دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان
باشگاه پژوهشگران جوان واحد قوچان
دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی
April , 29 - 30 , 2013
۹ - ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲
آدرس وب سایت همایش :
http://forum.bpj.ir/ghochan-fic2

شناساگرهای زمان-دما ابزار دقیق پایش کیفیت و سلامت غذا

سارا خشنودی‌نیا[۱] و ناصر صداقت[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد مشهد

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

عدم کنترل دما در طول چرخه فرآوری، توزیع و انبارداری سلامت کالا را به خطر می‌اندازد و محصول قبل از اتمام تاریخ مصرف درج شده روی آن فاسد می‌شود. لذا نظارت و مدیریت دما در چرخه‌ی توزیع فرآورده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اما بیش‌تر شیوه‌های نظارت بر دما دردسر ساز است، زیرا تنها دمای نقطه‌ای که پروب در آن قرار دارد را اندازه‌گیری می‌کند. حتی اگر چندین پروب استفاده شود تنها دمای لحظه‌ای قابل نمایش است. برای حل این مشکل شناساگرهای زمان-دما گزینه‌های مناسبی هستند. این شناساگرها برچسبی هستند که روی کالا نصب و تاریخچه دما- زمان را به صورت پاسخ دیداری و غیرقابل برگشت نشان می‌دهد. این پاسخ‌های قابل رویت TTI به مصرف‌کننده کمک می‌کند تا کیفیت و تاریخ مصرف واقعی محصول را ساده‌تر تشخیص دهد و احتمال فساد آن را پیش‌بینی کند. نشانگرها یا شناساگرها زمان-دما انواع مختلفی دارند که اصول عملکردی آن‌ها بر مبنای واکنش آنزیمی، میکروبی، مکانیسم انتشا و پلیمریزاسیون حالت جامد است. انتخاب مناسب شناساگر زمان-دما یک ضرورت است. مهم‌ترین فاکتور در انتخاب شناساگر هماهنگی کنتیک واکنش شناساگر و کنتیک فساد غالب در فرآورده است. زیرا نمایشگری که خیلی سریع تغییر نشان دهد سبب اتلاف فرآورده‌ی سالم خواهد شد، و نمایشگر دیر پاسخ باعث فروش فرآورده‌ی فاسد شود. در این پژوهش به بررسی انواع شناساگرهای دما-زمان، ویزگی آن‌ها، نحوه‌ی عملکرد و چگونگی انتخاب صحیح شناساگرهای زمان-دما می‌پردازیم.

کلید واژه: تاریخ مصرف واقعی، زمان، دما، **نشانگر زمان-دما، کنتیک فساد، کنتیک شناساگر.**

۱- مقدمه

سلامت و کیفیت بسیاری از غذاهای فسادپذیر حساس به حرات می‌تواند با عدم کنترل دما در طول چرخه فرآوری، توزیع و انبارداری به خطر می‌افتد.[۱] برای کاهش خطرات ناشی از افزایش دما قوانینی وضع شده که مواد

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم صنایع غذایی، ۰۹۱۷۷۱۱۴۷۰۱، sarakhoshnoudi@yahoo.com

[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، sedaghat1@yahoo.com

غذایی حساس در دمای مناسب ذخیره شوند در قوانین آمریکا گوشت تازه و گوشت ماکیان باید زیر ۴/۴ درجه سانتی‌گراد (۴۰°F) و تخم‌مرغ تاره زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد (۴۵°F) نگهداری شود. [۲] در پاسخ به افزایش قوانین و افزایش آگاهی مصرف‌کننده از تغییراتی که در اثر کنترل نامناسب دما ایجاد می‌شود برخی شرکت‌های تهیه غذا، حمل و نقل و چرخه‌های توزیع از سیستم HACCP [۳] برای کنترل و افزایش سلامت غذا استفاده کردند. این برنامه شامل آنالیز خطر، تعریف نقاط کنترل خطر[۴]، تعریف حدود خطر در آن نقاط، شیوه‌های نظارت بر این حدود در طول فعالیت‌های تجاری، ارائه راه‌کار اصلاح فعالیت، نگهداری سوابق و روند بررسی است.[۳] یکی از نقاط بحرانی کنترل و نظارت بر دما در طول چرخه تولید است. [۴] برخی برنامه‌های نظارت شامل اندازه‌گیری دما در محل فرآیند و ذخیره، در کامیون‌های حمل و نقل، روی باراندازهای بارگیری و تخلیه و در قفسه‌های خرده‌فروشی است. اما برخی شیوه‌های نظارت بر دما دردسر ساز است، زیرا تنها دمای نقطه‌ای که پروب در آن قرار دارد را اندازه‌گیری می‌کند. حتی اگر از چندین پروب استفاده شود، تنها دمای لحظه‌ای محصول قابل نمایش است. همان‌طور که می‌دانید دما در انبارها، کامیون‌ها و یخچال‌های خرده‌فروشی به ویژه زمانی که کالاها چسبیده به هم قرار دارند بسیار متغیر است. این تفاوت می‌تواند به علت سیرکولاسیون ضعیف هوا، پشته‌سازی نامناسب محصولات در فریزر، یا عملکرد نامناسب یخچال باشد. تکیه بر دمایی که توسط پروب ثبت شده ناکافی است زیرا ابزار نظارت بر دما یک محصول را تا رسیدن به دست مشتری تعقیب نمی‌کنند، در حالی که ممکن است عملکرد ناصحیح در تمام این مراحل اتفاق افتد. [۵] لذا برای نظارت بر شرایط دمایی هر فراورده و نشان دادن سلامت و کیفیت واقعی آن‌ها در سرتاسر زنجیره‌ی سرد، یک روش کارآمد مقرون به صرفه مورد نیاز است [۶]و[۷]. برای نیل به این هدف برچسب‌های هوشمند بسته‌بندی یعنی شناساگرهای زمان-دما (TTI) [۵] گزینه‌های مناسبی هستند. با استفاده از این برچسب‌ها و بر اساس مدل‌های معتبر، زمان ماندگاری فرآورده و اثر دما از تولید تا مصرف، قابل بررسی، ثبت و تفسیر است. یک سیستم بر پایه‌ی TTI می‌تواند به کنترل واقع‌بینانه‌ی زنجیره‌ی سرد را منجر شده و در عین حال کاهش ضایعات و تضمین کیفیت و سلامت محصول را به دنبال داشته باشند. هدف از این مقاله بررسی این برچسب‌های هوشمند و طریقه‌ی انتخاب صحیح آن‌هاست.

