همایش ملی ارتقای عمرماندگاری مواد غذایی، آشامیدنی، آرایشی و بهداشتی
با تاکید بر کاهش مصرف نگهدارنده ها
هشتاد و سومین همایش سراسری تازه های پزشکی و پیراپزشکی اصفهان
۲۴-۲۳ مهر ماه ۱۳۹۰

کاربرد تکنولوژی بسته بندی های هوشمند و فعال در حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی

مریم امین علیزاده
(کارشناس کنترل مواد غذایی و آشامیدنی، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
Address mail: maryam_am ۱۳٦۰@yahoo.com
علیرضا حبیبی (مدیریت نظارت بر مواد غذایی و آشامیدنی،دکترای دامپزشکی، معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
محسن پهلوان قمی(معاون مدیریت نظارت بر مواد غذایی و آشامیدنی، لیسانس شیمی صنایع غذایی،، معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
شیوا خیراندیش(کارشناس کنترل مواد غذایی و آشامیدنی، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
فاطمه تخت چین(کارشناس کنترل مواد غذایی و آشامیدنی، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)

مقدمه

به منظور ترسیم درستی از عملکرد بسته بندی های فعال و هوشمند مطالعه توسعه تاریخی صنعت بسته بندی لازم و ضروریست. به طور کلی هدف از بسته بندی ماده غذایی در شکل سنتی به ٤ بخش تقسیم می گردد که شامل: ۱- حفاظت محصول در برابر اثرات تخریب کنندگی محیط خارجی ۲- برقراری ارتباط با مصرف کننده به عنوان یک ابزار تجاری از طریق علائم هشدار بر روی لیبل، دستورالعملهای پخت و آماده سازی محصول، درج اطلاعات و ویژگیهای محصول مانند وزن، حجم، اجزای تشکیل دهنده و نیز ارزش تغذیه ای ۳- دربرگیرندگی محصول با اشکال، احجام و سایز های متفاوت ٤- سهولت در هنگام استفاده و نگهداری ماده غذایی می باشد.

اگرچه بسته بندی سنتی در توسعه اولیه سیستم های پخش و عرضه مواد غذایی سهم بسزایی داشته ولیکن در جوامع پیشرفته امروزی دیگر پاسخگوی نیاز های فزاینده مصرف کنندگان نمی باشد. بنابراین نوآوری در صنعت بسته بندی با هدف ارتقاء عملکرد آن در پاسخ به تقاضای مصرف کننده به جهت به حداقل رساندن میزان فرآوری و محدودتر نمودن مصرف مواد نگهدارنده، پویش دائم و پایداری می باشد. بنابراین در دو دهه گذشته حضور بسته بندیهای هوشمند و فعال، یک نمونه پراهمیت در تحول صنعت بسته بندی ست. بدین صورت که عملکرد حفاظتی آنها برخلاف انواع بسته بندی های سنتی از یک نقش غیر فعال و خنثی در شکل تنها یک لایه مرزی در برابر اکسیژن و رطوبت تبدیل به نقش فعال حفاظتی برای محصول گردیده است.

هدف

در این مقاله هدف، ارائه تعریف دقیق و مفیدتری از بسته بندی هوشمند با درنظر داشتن محدوده عملیاتی که حتی شامل قابلیت ردیابی و سیستمهای کنترل جدید ادراکی در تمام چرخه زنجیره عرضه(از منبع تا مصرف) و بسته بندی فعال به عنوان سیستم تامین حفاظت در شکل ایجاد کنش متقابل بین مواد متشکله بسته بندی و محصول، بواسطه انجام عملیات جذب و آزادسازی کنترل شده ترکیبات موثر در حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی محتوی بر اساس مدل تعریف شده می باشد.

روش مطالعه

بررسی تعاریف و جنبه های قانونی بسته بندی هوشمند و فعال اتحادیه اروپا براساس دستورالعمل هاي كاري به نام ۸۹/۱۰۹/EEC و مطالعه پیشرفت های علمی و عملی صورت پذیرفته در امریکا و منتشر شده در مطبوعات و نشریات تخصصی مرتبط با موضوع و بررسی ملزومات قانونی کاربرد این تکنولوژی در ارتقاء ایمنی و کیفی مواد غذایی با هدف انجام حداقل فرآیند درمراحل تولید، نگهداری و توزیع مواد غذایی.

