مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

روش‌های موثر بر کاهش دز پرتودهی در فرآوری مواد غذایی

محمد تقی صادقی، علی قدیری، ساناز علیوندی*، هادی لایقتر، ایوب نجیبی‌فر
سازمان انرژی اتمی ایران، کیلومتر ۷ جاده بناب تبریز، مجتمع پژوهشی شمالغرب کشور

چکیده: مواد غذایی با منشأ ماهیچه، که در حین ذبح دام و سر و کار داشتن با آن در معرض آلودگی میکروبی قرار می‌گیرند مسئول ایجاد فساد میکروبی و بیماری ناشی از مواد غذایی هستند. بنابراین، نیاز به کنترل بهتر پاتوژن‌های ناشی از مواد غذایی در سال‌های اخیر در اولویت بوده است. روش‌هایی که برای غیرفعال‌سازی این پاتوژن‌ها در مواد غذایی بکار برده می‌شود احتمال وقوع بیماری‌های ناشی از مواد غذایی را کاهش خواهد داد. در حال حاضر چندین فناوری نوین و ابتکاری برای غیر فعال کردن میکروارگانیسم‌ها در مواد غذایی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به اوزون‌دهی، پرتودهی و بکارگیری باکتریوسین‌ها اشاره کرد. باکتریوسین‌ها می‌توانند در مفهوم موانع رشد میکروارگانیسم‌های آلوده کننده مواد غذایی بعنوان سد اضافی عمل کنند. از بین این روش‌ها تنها پرتودهی می‌تواند به صورت مستقل میکروارگانیسم‌های آلوده کننده مواد غذایی را از بین ببرد. اگر چه پرتودهی به تنهایی می‌تواند ایمنی مواد غذایی را بهبود دهد، اما اغلب، درمان ترکیبی به دلیل استفاده کمتر از دز پرتودهی می‌تواند بیشتر رضایت بخش باشد.

واژگان کلیدی: پرتودهی، غیر فعال کردن، میکروارگانیسم‌ها، دز.

Effective factors on decreasing irradiation dose in food processis

M. Sadegi, A. Qhadiri, S. Alivandi Farkhad*, H. Layegtar, A. Najibifar
Bonab-Northwest Research Complex, AEOI

Abstract: Abstract: Foods of muscle origin exposed to microbial contamination during slaughter and handling are responsible for causing microbial spoilage and foodborne illness. Hence, the need for better control of foodborne pathogens has been paramount in recent years. Methods for inactivating these pathogens in food would reduce the likelihood of future foodborne disease outbreaks. There are several innovative processing technologies currently available for the inactivation of microorganisms in foods, such as ozonation, irradiation and the use of bacteriocins. Bacteriocins may contribute an additional barrier in the 'hurdle concept' of food safety. Among these methods, only irradiation could be effective against all food spoilage and food poisoning microorganisms in all food matrices. Although irradiation independently would improve the safty of food, but often combinant treatments due to using low irradiation dose could be more satisfactory.

Keywords: irradiation, inactivation, microorganisms, dose.

مقدمه

ایمنی مواد غذایی به یک نگرانی عمده در صنعت گوشت تبدیل شده است. ترجیح مصرف کننده برای ماده غذایی با کمترین فرآیند عاری از مواد نگهدارنده شیمیایی، شیوع اخیر پاتوژن های ناشی از مواد غذایی مانند اشریشیا کلی O157:H7، و لیستریا منوسیتوژنز، شناسایی پاتوژن‌های جدید در محصولات غذایی، و وضع قوانین جدید مانند قانون حفاظت از کیفیت ماده غذایی، همه وهمه نیاز به سیستم‌های نوین فرآیند کردن و محافظت از مواد غذایی را بوجود آورده است. با تغییرات سریع سبک زندگی در زمان‌های اخیر، خانواده های بیشتری روی غذاهای آماده مصرف (RTE) یا غذاهایی که می‌توانند بسرعت آماده شوند (fast foods) تا حدی اعتماد می‌کنند. در دهه اخیر، شرکت‌های تولید کننده مواد غذایی فرآورده های گوشتی فرآیند شده‌ای را معرفی کرده‌اند که نیازی به آماده‌سازی‌های زیاد ندارند. فرآورده‌های گوشت چرخ کرده سهم عمده‌ای از این بخش از فرآورده‌های غذایی را تشکیل می‌دهند. با این تغییر در عادت‌های پخت و پز، غذاهای آماده مصرف به دماهای بالا نمی‌رسند. از این‌رو، سلامت ماده غذایی در حال تبدیل شدن به نگرانی عمده برای چنین فرآورده‌هایی می‌باشد. این فرآورده‌های غذایی قبل از مصرف تیمارهای گرمایی کم داده شده یا بدون اعمال تیمار گرمایی هستند.