۲- تعریف نشانگر زمان-دما (TTI)

تمام تولیدکنندگان مواد غذایی و مواد فسادپذیر تاریخ مصرفی را بر روی محصول حک می‌کنند که عمر مفید محصول را نشان می‌دهد. با این حال این تاریخ‌های درج شده بر روی محصول نمی‌توانند چندان قابل اطمینان نیستند [۸]، زیرا تولیدکننده تاریخ مصرف را با فرض این‌که محصول در طول زمان نگهداری در شرایط تعریف‌شده و معینی نگهداری می‌شود تخمین می‌زند و نمی‌تواند محرک‌هایی را که محصول در طول هر مرحله از زنجیره تأمین از تولید تا مصرف در معرض آن قرار می‌گیرد را کنترل و پیش‌بینی کند. [۹] همان‌طور که ذکر شد، دما یک فاکتور مهم برای حفظ سلامتی و کیفیت غذا در طول دوره‌ی نگهداری محصول است. اگر غذای فسادپذیر در بالای شرایط دمایی صحیح ذخیره شود رشد سریع میکروارگانیسم‌ها اتفاق خواهد افتاد[۱۰] و محصول قبل از اتمام تاریخ مصرف درج

---

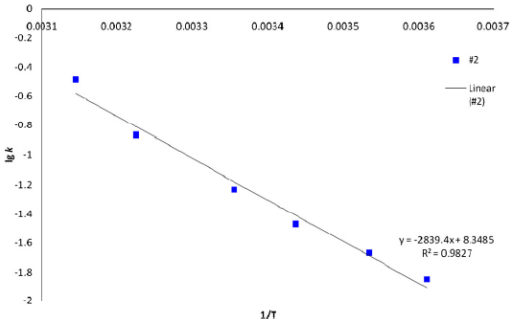
[3] Hazard Analysis Critical Control Point
[4] critical control points
[5] time-temperature indicator (integrator)

شده روی آن فاسد خواهد شد [۱۱]. بنابراین نظارت و ثبت تاریخچه دما برای پیش‌بینی کیفیت و زمان ماندگاری غذا مسئله‌ای حائز اهمیت است. نشانگر زمان–دما (TTI) برچسب‌های هوشمند ارزان و فعالی هستند که قادرند تغییرات وابسته به زمان–دما به طور واضح نمایش دهند. [۱۲] و[۱۳] این ابزار تمام یا بخشی از تاریخچه‌ی محصول را از زمان تولید تا مصرف نشان می‌دهد و عموماً روی سطح خارجی بسته قرار می‌گیرند و نیازی به واکنش با غذا ندارد.[۱۴]

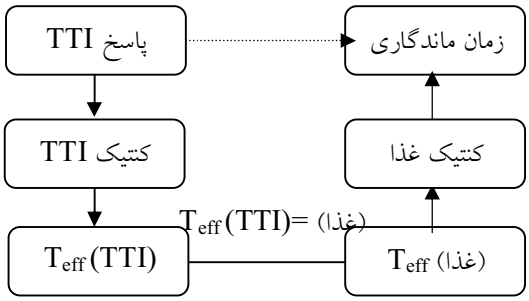
۳- انتخاب شناساگر زمان–دمای مناسب

انتخاب مناسب TTI یک ضرورت است. زیرا نمایشگری که خیلی سریع واکنش نشان دهد، سبب اتلاف فرآورده‌ی سالم خواهد شد، در حالی‌که یک نمایشگر دیر پاسخ ممکن است باعث فروش و مصرف فرآورده‌ی فاسد شود. برای استفاده بهینه‌ی شناساگر زمان–دما، هر دو کنتیک TTI و مکانیزم‌های فساد فرآورده بایستی مورد مطالعه قرار گیرند و نقطه پایان تغییر رنگ TTI باید با انتهای زمان نگهداری غذا متناسب باشد. [۱۱]

انرژی اکتیواسیون شناساگر زمان–دما از طریق معادله‌ی آرنیوس و رسم نمود lnk (k ثابت سرعت واکنش است) در برابر معکوس دمای مطلق به دست می‌آید (شکل ۱) که شیب خط حاصله انرژی اکتیواسیون را نشان خواهد داد. انرژی اکتیواسیون فساد غالب در ماده‌ی غذایی نیز به شیوه‌ی مشابه و بسته به نوع فساد به دست می‌آید. تفاوت بین انرژی اکتیواسیون فساد غالب در ماده‌ی غذایی و انرژی اکتیواسیون شناساگر زمان–دما تعیین‌کننده مناسب بودن شناساگر برای ماده‌ی غذایی است. عموماً تفاوت انرژی اکتیواسیون‌ها ۲۵–۲۰± کیلوژول برمول در نظر گرفته می‌شود [۱۵]و[۱۶]