بررسی و تفسیر منابع

بسته بندی هوشمند

بسته بندی هوشمند به عنوان یک سیستم بسته بندی، توانایی انجام عملکردهای هوشمندانه مانند تشخیص، حس گری، ضبط، ردیابی، برقراری ارتباط و انجام عملکردهای علمی منطقی را بر اساس انجام پردازش به منظور افزایش مدت زمان ماندگاری، ارتقاء کیفیت، ایمنی و هشدار زود هنگام در زمان مواجه با مخاطره را دارا بوده، منجربه سهولت درانجام تصمیم گیری می گردد. بنابراین در مدل فرضی، بسته بندی هوشمند در صدر عملکرد ارتباطی از طریق حسگرهای داخلی و خارجی و بسته بندی فعال تامین کننده حفاظت بواسطه آزاد سازی مواد آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی و غیره می باشد. (نمودار ۱)

نمودار ۱

دو نوع از دستگاه های بسته بندی هوشمند شامل:

۱- حامل های داده مانند لیبلهای بارکد و سیستمهای شناسایی فرکانس رادیویی که برای ذخیره سازی و انتقال داده ها مورد استفاده می باشند
۲- شناساگرها مانند اندیکاتورهای دما-زمان، گاز و بایوسنسورها که وظیفه پایش شرایط محیط خارجی و داخلی و امکان ایجاد کانال ارتباطی بین محیط خارجی و سایر اجزا تشکیل دهنده سیستم را دارا می باشند.

بارکدها

بارکدها متداولترین انتقال دهنده های داده و اطلاعات می باشند. بارکد UPC (universal product code) در سال ۱۹۷۰ به جهان معرفی شد. این نوع یک نماد خطی شامل الگویی از میله ها و فضاهایی برای نشان دادن ۱۲ داده دیجیتالی می باشد. ظرفیت ذخیره سازی در بارکد UPC اندک بوده و حاوی تنها اطلاعات محدودی مانند شماره و

آیتمهای شناسایی تولید کننده میباشد. تقاضای فزاینده برای رمزگذاری اطلاعات بیشتر در فضای کوچکتر، اخیرا منجر به معرفی یک خانواده جدید از بارکدها به نام RSS (Reduced space symology) شده است.
به همان میزان که اسکنر ها قوی تر و مقرون به صرفه تر می شوند بارکدهای ۲ بعدی رایج تر می شوند.
PDF٤١٧ نمونه دو بعدی بوده که به میزان ۱,۱ کیلو بایت داده را در فضای UPC ذخیره می نماید.که در آن مجال رمزگذاری داده های بیشتر که با نمونه های خطی مقدور نمی باشد مانند اطلاعات تغذیه ای، دستورالعمل های پخت، آدرس وب سایت تولید کننده و حتی یکسری از تصاویر علاوه بر اطلاعاتی مانند تاریخ و وزن بسته بندی، شماره سریال بچ و بحر تولیدی فراهم است. سودمندی اطلاعات قابل حمل در دسترس بودن سریع آن بدون نیاز به پایگاه خارجی داده است.

برچسب شناسایی با فرکانس رادیویی Radio frequency identification tags(RFID)

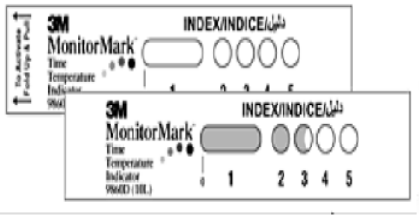
یک نوع از انتقال دهنده پیشرفته داده برای شناسایی اتوماتیک و ردیابی محصول می باشد. در داخل RFID یک ریز تراشه کوچک به آنتن کوچکی متصل می گردد. امواج رادیویی از یک برچسب RFID به بخش ضبط و ذخیره سازی اطلاعات ساطع و برای آنالیز و نتیجه گیری به کامپیوتر متصل به شبکه محلی یا اینترنت منتقل می گردد. معمولا RFID به دو نوع۱- برچسب غیرفعال بدون باتری که ارزانتر بوده و دارای محدوده خواندن ۱۵ پردازه می باشد و ۲- برچسب فعال که قیمت بالاتری داشته و قابلیت خواندن حدود ۱۰۰ پردازه و یا بیشتر را دارد.
در مقایسه با بارکد این سیستم الکترونیکی دارای چندین خصوصیت منحصر به فرد می باشد
اینکه خطوط دید در اینجا مورد نیاز نبوده و نیاز به گردش به سمت ریدر برای انتقال اطلاعات نمی باشد زیرا امواج رادیویی قابلیت عبور از میان صف وسیعی از مواد غیر فلزی را داراست، همچنین ظرفیت به شکل قابل ملاحظه ای نسبت به بارکد (حدود ۱ مگابایت) برای ذخیره سازی اطلاعات بیشتر، مانند دما، رطوبت نسبی، اطلاعات تغذیه ای و دستورالعمل های پخت بالاتر است. با اینحال به عنوان جایگزین برای بارکد شناخته نشده و می توانند به صورت یک سیستم پیوسته از یک نوع به تنهایی یا انواع ترکیبی در صنعت بسته بندی مورد استفاده قرار گیرند.