مواد و روش‌ها:

از گروه باکتریایی، اشریشیا کلی O157:H7 و لیستریا منوسیتوژنز در حال ظاهر شدن بعنوان پاتوژن هستند، در صورتی‌که باکتری سالمونلا که مدت زمان زیادی از شناخته شدنش بعنوان پاتوژن می‌گذرد، هنوز در موقعیت شماره یک در میان عوامل باکتریایی مولد بیماری ناشی از غذا قرار دارد. روش‌هایی که برای غیرفعال‌سازی این پاتوژن‌ها در مواد غذایی بکار برده می-شود احتمال وقوع بیماری‌های ناشی از مواد غذایی را کاهش خواهد داد. چندین فناوری نوین و ابتکاری در حال حاضر برای غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها در مواد غذایی وجود دارد که از جمله آن می‌توان اوزوناسیون، پرتودهی و بکارگیری باکتریوسین‌ها برای تأمین سلامت میکروبی در مواد غذایی را نام برد.

اوزن: اوزن به تازگی توجه صنایع مواد غذایی و کشاورزی را به خود جلب کرده است. در سال ۲۰۰۱، سازمان غذا و دارو (FDA) برای استفاده از اوزن به عنوان یک عامل با تماس مستقیم مواد غذایی مطابق با اصول بهداشتی اجازه داد[1]. در سال‌های اخیر از اوزن در موارد مختلفی از جمله برای ضد عفونی کردن گوشت گاو، ماهی، گوشت خوک، گوشت ماکیان، سیب، توت فرنگی، تخم مرغ در طی نگهداری در محیط سرد، میوه و سبزی تازه و ... استفاده شده است.

وقتی که یک سلول توسط یک حمله ویروسی، باکتریایی، یا قارچی تحت فشار واقع می‌شود، تراز انرژی آن با جریان به بیرون الکترون‌ها کاهش پیدا کرده و از لحاظ بار الکتریکی مثبت می‌گردد. اوزن دارای سومین اتم اکسیژن می‌باشد که الکترون دوست است، یعنی اوزن دارای یک بار الکتریکی رادیکال آزاد کوچک در اتم سوم اکسیژن هست که بدنبال متعادل کردن خود از لحاظ الکتریکی با مواد دیگر با بار الکتریکی غیر متعادل متناظر می‌باشد. سلول‌های بیمار، ویروس‌ها، باکتری‌های

مضر، و عوامل بیماریزای دیگر چنین بار الکتریکی را حمل می‌کنند و بنابراین اوزن و فرآورده‌های جانبی آن را جذب می‌نمایند. سلول‌های نرمال و سالم نمی‌توانند با اوزن یا فرآورده‌های جانبی آن واکنش دهند، زیرا آنها دارای بار الکتریکی متعادل و سیستم آنزیمی قدرتمند می‌باشند.

اوزن بدلیل داشتن پتانسیل خیلی بالای اکسیداسیون احیاء، بعنوان یک اکسید کننده عناصر سازنده دیواره‌های سلولی قبل از نفوذ به داخل میکروارگانیسم‌ها و اکسیدکردن ترکیبات ویژه معینی مثل لیپیدهای غیر اشباع، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و ... عمل می‌کند. وقتی که بخش اعظمی از سد غشاء تخریب شده و سبب نشت محتوای سلول به بیرون گشت، سلول‌های باکتریایی یا تک یاخته‌ای لیز (از هم گسیخته) شده و منجر به تخریب تدریجی یا آنی سلول می‌شود. اکثر میکروب‌های بیماریزای با منشأ مواد غذایی به این اثر اکسید کردن حساس هستند.