شکل ۱۳- نمودار آرنیوس سرعت پاسخ یک نمونه شناساگر دما–زمان اندیکاتور



شکل ۲- شمای کاربردی TTI برای نظارت بر کیفیت ماده‌ی غذایی[۱۷]

۴- ویژگی‌های شناساگر زمان-دما:

یک شناساگر زمان-دما باید پاسخ قابل اعتماد و تکرارپذیری داشته باشد، و در مواجه با شرایط دمایی و پروفایل زمانی مشابه پاسخ یکسانی را ارائه کند. تحت شرایط محیطی دیگری جز دما مانند نور و رطوبت نسبی آلودگی هوا قرار نگیرد [۱۸]. مقاومت مکانیکی خوبی داشته باشد تا در اثر ضربه یا ناخنک زدن دچار اشتباه نشود. پاسخی قابل درک و مناسب با سنجش توسط ابزار الکترونیکی داشته باشد تا اطلاعات به دست آمده از آن قابل ساده‌تر و سریع‌تر قابل تفسیر و استفاده باشد. پاسخ به صورت برگشت‌ناپذیر و قابل تفسیر و اندازه‌گیری باشد. [۱۹] سرعت پاسخ شناساگر ارتباط نزدیک با میزان تخریب غذا و زمان ماندگاری باقی‌مانده داشته باشد. قادر باشد یک پیغام ساده و شفاف را به تولیدکننده، توزیع‌کننده و مصرف‌کننده منتقل کند. [۲۰] تا حد ممکن کوچک بوده و به آسانی به بسته‌ی ماده‌ی غذایی متصل شود و با سرعت بالای فرایند بسته‌بندی هماهنگ باشد.[۲۱] از نظر هزینه کاملاً قابل توجیه باشد. [۲۲] قبل از فعال‌سازی زمان‌ماندگاری بالایی داشته باشند و در عین حال به آسانی قابل فعال‌سازی باشند. با شرایط مختلف دمایی (مانند دمای انجماد، یخچال و اتاق) وفق‌پذیر بوده و حساسیت دمایی آن قابل تنظیم باشد و برای پاسخ چند روزه تا چند ماهه قابل استفاده باشد. ترکیب شناساگر سرطان‌زا و سمی نباشد [۲۳]و[۱۹].

در نهایت یک TTI مناسب می‌تواند به کنترل واقع‌بینانه زنجیره سرد، بهینه‌سازی گردش موجودی انبار، کاهش ضایعات و تنظیم کارآمد زمان ماندگاری بیانجامد. سرعت تغییرات بصری شناساگر وابسته به دما و مشابه واکنش‌های تخریبی محصول می‌باشد و در دماهای بالاتر سرعت این تغییرات افزایش می‌یابد. بنابراین روی هم رفته پاسخ دیداری TTI منعکس‌کننده تاریخچه زمان-دمای فرآورده همراه آن است.[۲۴]و[۲۵]

۵- انواع نشانگر زمان-دما

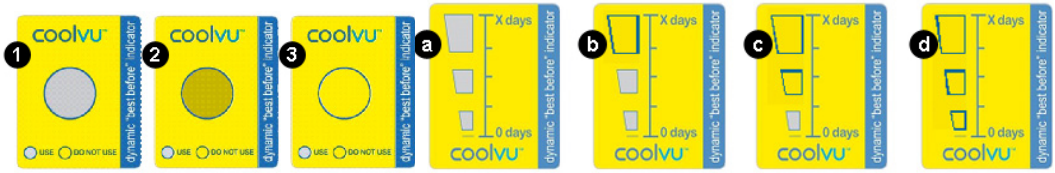
نشانگرهای زمان-دما انواع مختلفی دارند به طور کلی شناساگرها به سه دسته‌ی کلی شناساگرهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی تقسیم‌بندی می‌شوند. که اصول عملکردی آن‌ها بر مبنای واکنش آنزیمی، مکانیسم انتشار، پلیمریزاسیون حالت جامد واکنش‌های میکروبی است. [۴] و[۲۶]

۵. ۱- شناساگر زمان-دمای انتشاری:

یکی از مرسوم‌ترین TTIهای انتشاری شناساگر زمان-دمای 3M Monitor Mark ساخت شرکت 3M Company آمریکا است. عملکرد این شناساگر به این نحو است که استر اسید چرب رنگی در طول فتیله متخلخل ساخته شده از کاغذخشک‌کن حرکت می‌کند. پاسخ قابل اندازه‌گیری فاصله‌ای است که استر اسید چرب در طول فتیله پیموده است. این‌که TTI در چه دمایی عمل کند و چه بازه‌ی زمانی را نشان دهد کاملاً وابسته به نوع و غلظت استر است.[۲۷]و[۲۸]

شکل ۳- نشانگر 3M Monitor Mark. حرکت استر در طول فتیله نشان‌دهنده زمان واقعی است که از فعال‌سازی فتیله گذشته است. هر چه دما بالاتر باشد حرکت استر در طول فتیله سریع‌تر خواهد بود.