شناساگر های دما-زمان Time-temperature indicators (TTIs)

دما معمولا مهمترین فاکتور محیطی اثر گذار بر سینتیک تخریب های فیزیکی و شیمیایی و همچنین رشد میکروبی می باشد.
این نوع شناساگر ها به صورت خودچسب بر روی ظروف ثانویه یا بسته بندی اولیه محصولات قرار می گیرند.
این برچسب ها دارای شناساگر های بصری تاریخچه دما در طول مدت توزیع و امکان اخطار شرایط نامناسب دمایی محصولات غذایی سرد یا فریز شده می باشند. آنها همچنین به عنوان اندیکاتور های تازگی برای تخمین مدت زمان باقیمانده ماندگاری محصولات فاسد شدنی نامگذاری می شوند به این شکل که به طور مستقیم کیفیت میکروبی محصول را از طریق انجام واکنش با متابولیت هایی که در پروسه رشد میکروارگانسیم ها به وجود می آیند، نشان می دهند. پاسخ

این لیبلها معمولا به صورت تغییرات بصری وابسته به دما مانند افزایش شدت رنگ و انتشار رنگ در امتداد یک مسیر مستقیم می باشد.
سه نوع تجاری از اندیکاتورهای TTIs به صورت تجاری در دسترس می باشند

۱- شناساگر های دمای بحرانی
۲- شناساگر های تاریخچه نسبی دما
۳- شناساگر های تاریخچه کامل دما



امروزه با گسترش اسکنرهای پیشرفته و تکنولوژی های بی سیم، سیستم های مرکب TTI/Barcodeو TTI/RFID دارای یک ریزتراشه برای تشخیص و ادغام درجه حرارت در طول زمان برای تعیین مدت زمان باقیمانده ماندگاری محصولات غذایی ابداع شده است.

شناساگر های گاز Gas indicators

ترکیب گازها در سرفضای بسته بندی اغلب در نتیجه فعالیت خود محصول غذایی، طبیعت بسته بندی، شرایط محیطی برای مثال تنفس محصول تازه، گاز تولید شده توسط میکروارگانیسمهای عامل فساد یا انتقال یافته از طریق مواد یا نشت بسته بندی، تغییر می کند. شناساگر های گاز در اشکال لیبل یا پرینت شده بر لایه های بسته بندی تغییرات ترکیب گازها را پایش می کنند. اندیکاتورهای اکسیژن رایج ترین آنها می باشندکه اخیرا در بسته بندی پیتزا و گوشت پخته برای پایش درب بندی یا درزبندی نامطلوب و تخریب کیفیت بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده به کار می روند. این نوع اندیکاتورها عموما به دو دسته طبقه بندي مي شوند: ۱)لوموفريك و ۲) كالريمتريك. كه در اولي شدت لومي نسنت يا زمان ماندگاري انديكاتور اندازه گيري مي شود و معمولا با افزايش نسبي فشار اكسيژن كاهش مي يابد و دومي با تغيير رنگ مشاهده مي شود كه در نتيجه سه واكنش(a) باند شدن با اكسيژن (b) احياي رنگ (c) واحياي رنگ با نور اكتيو شده، عمل می نماید.

شناساگرهای دیگر برای بخار آب، دی اکسیدکربن، اتانول، سولفید هیدروژن و سایر گازها طراحی شده اند.

