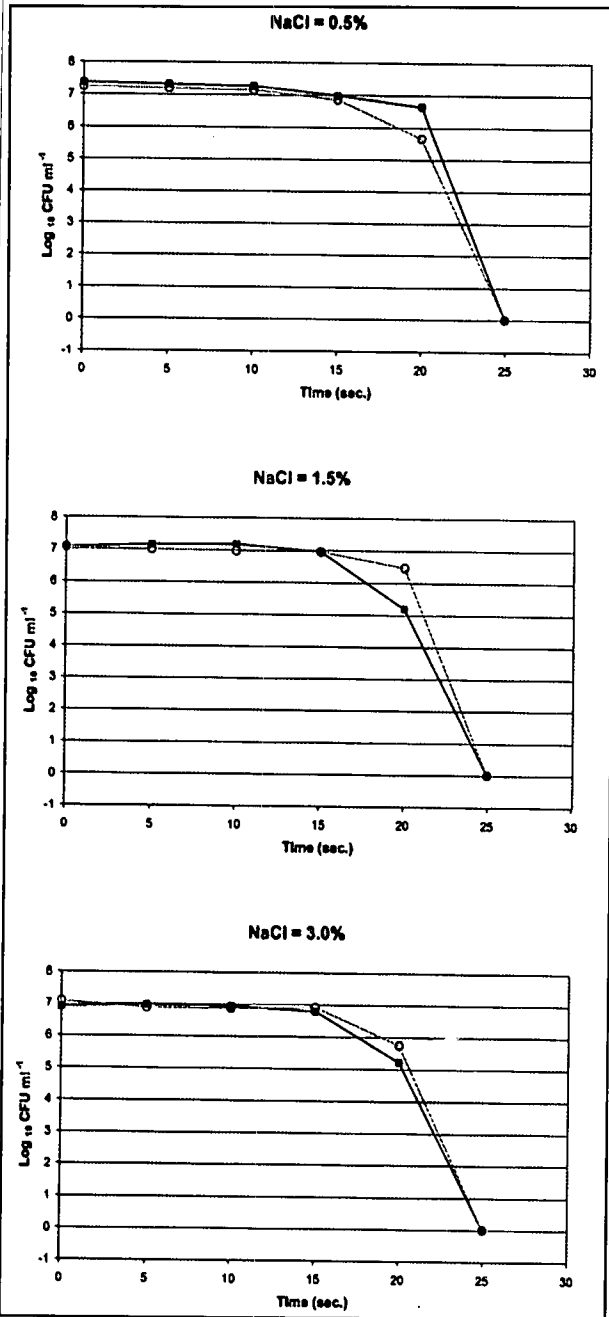
اثر اسید استیک و اسید کلریدریک در pH=۴/۵ و در غلظتهای ۰/۵، ۱/۵ و ۳/۱۰ درصد نمک بر سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو تفاوت معنی داری نداشت (۰/۰۵ > P)، (نمودار ۳).

بحث

مطالعات متعدد در مورد اثر تخریب مایکروویو روی لیستریا مونوسیژنوز انجام گرفته است (۷، ۹، ۱۵، ۱۸). همچنین اثر ترکیب یون بر روی تخریب حرارت توسط مایکروویو صورت گرفته است (۱۵) ولی در مورد اثر توأم غلظتهای مختلف نمک و pH های مختلف بر روی لیستریا مونوسیژنوز تیب ۴a مطالعه انجام نگرفته است. در این تحقیق این ارتباط مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

تحقیق حاضر نشان داد که در محیط کشت مایع کلرید سدیم در غلظت ۰/۵ تا ۳/۱۰ درصد تأثیر معنی داری در اثر تخریبی امواج مایکروویو بر لیستریا مونوسیژنوز ندارد (۰/۰۱ > P)، (نمودار ۱). این در حالی است که بعضی محققین نقش نمکها بخصوص کلرید سدیم را بر توزیع گرما در محیط و در نتیجه اثر باکتری کشی امواج مایکروویو مهم و اساسی می دانند. Mudgett و Swami در سال ۱۹۸۱





نمودار ۲ - مقایسه اثر تخریبی امواج مایکروویو بر لیستریا مونوسیتوژنز در محیط کشت حاوی مقادیر مختلف کلرید سدیم و pHهای ۶/۵ اسید کلریدریک (■-■)، ۵/۵ اسید کلریدریک (○-○)، ۴/۵ اسید کلریدریک (▲-▲) و ۴/۵ اسید استیک (□-□).