نوع دیگری از شناساگرهای زمان-دما انتشاری با نام CoolVu نیز اخیراً به بازار عرضه شده است که بر پایه تجزیه‌ی یک لایه‌ی آلومینومی بنا شده است. این شناساگر از دو بخش تشکیل شده که قسمت اول لایه‌ی آلومینومی پرینت شده و لایه دیگر یک لایه‌ی شفاف و خورنده آلومینوم است روی لایه‌ی آلومینوم چسبانده می‌شود و به این ترتیب برچسب فعال می‌شود لایه‌ی آلومینومی خورده و نازک می‌شود و این کار را هماهنگ با دما افزایش انجام می‌دهد. [۲۹]



شکل ۴- شناساگر زمان-دمای coolvu در دو طراحی مختلف.

۵. ۲- شناساگرهای آنزیمی:

معروف‌ترین و مطرح‌ترین شناساگرهای زمان-دمای نشانگر آنزیمی VITSAB [6] است (شکل ۹). این نشانگر بر پایه‌ی هیدولیز آنزیمی کنترل‌شده‌ی سوبسترای لیپیدی بنا شده است و شامل دو بخش مجزاست. در یک قسمت محلول آبی آنزیم‌های لیپولتیک مانند لیپاز پانکراس جاسازی شده است و در قسمت دیگر سوسپانسیون آبی سوبسترای لیپیدی (مانند؛ تری‌کاپروئین [7] و تری‌پلارگونین [8] و تری‌بوتیرین [9]) به همراه شناساگر pH وجود دارد. زمانی که از این سوبستراها استفاده می‌شود تهیه امولسیون پایدار آن‌ها در دمای پایین عموماً مشکل است و باید از امولسیفایر استفاده شود [۱۹]و[۱۵] و[۱۸]. فعال‌سازی شناساگر از طریق شکستن مکانیکی (به صورت دستی یا توسط ماشین طراحی شده در خط تولید) سدی که بین دو قسمت وجود دارد میسر می‌شود. در این نوع شناساگر زمان-دما هیدرولیز آنزیمی

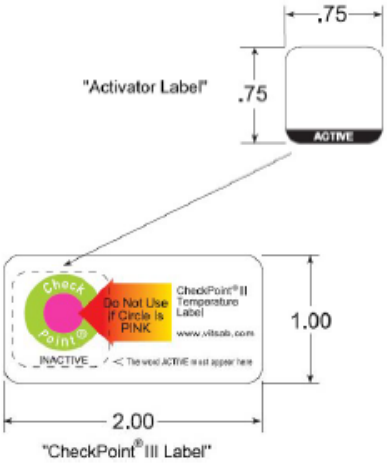
---

[6] VITSAB A.B., Company, Malmo, Sweden
[7] tricaproin
[8] tripelargonin
[9] tributyrin

سوبسترا باعث کاهش pH می‌شود و به دنبال آن تغییر رنگ از سبز تیره بـه زرد روشـن توسـط شناسـاگر pH نمایـان می‌شود. شناساگرهای آنزیمی می‌تواند با سوبستراها و آنزیم‌های مختلفی ساخته شوند و به این ترتیب دامنه‌ی وسیعی از انرژی‌های اکتیواسیون را شامل شوند. برای مثال نوع آزمایشی از TTI آنزیمی نیز بر پایه لیپاز میکروبی[10] طراحی شد شد که پایداری بالایی در دماها و pH های مختلف نشان داد و قادر به تحمل حلال‌های آلی مختلفی بود.[۱۵] شرکت سازنده‌ی شناساگر VITSAB برای استفاده‌ی بهتر و ساده‌تر لیبل‌های CheckPoint III [11] طراحی کرد (شکل ۱۰). ایـن لیبل بیش‌تر برای مرغ و گوشت چرخ کرده‌ی گاو پیشنهاد می‌شود. در این شناساگر آنزیم بر روی لیبل یـا بسـته‌بنـدی تثبیت می‌شود و سوبسترای آنزیم نیز در جوهر تعبیه می‌شود. در این مورد هم واکنش سوبسترا و آنزیم منجر به تغییـر زنگ از زرد به ارغوانی می‌شود [۳۰] و[۳۱] از لیبل‌های VITSAB در خطوط هوایی انگلیس استفاده می‌شود و اجـازه می‌دهد کادر هواپیمایی وضعیت غذاهای از پیش‌آماده و فسادپذیر را کنترل کند [۳۱].

"ب" "الف"

شکل ۵- الف. VITSAB C2-10 منقضی شده؛ ب. VITSAB M2-10 تازه. اندازه واقعی هر دو ۳/۶cm×۲/۲ و با ضخامت mm ۰/۸است.[12]



شکل۶- شناساگر زمان-دمای Checkpoint تغییر رنگ در این اندیکاتور از زرد به سمت ارغوانی است.