باکتریوسین‌ها: باکتریوسین‌ها می‌توانند به این صورت تعریف شوند: ماکرومولکول‌های حاوی پروتئین با قابلیت اجرا کردن عمل باکتری‌کشی در باکتری‌های مستعد[2]. آنها مواد ضد میکروبی قوی هستند که بوسیله مجموعه بزرگ و متنوعی از گونه‌های باکتریایی تولید می‌شوند. معدودی از باکتریوسین‌های پایه مواد غذایی، که در مواد لبنی رایج هستند، توسط باکتری‌های اسید لاکتیک نیز تولید می‌شوند[3]. مواد ضد باکتریایی که بوسیله این «باکتری های خوب» تولید می‌شوند و در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: نیسین (nisin)، میکروگارد (Microgard) و روترین (Reuterin). فرآورده‌های غذایی هدف برای استفاده باکتریوسین‌ها یا مواد ممانعت کننده شبیه باکتریوسین‌ها، شامل گوشت و فرآورده‌های گوشتی، فرآورده‌های دریایی، فرآورده‌های لبنی، غلات، میوه و سبزیجات، و نوشابه‌ها می‌باشند[4].

باکتریوسین‌ها می‌توانند بطور موثر در متوقف کردن رشد بعضی باکتری‌های گرم مثبت، باکتری‌های تولید کننده اسپور، و پاتوژن‌های با منشأ مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند. داخل کردن باکتریوسین‌ها یا مواد ممانعت کننده شبیه باکتریوسین‌ها همچون مواد متوقف کننده رشد باکتری‌ها در مواد غذایی آماده مصرف و فرآورده‌های گوشتی، نه تنها در رفع مشکل سلامت مواد غذایی موثر است بلکه در افزایش انبار مانی آنها نیز می‌تواند مفید باشد[5].

پرتودهی: پرتودهی فرآیند بکارگیری سطوح پایین انرژی تابشی برای استریل کردن و یا محافظت مواد می‌باشد. این وسیله فیزیکی پردازش مواد غذایی است که شامل قرار دادن مواد غذایی بسته‌بندی شده یا فله‌ای در مقابل اشعه گاما، اشعه ایکس، و یا

الکترون‌ها می‌باشد، مواد غذایی به طور کلی با اشعه گاما تابیده شده از یک منبع رادیو ایزوتوپ، و یا با الکترون‌ها یا اشعه ایکس تولید شده با استفاده از شتاب دهنده الکترون، پرتودهی می‌شوند. دوز تابش، با kGy (کیلوگری) بیان شده، که تابعی از انرژی منبع تابش و زمان قرار گرفتن در معرض آن می‌باشد. یک گری معادل یک ژول از انرژی جذب شده به ازای هر کیلوگرم از مواد است. واحد گری می‌تواند برای هر نوع تابش استفاده شود، اما این دوز اثرات بیولوژیکی اشعه‌های مختلف را توصیف نمی‌کند. سازمان بهداشت جهانی برای استفاده مناسب از مواد غذایی پرتودهی شده برای مبارزه با بیماری‌ها و زیان‌های ناشی از مواد غذایی تشویق می‌کند. بیش از ۴۰ کشور در سراسر جهان پرتودهی بیشتر از ۱۰۰ نوع مواد غذایی و یا

گروهی از مواد غذایی را برای مصرف تصویب کردند. نگرش مصرف کننده و مطالعات بازار در سراسر جهان نشان می‌دهد که مصرف کنندگان، پرتودهی مواد غذایی را پذیرفته‌اند.

نتایج و بحث:

بعضی از تحقیقات انجام شده در برابر عوامل بیماری‌زای مواد غذایی در دنیا به شرح زیر است

فرآورده‌های میکروگارد مواد بازدارنده رشد شبیه باکتریوسین‌ها هستندکه با تخمیر پایه A شیر بدون چربی توسط باکتری‌های اسید لاکتیک (نظیر گونه‌های پروپیونی باکتریوم یا گونه‌های لاکتوکوکوس) تولید می‌شوند. میکروگارد نسبت به اکثر باکتری‌های گرم منفی و بعضی مخمرها و کپک‌ها، (ولی نه علیه باکتری‌های گرم مثبت) دارای اثر آنتاگونیستی (رقابت آمیز) است[6]. فرآورده‌های میکروگارد در برابر اشریشیا کلی O157:H7 و لیستریا مونوسیتوژنز وقتی که به تنهایی در یک سیستم گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، خیلی موثر نیستند[7]. ولی ترکیبی از تکنیک های دیگر، مانند فرآیندهای پرتودهی یا اوزون‌دهی همراه با میکروگارد، می‌تواند یک اثر هم نیروزادی را جهت سالم و بی خطر کردن غذای ما فراهم نماید.