در آینده تلفیق شناساگرهای گاز با سیستمهای بارکد یا RFID که قادر به انتقال سیگنالهای شناسایی گاز به صورت الکترونیکی علاوه بر اشکال بصری و دارای قابلیت خوانده شدن از یک فاصله با سیستمهای نوری می باشند. مورد انتظار است.

بایوسنسورها

پاتوژنها در طول زمان به عنوان مهمترین عوامل بیماریزای ناشی از غذا شناخته شده و کنترل می شوند. بنابراین عملکرد سریع و دقیق برای سنجش، تجزیه و تحلیل آلاینده ها، تشخیص و شناسایی پاتوژن و نظارت بر کیفیت کلیه پارامترها، پس از فرآوری مواد غذایی مورد نیاز است.
به طور کلی یک بایوسنسور وسیله ای تحلیلی برای شناسایی، ذخیره و انتقال اطلاعات مربوط به واکنشهای بیوشیمیایی است.
این دستگاه دارای دو جزء تشکیل دهنده اولیه شامل ۱- دستگاه گیرنده بیولوژیکی (Bioreceptor) که آنالیت هدف را تشخیص می دهد و ۲- دستگاه مبدل (Transducer) که سیگنالهای بیوشیمیایی را تبدیل به پاسخهای الکتریکی قابل اندازه گیری می کند.گیرنده بیولوژیکی یک ماده ارگانیک یا بیولوژیکی مانند آنزیم، آنتی ژن، میکروب، هورمون یا نوکلوئیک اسید است و یک دستگاه مبدل که در اشکال الکتروشیمیایی، نوری یا صوتی موجود می باشد. ویژگیهای خاص یک بیوسنسور میزان حساسیت، ضریب اطمینان، قابلیت حمل و سادگی آن می باشد.
در امریکا یک سیستمی مرکب از بایوسنسور/ بارکد به نام food sential system برای شناسایی پاتوژنها در بسته بندیهای غذایی ابداع شده است. در این سیستم، آنتی بادی ویژه پاتوژن که در بخش لایه مانند بارکد الصاق شده است در برخورد با باکتریهای آلوده کننده منجر به تشکیل نوار موضعی تیره شده که بارکد را در زمان اسکن غیر قابل خواندن می کند.
سیستم تشخیصی دیگر به نام Toxic Guardبوده که در آن آنتی بادی به فیلمهای بسته بندی از جنس پلاستیک برای ردیابی پاتوژنها ترکیب شده و زمانیکه با پاتوژن هدف برخورد کند، مواد بسته بندی یک سیگنال واضح بصری برای هشدار به مصرف کننده ویا بازرس ایجاد می نماید. این سیستم برای ردیابی آلودگیهای بزرگ طراحی شده است زیرا حساسیت کافی برای شناسایی سطوح اندک از آلودگیهای پاتوژنی را ندارد.

برنامه های کاربردی بسته بندیهای هوشمند شامل:

۱. ارتقاء سلامت و ایمنی زیستی مواد غذایی

بسته بندي هاي هوشمند زمانيكه با اصول علمي ادغام شود ابزار مفيدي براي رديابي و پايش شرايط محصولات غذايي محتوي از طريق دسترسي به داده ها در زمان واقعي و تبادل سريع، تصميم گيري و عكس العمل به موقع خواهد بود. قابليت رديابي جريان محصول از فرآيند توليد و زنجيره عرضه راهكار كليدي مناسبي در ارتقاء ايمني و بيولوژكي مواد غذايي مي باشد. (نمودار ۲)

نمودار ۲

سیستم هاي بارة ر پ ر ي راديويي (RFID) قادر به ثبت، نگهداري و تبادل الكترونيكي داده ها بالاخص زمانيكه با ابزارهاي خارجي مانند PH متر، دستگاه سنجش فعاليت آبي، دستگاه شناسايي سريع ميكروبي يا ابزارهاي غير تخريبي سنجش كيفي مرتبط مي شوند به منظور ارزيابي ويژگيهاي كيفي و پايش خصوصيات ايمني ماده غذايي كاربرد دارند.

درسالهای اخیر سیستم HACCP در سطح بین المللی به منظور مدیریت خطر مرتبط با ایمنی مواد غذایی شناخته شده است.