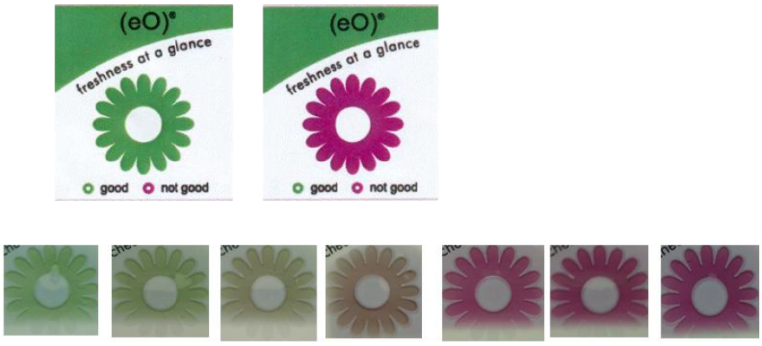
۵. ۳- شناساگر زمان-دمای میکروبی

---

[10] Burkholderia cepacia
[11] VITSAB A.B., Company, Malmo, Sweden
[12]. علت نام‌گذاری M2-10 این است که در ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد ۱۰ روز تاریخ مصرف. مکانیسم و تاریخ مصرف C2-10 مشابه است اما حساسیت دمایی آن متفاوت است.

شناساگرهای میکروبی به دلیل این‌که پاسخ‌شان مستقیماً با فساد غذا در ارتباط است توانسته‌اند به خوبی در بازار جای خود را باز کنند. دو نمونه از مطرح‌ترین شناساگرهای زمان–دما در این بخش عبارتند از، شناساگر eO [13] و TRACEO [14] اشاره کرد.[۳۲] شناساگری eO برچسبی به شکل یک بالشتک کوچک ژلی است که روی بسته‌ی ماده‌ی غذایی چسبانده می‌شود. طراحی این لیبل به شکل گلبرگ‌های گل است که در حالت فعال سبز و به تدریج با اتمام تاریخ مصرف به سمت بنفش یا قرمز می‌شود [۳۳](شکل۱۱). این تغییر رنگ به دلیل کاهش pH است که رشد میکروارگانیسم‌های تلقیح شده در ژل مسبب آن است. نوع میکروارگانیسم تلقیح شده در ژل تعیین‌کننده‌ی ویژگی‌ها و پارامترهای شناساگر زمان–دما است. پاسخ نشانگر زمان–دما کاملا هماهنگ با فساد میکروبی غالب در فساد غذاست.

. و به این ترتیب می‌توان از سلامت غذا مطلع شد و زمان ماندگاری را به طور سودمندی مدیریت کرد. از میکروارگانیسم‌های چون کارنوباکتریوم پیسیکولا[15]، لاکتوباسیولوس فوشونسش[16] و لوکونوستوک مزنتروئیدس[17] در تهیه این نشانگر استفاده می‌شود. تا کنون شرکت‌های مختلفی از این شناساگر برای بسته‌بندی ساندویچ تازه و گوشت تازه استفاده کرده‌اند. [۲۰]و[۲۴]



شکل ۷– شناساگر میکروبی eO و مسیر تغییر رنگ در آن.

TRACEO نیز شناساگر میکروبی مطرحی است که باز هم توسط شرکت جنتلی فرانسه ساخته شده است (شکل ۱۲). داده‌ها و اطلاعات حاصل از کد کالای جهانی[18] یا بارکدها به دست می‌آید بسیار ارزشمند است. شناسگر ساخت شرکت جنتلی شامل لایه‌ی شفافی است که پشت بارکد محصول جاسازی می‌شود. و با رشد میکروارگانیسم تلقیح شده در لیبل که از نظر نیاز دمایی و پروفایل رشد مشابه میکروارگانیسم غالب در فساد غذایی، تغییر رنگ نمایان می‌شود (از بی‌رنگ به قرمز تغییر رنگ می‌دهد) و بارکد را ناخوانا می‌سازد و در بخش فروش قابل عرضه نیست.[۳۲] و [۳۴]و[۲۴]

[13] Cryolog, Gentilly, France
[14] Cryolog, Gentilly, France
[15] *Carbonbacterium piscicola*
[16] *Lactobacillus fuchuensis*
[17] *Leuconostoc mesenteroides*
[18] Universal Product Codes (UPC)