پرتودهی دستیابی به جمعیت اولیه پایین‌تر از سلول‌های زنده بیماری‌زا می‌باشد که، در نتیجه باعث کاهش رشد میکروبی در طول ذخیره‌سازی می‌شود. دمای ذخیره‌سازی بعد از پرتودهی در پیشگیری از فساد مواد غذایی می‌تواند قابل توجه باشد. برای بسیاری از محصولات غذایی، به منظور افزایش ماندگاری محصول باید تبرید با پرتودهی ترکیب شود. در جدول ۱ روش‌های نوین فرآوری مواد غذایی آورده شده است.

جدول۱: مقایسه روش‌های نوین فرآوری مواد غذایی

روش‌ها	اوزن	باکتریوسین‌ها	پرتودهی
مزایا	✓ قوی‌ترین ضد عفونی کننده در دسترس برای تماس با مواد غذایی می‌باشد. ✓ در تراکم نسبتاً پایین بر علیه طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها موثر است. ✓ شستشوی محصولات با اوزن به جای شستشو با آب(صرفه‌جویی در مصرف آب و ضدعفونی با راندمان بالاتر).	✓ مواد ضد میکروبی قوی هستند ✓ باکتریوسین‌ها در توقف رشد بعضی باکتری‌های گرم مثبت، باکتری‌های مولد اسپور، و پاتوژن‌های مواد غذایی موثر هستند. ✓ داخل کردن باکتریوسین‌ها در مواد غذایی، انبار مانی آنها را افزایش می‌دهد.	✓ افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی به دلیل تاثیر در غیر فعال‌سازی پاتوژن‌ها. ✓ غیر فعال کردن میکروب‌ها با تاثیر بر DNA کروموزومی ✓ تنها روش موثر برای از بین بردن میکروارگانیسم‌های آلوده کننده مواد غذایی می‌باشد.

محدودیت‌ها	➢ با مصرف بیش از حد اوزن، اکسیداسیون سطح ماده غذایی حاصل می‌شود. ➢ وجود محدودیت در رابطه با قرار گرفتن انسان در معرض اوزن. ➢ چالش‌های طراحی سیستم فرآیندی برای کاربران دستگاهی. ➢ هزینه اولیه بالای دستگاه‌های تولید اوزن برای صنایع کوچک مواد غذایی.	➢ باکتریوسین‌ها طیف بازدارندگی بسیار باریکی دارند و تنها بر ضد یک اورگانیسم هدف عمل می‌کنند. ➢ حفظ فعالیت باکتریوسین دشوار است(تجزیه شدن بوسیله آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین). ➢ باکتریوسین‌ها نفوذ ضعیفی دارند	➢ پرتودهی با دوز بالا باعث اکسیداسیون چربی‌ها شده و به ترشیدگی آنها (بدون بو و طعم) منجر می‌شود. ➢ مناسب نبودن پرتودهی برای برخی از غذاهای پروتئینی به دلیل نرم شدن و تغییر رنگ ➢ پذیرش ضعیف توسط مصرف کنندگان به دلیل در ارتباط بودن با رادیواکتیویته

اشریشیا کلی O157:H7 یک پاتوژن است که از نگرانی‌های بزرگ در صنعت غذایی می‌باشد. این می‌تواند در محیط‌های فرآوری مواد غذایی با وجود ادامه تمیز کردن دقیق و روش‌های بهداشتی مقاومت کند. اشریشیا کلی O157:H7 از شایع ترین پاتوژن‌های روده‌ای می باشد، و توسط روش درمانی با پرتوهای یونیزان با دوز پایین(<3.0 kGy) در گوشت و طیور به طور قابل توجهی کاهش و یا حذف می‌شوند. تنها ویروس‌های روده‌ای و جنس endospores کلستریدیوم و باسیلوس به پرتوهای یونیزان بسیار مقاوم هستند[8]. به طور کلی مقاومت در برابر تابش بصورت زیر شرح داده شده است[9].