غلظت املاح و فعالیت آبی محیط بر اثر میکروب کشی امواج مایکروویو رایی تأثیر نشان داده اند (۱۵). همچنین Moothroy و Baird Parke در سال ۱۹۷۰ و Goepfert و همکاران در سال ۱۹۷۰ در تحقیقات جداگانه ای نشان دادند که هر گاه سالمونلا در محیط های با غلظت مختلف از املاح یا قندها قرار گیرد، رابطه بین مقاومت گرمایی آن و فعالیت آبی محیط قابل پیش بینی نمی باشد (۳، ۱۰). نقش کلرید سدیم بر تأثیر ضد باکتریایی امواج مایکروویو از دو جهت قابل توجه می باشد. از یکسو تأثیر آن بر روی نفوذ امواج مایکروویو، به طوری که افزایش کلرید سدیم موجب کاهش نفوذ امواج به داخل محیط و در نتیجه کاهش اثر ضد باکتریایی این امواج می باشد (۸، ۱۲، ۱۳، ۲۵). از سوی دیگر تأثیر کلرید سدیم بر روی خود باکتری است، به طوری که افزایش بعضی املاح مثل کلرید سدیم از طریق کاهش فعالیت آبی محیط، مقاومت حرارتی

نمودار ۳ - مقایسه اثر تخریبی امواج مایکروویو بر لیستریا مونوسیتوژنز در محیط کشت حاوی مقادیر مختلف کلرید سدیم و pH=۴/۵ ایجاد شده با اسید کلریدریک (■-■) و اسید استیک (○-○).

میکروارگانیزم ها را افزایش می دهد (۱۲، ۱۴، ۱۶). لذا به نظر می رسد که برآیند اثر متقابل عوامل مختلف محیطی بر یکدیگر اثر باکتری کشی امواج مایکروویو را در یک محیط تعیین کند و این گونه می توان نتایج بسیار متفاوت و بعضاً متناقض تحقیقات مختلف را توجیه نمود. در خصوص نتایج تحقیق حاضر می توان چنین نتیجه گرفت که کلرید سدیم در غلظت مورد استفاده در مواد غذایی در محیط های مایع تأثیر معنی داری در اثر تخریبی امواج مایکروویو بر لیستریا مونوسیتوژنز ندارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در محیط کشت مایع حاوی مقادیر مختلف کلرید سدیم، pH=۴/۵ نسبت به pHهای ۵/۵ و ۶/۵ به طور معنی داری اثر تخریبی امواج مایکروویو را افزایش داد و در مدت ۲۵ ثانیه تعداد باکتری به مقدار ۷ لوگ کاهش یافت ($P < 0.01$). این زمان برای محیط های با pH=۵/۵