شکل ۸- شناساگر آنزیمی TRACEO

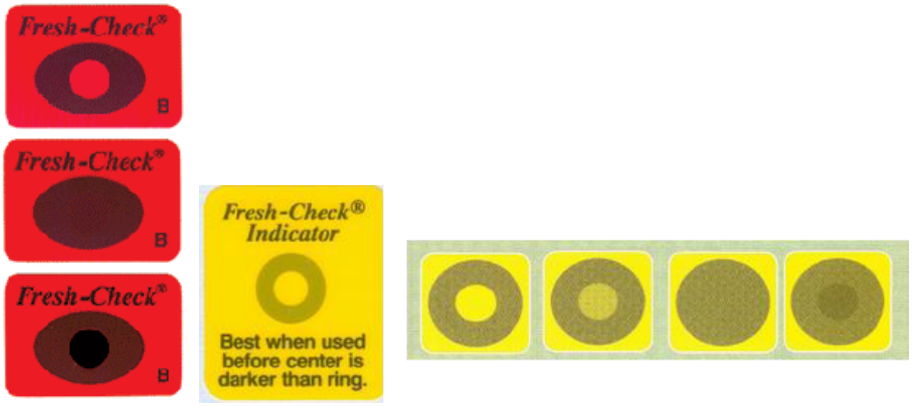
۵. ۴- شناساگر زمان-دمای پلیمری

نشانگرهای Fresh-Check و fresh monitor ساخت شرکت لایف‌لاین آمریکا[19] مطرح‌ترین شناساگر پلیمری هستند که جایگاه خود را در بازار تجارت به خوبی باز کرده‌اند. این نشانگرها شامل مونومرهای دی استیلن (R-C=C-C=C-R) است که در حالت عادی بی‌رنگ هستند اما با افزایش دما تولید پلی‌مری با شکل کونژوگه می‌کند که روی الکترون‌های درنظرگرفته شده جمع می‌شوند و با جذب نور مرئی، رنگ را نمایان می‌کنند [۴] در این شناساگر زمانی که محصول تازه است دایره وسط لیبل بی‌رنگ و بعد از آن تیره شده و در نهایت سیاه می‌شود. این شناساگرها از زمان تولید تقریبا فعال است و به درجه حرارت نگهداری پاسخ می دهد. در نتیجه برای مینیمم کردن جواب اولیه آنها را در درجه حرارت ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری می کنند. این شناساگر در ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نزدیک به ۱۰ روز ماندگاری دارد. و Q10 آن در بازه ۱۵-۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برابر ۴/۴ است. این شناساگرها برای مواد غذایی آماده مصرف و سبزیجات و میوه‌جات تازه ، سالاد و آب‌میوه و محصولات لبنی و گوشت تازه قابل استفاده هستند [۳۵]. یونیسف[20] برچسب Fresh-Check را بر روی تمام واکسن‌ها ارسالی خود الصاق می‌کند [۲۰].

نوع مقابل نشانگر Fresh check نوعی طرح اولیه TTI است که بر پایه‌ی جوهر محو شونده استوار است. و نشانه‌ی چاپ شده در بازه‌ی زمانی تعریف‌شده بی‌رنگ می‌شود. محو شدن رنگ بر پایه‌ی ویژگی‌های اکسیداسیون و احیا[21] مشتقات آنتراکوئینون[22] است. آنتراکوئنون بتا سولفونات[23] به آسانی توسط سدیم هیدروسولفات[24] کاهیده شده و به رنگ قرمز در می‌آید. این واکنش در حضور اکسیژن برگشت‌پذیر است و رنگ مجدداً از بین می‌رود. و از بین رفتن رنگ نیز کاملا وابسته به دماست. سرعت تغییر رنگ (انرژی اکتیواسیون واکنش) با تغییر ترکیب شیمیایی پلی‌آکریلات قابل تغییر است. (پلی‌آکریلات نوشته را از رطوبت حفظ کرده و از طرفی سرعت تغییر رنگ را کنترل می‌کند) [۳۶]

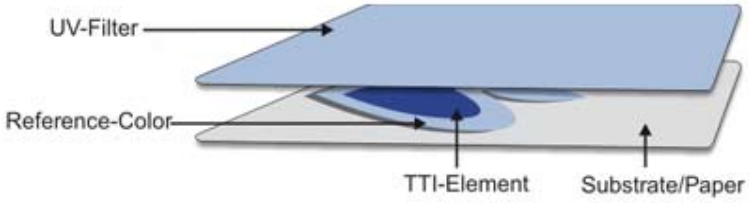
---

[19] Lifelines Technology Inc., Morris Plains, NJ, USA
[20] UNICEF
[21] red-ox
[22] anthraquinone
[23] anthraquinone β-sulfonate
[24] sodium hydrosulfite



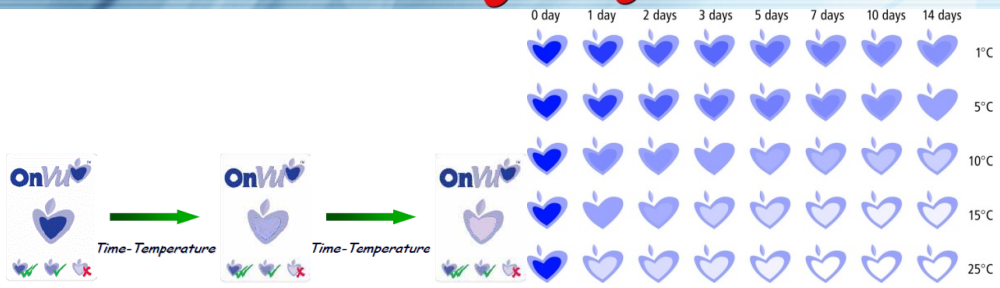
شکل ۸- نشانگر پلیمری Fresh Check

onVu [۲۵] از شناساگرهای پلیمری ساخت شرکت سیبا سوئیس و یکی از پرکاربردترین شناساگرهاست. این شناساگر پایه تغییر رنگ پیگمان‌های آلی با گذر زمان و با سرعتی متناسب با دما ساخته شده است. این شناساگر با انرژی اکتیواسیون‌های مختلف و در نتیجه کاربردها و البته طراحی‌های مختلف به بازار عرضه شده است [۳۷] مرسوم‌ترین شکل آن به صورت دو سیب (قلب) درون هم است. تصویر رنگ ثابتی دارد تا زمانی که توسط لامپ LED و نور UV فعال‌سازی شود(شکل ۱۵) [۳۸]. زمانی که سیب داخلی آبی‌تیره می‌شود فیلتری روی لیبل اضافه می‌شود تا از مجدد توسط نور تغییر رنگ (به مرور زمان این رنگ باید کم‌رنگ شود و در صورتی که از این فیلتر استفاده نشود نور رنگ آبی تیره را به برچسب برمی‌گرداند) ندهد[۳۹]. این برچسب در اثر گذشت زمان و بسته به دمایی که کالا در معرض آن است سفید می‌شود. (شکل ۱۶) این شناساگر می‌تواند مستقیماً روی بسته چاپ شود یا این‌که به صورت برچسب روی بسته الصاق شود [۳۷]و[۲۴]. تقریبا بر روی بسته‌بندی تمام مرغ‌های تازه‌ی عرضه شده در سوئیس از این برچسب استفاده می‌شود[۲۰].