این سیستم شامل ۷ اصل شامل ۱- آنالیز خطر ۲- تعیین نقاط بحرانی ۳- تعیین حدود بحرانی ٤- تدوین رویه های پایش ٥- تدوین اقدامات اصلاحی ٦- رویه های صحه گذاری و تایید ۷- ثبت سوابق و مستند سازی می باشد.

اجرای این اصول نیازمند ذخیره سازی، تبادل و پردازش اطلاعات به منظور تصمیم گیری و انجام اقدامات اصلاحی در زمان مناسب می باشد.

هنگام بکارگیری اصول HACCP بایستی توجه ویژه ای به طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم گیری نشان داد. تجزیه و تحلیل خطر نه تنها برای جریان مواد بلکه برای جریان اطلاعات نیز بایستی تعریف گردد.

حدود نقاط کنترل بحرانی (مانند دما و زمان) ممکن است در بارکدها و تگ های امواج رادیوییRFIT برای بازیابی الکترونیکی داده ها کدگذاری گردد. پایش نقاط کنترل بحرانی با استفاده از برچسب های TTI، RFIT یا سایر دستگاههای سنجش جایگذاری شده در نقاط استراتژیک انجام می گیرد. در هر صورت طراحی بسته بندی هوشمند براساس سیستم HACCP در مراحل ابتدایی بوده و نیازمند عملکردهای تحقیقاتی بیشتری در این خصوص می باشد.

۲. ارتقاء کیفیت ماده غذایی و سهولت آماده سازی

سیستم بارکد PDF۱٤۷ در بسته بندی هوشمند، داده های مرتبط با آماده سازی محصولات غذایی محتوی را نیز حمل می کند. سیستم پردازشگر شیوه اجرا فرآیند حرارتی مناسب را ترجمه می کند.

دستورالعملهای درج شده بر روی بسته های مواد غذایی قابل استفاده در مایکروویو ممکن است در بسیاری موارد دارای ابهام بوده و مانع دستیابی به کیفیت مناسب غذای آماده سازی شده گردد. این مشکل از طریق عملیات اسکن بارکد تعبیه شده در بسته بندی، پردازش اطلاعات و اجرای عملکرد مناسب آماده سازی محصول توسط مایکروویو برای ایجاد حداکثر هماهنگی بین شرایط آون با ویژگیهای مورد نظر بسته بندی حاوی موادغذایی، برطرف می گردد. به کارگیری چنین سیستمی نیاز تنظیم دستی را بالاخص برای سیستمهای مرکب که شامل مراحل چندگانه تنظیم حرارتی می باشند، حذف می کند.

بسته بندی فعال

پیشرفت هاي تکنولوژيکي اخير درصنعت مواد غذايي اروپا، توليد و بکارگيری بسته بنديهاي فعال را به جهت طولاني تر کردن کيفيت و ماندگاري غذا مشروط به آنکه همگام و موافق با قوانين ايمني اروپا بوده و برچسب زني نيز اطلاعاتي را در مورد طبيعت اين نوع از بسته بنديها به مصرف کننده بدهد، مجاز دانسته است.

انواع مختلفي از مواد تشکيل دهنده بسته بندي هاي فعال با توجه به طريقه عملکردشان شامل:

- جذب کننده ها Absorbers
- ساطع کننده ها Emitters
- افزودني هاي غذايي مانند نگهدارنده ها Preservatives
- آنتي اکسيدانها Antioxidants
- طعم دهنده ها Flavorings
- عوامل ضدميکروبی

و سايرين می باشند.

در تعریف، بسته بندی فعال بعنوان یک سیستم بسته بندی ست که به شکل فعالانه شرایط موجود در بسته بندی را به منظور افزایش مدت زمان نگهداری(shelf life) و ارتقاء خصوصیات ایمنی و حسی ماده غذایی، تغییر می دهد درحالیکه کیفیت محصول را حفظ می کند.

کلیه تکنولوژی های بکاررفته در بسته بندیهای فعال شامل عملکردهای فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژکی به منظور حصول نتیجه مطلوب درکنشهای متقابل بسته بندی، محصول و بخش سرفضای بسته بندی می باشد.

یک گروه از تکنولوژی های بکار گرفته شده شامل بسته بندی با خصوصیت جذب و انتشار گازها در فیلم بسته بندی یا کیسه های کوچک به منظور جذب اکسیژن، بخارآب، اتیلن و سایر گازها یا انتشار دی اکسید کربن و اتانول به داخل سرفضای بسته بندی در جهت ایجاد محیط مساعد و مطلوب در فضای داخلی بسته بندی در توسعه زمان ماندگاری ماده غذایی می باشد.