References

۱. مجاور، س. (۱۳۸۱): بررسی تأثیر ترکیبات مختلف شیر بر تخریب/لیستریا مونوسیوتوزنر سوبه ۴a توسط مایکروویو. پایان نامه دوره دکتری دامپزشکی، شماره ۹۱۴ دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز.
 2. Adams, M.R. and Moss, M.O. (1998): Food microbiology. University of Surrey, Guildford, UK, PP: 22-25.
 3. Baird-Parker, A.C. and Moothroy, J.E. (1970): The effect of water activity on the heat resistance of heat sensitive and heat resistant strain of salmonellae. J. Apple. Bacteriol. 33: 515-522.
 4. Balows, A.W. (1991): Manual of clinical microbiology. 5th ed. Washington DC. American Society for Microbiology. PP: 370.
 5. Decareau, R.V. (1985): Microwave in the food processing industry. New York: Academic press.
 6. Farber, J.M., Sanders, G.W., Dunfield, S. and Prescott, R. (1989): The effect of various acidulents on the growth of *Listeria monocytogenes*. Lett. Appl. Mic., 9: 181-183.
 7. Farber, J.M. and Peterkin, J.M. (1991): *Listeria monocytogenes* a food borne pathogen. Microbiol. Rev., 55: 476-511.
 8. Farber, J.M., D'Aoust, J.Y., Diotte, M., Sewell, A. and Daley, E. (1998): Survival of *Listeria monocytogenes* on raw whole chickens cooked in microwave ovens. J. Food Prot. 81: 1465-1469.
 9. Galuska, P.J., Kolarik, R.W. and Vasavada, P.C. (1988): Inactivation of *Listeria monocytogenes* by microwave treatment. J.An. Sci. 67. Suppl. 139.
 10. Goepfert, J.M., Iskander, I.K. and Amundson, C.H. (1970): Relation of the heat resistance of salmonellae to the water activity of the environment. Appl. Microbiol. 19: 429-433.
 11. Harrison, M.A. and Car Penter, S.L. (1989): Survival of *Listeria monocytogenes* on microwave cooked poultry. Food Microbiol. 6: 153-157.
 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 menstrum containing food components. J. Food Prot. 54: 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 solution by microwave energy. J. Food Prot. 56: 673-678.
 14. Heddleson, R.A. and Doores, S. (1994): Factors affecting microwave heating of food and microwave induced destruction of foodborn pathogens, a review. J. Food Prot. 57: 1025-1037.
- و ۳۰/۵ یا بیشتر بود. اما سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو در دو pH اخیر تفاوت معنی داری نداشت. ($P > 0.05$). (نمودار ۲). مقاومت حرارت میکروارگانیزم ها در مناسبترین pH رشد بیشتر است و با تغییرات pH، حساسیت باکتری افزایش می یابد (۱۶) و انتظار می رود که این موضوع در مورد حرارت دهی با امواج مایکروویو نیز صادق باشد (۱۴). Heddleson و همکاران در سال ۱۹۹۶ در تحقیقی که روی پنج نوع غذا مختلف انجام دادند به این نتیجه رسیدند که pH و فعالیت آبی غذا تأثیری در میزان بقای سالمونلا، لیستریا و استافیلوکوکوس ندارد (۱۵). در تحقیق دیگری مشخص گردید اسیدیته شیر در دامنه ۱/۶ تا ۱/۸ گرم در لیتر تأثیر معنی داری بر اثر تخریبی امواج مایکروویو بر لیستریا مونوسیوتوزنر ندارد (۱). با توجه به یافته محققین و نتیجه تحقیق حاضر چنین به نظر می رسد که pH معمول مواد غذایی تأثیر معنی داری در اثر تخریبی مایکروویو ندارد، اما در pH های پایینتر این اثر مشهود و معنی دار می شود.
- همچنین در این تحقیق تفاوتی در اثر تخریبی امواج مایکروویو بر روی لیستریا مونوسیوتوزنر در محیط کشت مایع دارای pH=۴/۵ ایجاد شده با اسید استیک و اسید کلریدریک مشاهده نگردید ($P > 0.05$). (نمودار ۳). اسیدهای آلی ضعیف به دلیل داشتن فرم غیر یونیزه و ورود راحت تر به داخل سلولها، از اسیدهای معدنی اثر تخریبی بیشتری دارند (۲) و به طور خاص اثر مهاری شدیدتر اسیدهای آلی بر روی لیستریا مونوسیوتوزنر در مقایسه با اسیدهای معدنی مشخص گردیده است (۶). هر چند که مقاومت حرارتی میکروارگانیزم ها در مناسبترین pH رشد بیشتر است و با تغییرات pH، حساسیت باکتری افزایش می یابد (۱۴، ۱۶). اما این موضوع در شرایط مورد تحقیق در مورد حرارت دهی با امواج مایکروویو صدق نمی کند. به طوری که در هر دو شرایط (اسید استیک و اسید کلریدریک) سیر نزولی تعداد باکتری تحت تأثیر امواج مایکروویو مشابه بوده و در مدت ۲۵ ثانیه تعداد باکتری ۷ لوگ کاهش یافت. در این مورد لازم است تحقیقات بیشتری صورت پذیرد.



15. Heddleson, R.A., Doores, S., Ananatheswaran, R.C. and Kuhn, G.D. (1996): Viability loss of *salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes* in complex foods heated by microwave energy. J. Food Prot. 59: 813-818.
16. Jay, M.J. (2000): Modern food microbiology. 6th ed. Aspen publishers, Inc. Maryland. PP: 342-343.
17. Johnson, J.L., Doyle, M.P., Cassens, R.G. and Schoeui, J.L. (1988): Fate of *Listeria monocytogenes* in tissues of experimentally infected cattle and in hard salami. Appl. Environ. Microbiol. 54: 497-501.
18. Lund, B.M., Knox, M.R. and Cole, M.B. (1989): Destruction of *Listeria monocytogenes* during microwave heating. Lancet 1: 218.
19. Marvin, L.S. (1976): Compendium of methods for the microbiological examination of foods. American Public Health Association, Boston, USA, PP: 107-119.
20. Mc Lauchlin, J., Audurier, A. and Tylor, A.C. (1986): Aspects of the epidemiology of human *Listeria monocytogenes* infections in Britain. J. Med. Mic. 22: 367-377.
21. Morozov, L. and Petin, V.G.(1998): Features of modifications of cytotoxic consequence of microwave and thermal heating. Radiats. Biol. Radioecol. 38: 232-237.
22. Mudgett, R.E. (1986): Microwave properties and heating characteristics of food. Technol. 40: 84-93.
23. Ohlsson, T. (1983): Fundamentals of microwave cooking. Microwave World. 4: 4.
24. Quinn, P.J., Carter, M.E., Markey, B. and Carter, G.R. (1994): Clinical veterinary microbiology. Mosby-year book. London. England. PP: 170-174.
25. Swami, S. and Mudgett, R.E. (1981): Effect on moisture and salt content on the dielectric behavior of liquid and semisolid foods. Prot. In. H. Microwave power Inst. symp.16: 48-50.