شکل ۹- شمایی از ساختار onVu

[25] Ciba Specialty Chemicals, Inc., Switzerland



شکل ۱۰- نمایش بی‌رنگ شدن تدریجی onVu

۶- نتیجه گیری

افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و انتظار آن‌ها برای اطمینان از کیفیت و سلامت کالای خریداری شده همواره مشوق تولیدکنندگان و محققان برای ایجاد نوآوری و توسعه و بهینه‌سازی تکنولوژی های مدرن بسته‌بندی بوده است. شناساگرهای زمان- دما یکی از پاسخ‌هایی است که محققان و دانشمندان برای برآورده ساختن تقاضاهای مصرف‌کننده ابداع کرده‌اند. این شناساگر با اطمینان بیش‌تری سلامت کالا را به مصرف‌کننده نمایش می‌دهد و به خریدار اطمینان خاطر می‌دهد که کالای مورد نظر توزیع مناسبی داشته و همچنان از کیفیت خوبی برای خرید برخوردار است. شناساگرهای زمان-دما یک تغییر برگشت‌ناپذیر بر پایه‌ی عملکرد مکانیکی، شیمیایی، آنزیمی و یا میکروبیولوژیکی را به شکل یک پاسخ دیداری که عموماً شامل تغییر و یا پیشروی رنگ است نمایان می‌سازند. آن‌چه حائز اهمیت است هماهنگی نمایش پاسخ شناساگر با پیشروی فساد غالب در ماده‌ی غذایی است. در صورت عدم این هماهنگی شناساگر دچار خطا می‌شود، به این ترتیب که اگر شناساگر سریع پاسخ باشد، زودتر از آن‌چه باید محصول را فاسد اعلام می‌کند و ضرر اقتصادی را برای کالا به دنبال دارد و در صورتی که شناساگر پاسخ خود را با تأخیر نشان دهد باعث فروش کالای فاسد می‌شود. بنابراین مطالعه دقیق رفتار شناساگرها در تمام نقاط چرخه‌ی توزیع و هماهنگی آن با رفتار فساد غالب در محصول یک ضرورت در انتخاب شناساگرهای زمان-دما است و در این زمینه همچنان نیاز به مطالعات و مدل‌سازی‌های کاربردی و بیش‌تری احساس می‌شود. در نمجموع اگر این شناساگرها به درستی انتخاب شوند و هماهنگی لازم بین کارایی آن‌ها و جنبه‌های اقتصادی برقرار شود، استفاده هر چه بیشتر از این تکنولوژی، برای بسته‌بندی مواد غذایی مختلف اجتناب ناپذیر خواهد بود و قطعا در آینده‌ای نزدیک جایگزین مسلم تاریخ مصرف درج شده بر روی کالا خواهند شد و استفاده از آن‌ها برای مدیریت بهینه‌ی کلیه‌ی مراحل چرخه‌ی توزیع سرد ضروری به نظر می‌رسد.

۷-مراجع:

1. Fu, B., and T.P. Labuza. (1992). *Considerations for the application of time-temperature integrators in food distribution.* Journal of Food Distribution Research. **23**(1): 9-17.
2. FDA, U. S. F. a. D. A.(2009). *FDA Food Code 2009: Chapter 3 - Food.* www.fda.gov/Food/FoodSafety.
3. Britton, D., Heimowitz, P., Pasko, S., Patterson, M., Thompson, J. (2011). *HACCP: Hazard Analysis & Critical Control Point Planning to Prevent the Spread of Invasive Species.* USFWS-NCTC. 1-86.
4. Broly, A. L. (2001). *What's active about intelligent packaging?* Food Technology. **5** (6): 75–78.