گرم منفی <گرم مثبت ≈ قارچ‌ها<اسپور ≈ مخمرها <ویروس‌ها

تابش در درجه اول میکروب‌ها را بوسیله تخریب DNA می‌کشد. حساسیت ارگانیسم‌ها به تابش با پیچیدگی ارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، ویروس‌ها مقاوم‌ترین به تخریب توسط تابش و حشرات و انگل‌ها حساس‌ترین به تخریب هستند. اسپورها و کیست‌ها کاملا به اثرات تابش مقاوم هستند، زیرا آنها حاوی DNA کوچک و در مرحله استراحت بسیار پایدار هستند. سموم و پریون‌ها، که دارای چند پیوند شیمیایی در برابر گسیختن دارند، به تابش مقاوم هستند. باکتری‌های تولیدکننده سم حاوی اسپور در حدود ۱۰ بار به اشعه مقاوم‌تر از شکل بدون اسپور هستند. باکتری فساد گرم منفی، نسبت به پاتوژن‌ها حساسیت بیشتری به تابش دارند در حالی که باکتری‌های عامل فساد گرم مثبت، نسبت به پاتوژن‌ها می‌تواند مقاوم‌تر به تابش باشند.

نتیجه گیری

اوزن ضدعفونی کننده قوی با کاربردی‌های امیدوار کننده در صنایع غذایی، و صنعت فراوری کشاورزی است. اوزن در برابر طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها در غلظت نسبتا کم و در زمان قرار گیری کوتاه در معرض آن، موثر است. همچنین اوزن در زمان خارج شدن هیچ باقی مانده خطرناکی را در سطح مواد غذایی یا در تماس با مواد غذایی برجای نمی‌گذارد. به طور کلی در برابر سلول‌های باکتریایی رویشی موثرتر از باکتریایی و اسپورهای قارچی است. از آنجایی که اوزن باید در محل ساخته شود، این امر باعث پس انداز قابل توجهی در هزینه‌های حمل و نقل و ذخیره سازی ضد عفونی کننده‌ها دارد. به هرحال، کاربردی‌های اوزن در حال حاضر در صنایع غذایی عمدتا برای ضد عفونی محصول مرتبط سطح و درمان آب می-باشد. از محدودیت‌های استفاده اوزن می‌توان به این موارد اشاره کرد: ممکن است در نتیجه مصرف بیش از حد اوزن، اکسیداسیون سطح ماده غذایی حاصل شود[10]. اوزن همچنین دارای اثر منفی روی کیفیت حسی کالاهای دیگر نظیر پودر شیر[11] و کیک ماهی[12] بدلیل اکسیداسیون لیپید در آنها بود. همچنین، محدودیت هایی در رابطه با قرار گرفتن انسان در معرض اوزن وجود دارد، که بایستی با آن تعامل کرد.

مشکل عمده باکتریوسین‌ها شامل طیف بازدارندگی بسیار باریک، نفوذ ضعیف و حلالیت در گوشت است، و تخریب ممکن است توسط آنزیم‌های پروتئولیتیک بومی که در بافت گوشت وجود دارد، انجام شود. باکتریوسین‌ها بطور تیپیک بر ضد تنها یک اورگانیسم هدف عمل می‌نمایند. بنابراین باکتریوسینی که بر علیه لیستریا منوسیتوژنز موثر است ممکن است نسبت به اشریشیا کلی O157:H7 کم اثر یا بی‌اثر باشد. از این‌رو، غذاهای آماده مصرف(RTE) تنها بوسیله ترکیبات مهار کننده باکتریوسین‌ها یا شبه باکتریوسین‌ها نمی‌تواند ایمنی ایجاد کنند و باید با روش‌های دیگری، مانند اوزن و یا تابش، ترکیب شده، تا در کنترل میکروارگانیسم‌ها در مواد غذایی ماهیچه‌ای موثر باشند، در نتیجه ارائه ایمن محصولات گوشتی ارگانو لپتیکی RTE قابل قبول خواهد بود.