همچنین بسته بندی فعال می تواند یک نوع سیستم بسته بندی با ویژگی آزاد سازی کنترل شده ترکیبات فعال مانند مواد ضد میکروبی، آنتی اکسیدانها، آنزیمها و مواد عطر و طعم دهنده به منظور حفاظت محصول در برابر فساد میکروبی و ارتقاء کیفیت باشد.

بیشترین تلاشهای صورت گرفته در این گروه متمرکز بر ساخت بسته بندی هایی با خصوصیات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی بوده که اخیرا نیز بسته بندی های ضد میکروبی توسعه یافته، حاوی مواد افزودنی طبیعی به جای سنتتیک ابداع گردیده است..

نتیجه

بسته بندی هوشمند بعنوان یک شاخه جدید در علم و تکنولوژی بسته بندی پدیدار و زمینه های مناسبی را در جهت ارتقاء ایمنی، کیفیت و سهولت نگهداری و مصرف مواد غذایی ایجاد می نماید. توسعه و پیشرفت در این زمینه نیازمند تحقیق همراه با تفکری برتر در استفاده از رویکردهای غیر سنتی در برخورد با چالشهای پیش روست. الزام درچهارچوب عملیاتی این تکنولوژی هدایت، همسو سازی و جمع بندی تلاشهای تحقیقاتی صورت پذیرفته در زمینه های مربوط به علم بسته بندی، علوم غذا، بایوتکنولوژی، علم مربوط به حس گرها، تکنولوژی اطلاعات (مفروضات-سوابق) و نانو تکنولوژی در جهت تغییر و تحول و گذر از شکل سنتی آن می باشد. هدایت کنندگان اصلی در انجام این نوآوریها ملزومات تعیین شده در ارائه خدمات توسط مصرف کنندگان و تقاضاهای رو به افزون برای عرضه محصولات غذایی در سراسر جهان می باشد. بنابراین نوآوری در صنعت بسته بندی با هدف ارتقاء عملکرد آن در پاسخ به تقاضای مصرف کننده به جهت به حداقل رساندن میزان فرآوری و محدودتر نمودن مصرف مواد نگهدارنده، پویش دائم و پایداری بوده و خواهد بود. در این تکنولوژی، همچنین مسائلی مربوط به محدودیت های مذهبی، اقتصادی و اختصاصات مصرف کننده نیز بایستی به صورت آشکارا لحاظ گردد.

References

۱. *Aaron l. Brody, Betty Bugusu, Et al, Innovative Food Packaging Solutions, IFT, Journal of Food Science. vol ۷۳, Nr۸, ۱۰۷-۱۰۹(۲۰۰۸)*
۲. *Kit L. Yam, Paul T. Takhistov, And Joseph Miltz, Intelligent Packaging: Concepts and Applications. Journal Of Food Science. VOL. ۷۰, Nr. ۱, R ۱-R ۱۰ (۲۰۰۵)*
۳. *Andrew Mills, Oxygen Indicators &Intelligent ink for Packaging food, The Royal Society of Chemistry. Chem. Soc. Rev. ۳٤, ۱۰۰۳-۱۰۱۱(۲۰۰۵)*
٤. *Marco Riva, Luciano Piergiovanni and Alberto Schiraldi, Performances of Time-Temperature Indicators in the study of Temperature Exposure of Packaged Fresh Foods, Packaging Technology And Science, vol. ۱٤, ۱-۹(۲۰۰۱)*
٥. *Kit L. Yam , Intelligent Packaging for the Future Smart Kitchen, packaging tech. & science, vol ۱۳, ۸۳-۸٥ (۲۰۰۰)*
٦. *N. D. R. Goddard,† R. M. J. Kemp and R. Lane, An Overview of Smart Technology, Packaging Technology And Science, VOL ۱۰ ۱۲۹-۱٤۳(۱۹۹۷)*
۷. *Bente Fabech ,Active & Intelligent Food Packaging, A Nordic report on the legislative aspects, This report has been discussed and approved in the Joint Nordic Working Group on Food Law and sponsored by the Nordic Committee of Senior Officials for Food Issues under the Nordic Council of Ministers*