5. Tucker, G. S. (2008). *development and application of time-temperature integrators to thermal food processing.* a thesis submitted to the university of birmingham for the degree of doctor in philosophy, School of Chemical Engineering The University of Birmingham.
6. Thaddeus, P., Raymond M. A., Stephen C. F. (1998). *Time-temperature indicator device and method of manufacture* united States Patent 5,709,472.
7. Taoukis, P. S., & Labuza, T. P. (2003). *Time-temperature indicators (TTIs).* Novel food packaging techniques. (Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.): 103-126
8. Gogou, E., Katapodis, P., Christakopoulos, P.Taoukis, P. S. (2010). *Effect of water activity on the thermal stability of Thermomyces lanuginosus xylanases for process time–temperature integration.* Journal of Food Engineering. **100**(4): 649-655.
9. Ambrozy, R. S., Litcher, J., Jones, R. C. (2006). *Stimulus indication employing polymer gels.* United States Patent Application 20060262828.
10. McMeekin, T., Bowman, J., McQuestin, O., Mellefont, L., Ross, T., Tamplin, M. (2008). *The future of predictive microbiology: strategic research, innovative applications and great expectations.* International Journal of Food Microbiology. **128**: 2-9.
11. Fabech, B., Hellstrom, T., Henrysdotter, G., Hjulmand-Lassen, M., Nilsson, J., Rüdinger, L., Sipiläinen-Malm, T., Solli, E., Svensson, K., E. Thorkelsson,A., Tuomaala, V. (2009). *Active and Intelligent Food Packaging.* A Nordic report on the legislative aspects, e.
12. Koutsoumanis, K., Taoukis, P.S., Nychas, G.J.E. (2005). *Development of a safety monitoring and assurance system for chilled food products.* International Journal of Food Microbiology. **100 (1–3)**: 253–260.
13. Restuccia, D., Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., Puoci, F., Vinci, G.Picci, N. (2010). *New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications.* Food Control. **21**(11): 1425-1435.
14. Ellouze, M. A., J.C. (2010) *Applicability of biological time temperature integrators as quality and safety indicators for meat products.* Int. J. Food Microbio. **138**: 119-129 .
15. Won Kim, E. P., and KwangWon Hong. (2012). *Development of a Time-Temperature Integrator System Using Burkholderia cepacia Lipase.* Food sci, Biotechnol. **21(2)**: 497-502.
16. Taoukis, P. S., Koutsoumanis, K., Nychas, G.J.E. (1999). *Use of time–temperature integrators and predictive modelling for shelf life control of chilled fish under dynamic storage conditions.* International Journal of Food Microbiology. **53**: 21–31.
17. Taoukis, P. S. a. L. T. P. (1989). *Applicability of time-temperature indicators as shelf life monitors of food products.* . Journal Food Science **54** (4): 783-788.
18. Mendoza, T. F., Welt ,B.A., Otwell, S., Teixeira, A.A., Kristonsson, H., Balaban, M.O. (2004). *Kinetic parameter estimation of time–temperature integrators intended for use with packaged fresh seafood.* Journal of Food Science **69 (3)**: 90–96.
19. Kim, K., Kim, E.Lee, S. J. (2012) *New enzymatic time–temperature integrator (TTI) that uses laccase.* Journal of Food Engineering. **113**(1): 118-123.
20. Alvarez, G. (2011). *Temperature monitoring techniques and traceability systems along the cold chain* FRISBEE DEL212(Food Refrigeration Innovations for Safety, Consumers' Benefit, Environmental Impact and Energy Optimisation Along the Cold Chain in Europe). 18-25.
21. Welt, B. A., Sage, D.S. and Berger, K. L. (2003). *Performance specification of time temperature integrators designed to protect against botulism in refrigerated fresh foods* Journal of Food Science. **68**: 1.
22. Freiman, U.(2008). *Laminating apparatus for TTI-labels combined with cutting and applying the same.* United States Patent US 2008/ 0164630 A1.
23. Kim, M. J., Jung, S .W., Park, H. R.Lee, S. J. (2012). *Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid bacteria-based time–temperature integrators (TTI).* Journal of Food Engineering. **113**(3): 471-478.
24. Kerry, J., & Bulter, p. (2008). *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Good* John Wiley & Sons Ltd, UK. 47-50.
25. Ellouze, M., Gauchi, J. P.Augustin, J. C. (2011). *Use of global sensitivity analysis in quantitative microbial risk assessment: Application to the evaluation of a biological time temperature integrator as a quality and safety indicator for cold smoked salmon.* Food Microbiology. **28**(4): 755-769.

26. Aguiar, H. d. F., Yamashita, A. S.Gut, J. A. W. (2012). *Development of enzymic time-temperature integrators with rapid detection for evaluation of continuous HTST pasteurization processes.* LWT - Food Science and Technology. **47**(1): 110-116.
27. Nuin, M., Alfaro, B., Cruz, Z., Argarate, N., George, S., Le Marc, Y., Olley, J., Pin, C. (2008). *Modelling spoilage of fresh turbot and evaluation of a time–temperature integrator (TTI) label under fluctuating temperature.* International Journal of Food Microbiology **127** (3): 193-199.
28. microbiology, m. (2006). *3mMonitorMark Time Temperature Indicators.* www.3M.com/microbiology.
29. Freshpoint-tti. (2013). *Technology cooluv-tti.* http://www.freshpoint-tti.com/technology/default.aspx and http://www.freshpoint-tti.com/section/food-industry.aspx.
30. Reichert, H., Simmendinger, P.Bolle, T. (2010). *Enzyme-based time temperayure indicator* United States Patent US 2009/ 0226948 A1.
31. VITSAB. (2012). *Temperature labels and smart packaging solutions for protecting your product from heat damage.* http://www.vitsab.com.
32. cryology. (2012). *TRACEO : a traceability solution for the cold chain monitoring in the agro-food industry.* http://www.traceo.com/en/.
33. Louvet, O., Thuault, D.Vaillant, R. (2005). *Method and device for determining whether or not a product is in condition to be used or consumed.* International Publication Patent Number WO 2005/026383 Al.
34. P.S, T. (2010). *Commercialization of time-temperature integrators for foods. In: Case studies in novel food processing technologies: innovations in processing, packaging, and predictive modeling. Doona, C. J. Kustin, K. Feeherry F. E. (Eds.).* Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. (197).
35. Riva, M., PIERGIOVANNI L., Schiraldi, A. (2001). *Performance of time-temperature indicators in the study of temperature exposure of packaged fresh food* packaging technology and science **14**:1-9.
36. Galagan, Y.Su, W. F. (2008). *Fadable ink for time–temperature control of food freshness: Novel new time–temperature indicator.* Food Research International. **41**(6): 653-657.
37. OnVu. (2006). Electronic citation from http://www.onvu.com.
38. feiler ,L. (2012). *Printable TTI lables for food products* ciba specialty chemical www.onvu.com.
39. Fuchs, A.Carrign, A. V. (2010). *TTI indicator with balanced photochemical processes.* United States Patent US 2010/ 0135353 A1.

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.