تاییدیه اخیر FDA برای پرتودهی محصولات گوشتی برای کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا بسیار قاطع مطرح شده است، از این‌رو پرتودهی برای گوشت قرمز تازه و منجمد، از جمله گوشت گاو، گوشت بره، و گوشت خوک اعمال می‌شود. اگرچه پرتودهی یکی از بهترین روش‌ها برای کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در گوشت و محصولات گوشتی است، هنوز هم یکی از نگرانی‌های اصلی پرتودهی گوشت، اثر آن بر کیفیت گوشت است. پرتوهای یونیزان رادیکال های هیدروکسی تولید می‌کنند که می‌تواند باعث تسریع در اکسیداسیون چربی، تغییر رنگ و تولید بوی نامطبوع شود. مقادیر محصولات اکسیداسیون در یک دوز وابسته به روش افزایش می‌یابد. از این رو، استفاده از افزایش دوز پرتودهی می‌تواند به طور قابل توجهی بر پذیرش توسط مصرف کنندگان تاثیر بگذارد.

همه غذاها برای روش درمانی پرتودهی مناسب نیستند. نرم شدن و تغییر رنگ ممکن است در مورد بعضی از میوه‌ها رخ دهد. شیر ممکن است طعم نامطبوع به دست آورد. عطر و طعم برخی از غذاهای پروتئینی به تابش حساس باشد و ممکن است طعم آن تغییر کند. یکی دیگر از محدودیت مهم فرایند پرتودهی مواد غذایی به دلیل در ارتباط بودن با رادیواکتیویته، پذیرش کند

توسط مصرف کنندگان صورت می‌گیرد. اگر چه پرتودهی به تنهایی می‌تواند ایمنی مواد غذایی را بهبود دهد، اغلب، درمان ترکیبی
می‌تواند بیشتر رضایت بخش باشد. برای برخی از مواد غذایی که به دوزهای بالای پرتودهی حساس هستند، می‌توان از دوزهای پایین‌تر اشعه همراه با روش‌های دیگر فرآوری مواد غذایی برای محافظت و کیفیت یک محصول خاص مواد غذایی استفاده کرد.

منابع:

[1] B.C.Hampson," Emerging technology-Ozone", Inst. of Food Technolo. Ann. Meeting, New Orleans, LA. Presented at the 23- 27 June (2001).

[2] G.V.Barbosa-Canovas, U.R.Pothakamury, E.Palou," Nonthermal Preservation of Foods", Marcel Dekker, Inc., New York (1998).

[3] W.J. Kim," Bacteriocins of lactic acid bacteria: Their potentials as food bio-preservative ", Food Rev. Int. 9(2), 299–313(1993).

[4] K.F. Eckner," Bacteriocins and food applications ", Dairy Food Environ. Sanitation. 12(4), 204-209(1992).

[5] R.Jhala, K.Muthukumarappan, J.L. Julson, R.I. Dave, and A.K. Mahapatra, " Synergistic effects of ozone and Microgard 300 for controlling L. monocytogenes in ready-to-eat cooked and cured ham", Am. Soc. Agric. Eng. (ASAE), Paper No. 026143. ASAE, St Joseph, MI(2002).

[6] M.A. Daeschel, " Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food preservatives" , Food Technol. 43(1),164-167(1989).

[7] P. Sharma, R.I. Dave, J.L. Julson, K. Muthkumrappan, D. Henning, " Growth and survival of E. coli O157:H7 and L. monocytogenes in presence of Microgard-R in hamburger ", Inst. Food Technolo. Ann. Meeting. New Orleans, LA. Presented at the 23-27 June(2001).

[8] D.W. Thayer, " Use of irradiation to kill enteric pathogens on meat and poultry", Journal of Food Safety. 15(2),181-192(1995).

[9] M.R. Adams , M.O. Moss," Food Microbiology", The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK(1995).

[10] R.G. Rice, J.W. Farquhar, L.J. Bollyky," Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods", Ozone Sci. Eng., 4,147-163(1982).

[11] R.Ipsen," Factors affecting the storage of whole milk powder", Scand. Dairy Ind., 3,24-26(1989).

[12] H.C.Chen, S.O.Chang," A study on the sterilization effect of ozone and its application for marine food processing", Journal of Fish. Soc. Taiwan. 14,79-89(1987).