بررسی اهمیت معرف‌های حرارت و زمان در ارزیابی کیفی و روند نگهداشت مواد غذایی

پوهنیار محمد آصف نوری

دیپارتمنت تکنالوژی و حفظ‌الصحه مواد غذایی، پوهنځی علوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: Mohammadasifnoori48@gmail.com

چکیده

در عصر حاضر به‌جای تمرکز بر آزمایش و تأیید محصولات نهایی بیش‌تر به نظارت و کنترل پارامترهای مهم در سرتاسر دوران پروسس محصول غذایی توجه شده است. نوسانات درجه حرارت باعث کاهش مدت زمان نگهداری محصولات مستعد به فساد گردیده که در نتیجه این موضوع باعث عدم مطابقت بین تاریخ انقضا نشان داده شده در لیبل و شرایط کیفی مواد غذایی می‌گردد. ارتباط خوبی بین خصوصیات فزیکی، کیمیایی و میکروبیولوژیکی مواد غذایی و تغییرات رنگ در معرف‌های حرارت و زمان وجود دارد. معرف یک وسیله ساده، ارزان و قابل پسند از لحاظ نظارت، ثبت و تفسیر معلومات در مورد کیفیت مواد غذایی برای مصرف‌کننده‌گان بوده و معرف‌های حرارت و زمان موعد نگهداری (Shelf-life) باقی مانده یک محصول را نیز مشخص می‌سازد.

اصطلاحات کلیدی: حرارت؛ تاریخ انقضا؛ موعد نگهداری؛ معرف؛ میکروبیولوژیکی

Assessment Importance of Time and Temperature Indicators in Food Quality and Preservation Process

Assist. Professor Mohammad Asif Noori

Department of Food technology & Hygiene, Faculty of Veterinary Sciences, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: mohammadasifnoori48@gamil.com

Abstract

Nowadays, instead of focusing on testing and verifying final products, more attention is paid to monitoring and controlling important parameters throughout the food product process. Temperature fluctuations reduce the shelf life of perishable products, which results in a mismatch between the expiration date shown on the label and the quality conditions of foodstuffs. There is a good relationship between physical, chemical and microbiological characteristics of food stuffs and color changes in temperature and time indicators. An indicator is a simple, cheap and desirable tool for monitoring, recording and interpreting information about the quality of foodstuffs for consumers, and temperature and time indicators also determine the remaining shelf life of a product.

Keywords: Temperature; Final Time; Shelf life; Indicator; Microbiological

مقدمه

در عصر حاضر مردم به‌جای تمرکز به آزمایش و تأیید محصولات نهایی بیش‌تر به نظارت و کنترل پارامترهای مهم در سرتاسر دوران پروسس مواد غذایی از تولید الی مصرف مواد غذایی می‌پردازند (۱). معرف‌های حرارت و زمان (Time and temperature indicators) روش هستند که برای ثبت تاریخچه حرارتی یک محصول و موعد نگهداشت (Shelf life) باقی‌مانده یک محصول در تمام اوقات ذخیره، توزیع و مصرف محصولات مستعد به فساد کاربرد دارد (۲). درجه حرارت کیفیت و مصئونیت محصولات غذایی و دارویی را در حین ذخیره‌سازی و توزیع به اندازه بسیار زیاد متأثر می‌سازد. به‌طور کلی بسته‌بندی مناسب مانع مؤثری را در برابر گازها، رطوبت و نور ایجاد می‌کند؛ اما کنترل درجه حرارت به اندازه بسیار زیاد به شرایط حمل و نقل و ذخیره‌سازی مواد غذایی ارتباط دارد (۳). در جریان زنجیر تأمین غذایی حفظ زنجیر سرد تا رسیدن محصول به دست‌رس مصرف‌کننده اجباری پنداشته می‌شود. بلندترین حد فاسد شدن مواد غذایی در طول زنجیر تأمین غذایی در جریان پروسس، انتقال، ذخیره‌سازی و در نتیجه سوی استفاده حرارتی که بالای عوامل ذاتی(Intrinsic) محصول مستعد به فاسد اثر می‌گذارد کاهش کیفی رونما می‌گردد. بنابراین یک معرف حرارت و زمان (یک نوع از معرف برای بسته هوش‌مند) برای نظارت مؤثر در تمام مراحل تولید الی توزیع محصول و فراهم نمودن معلومات در مورد ارزیابی مؤثر موعد نگهداری باقی‌مانده یک محصول نیاز می‌باشد(۴).

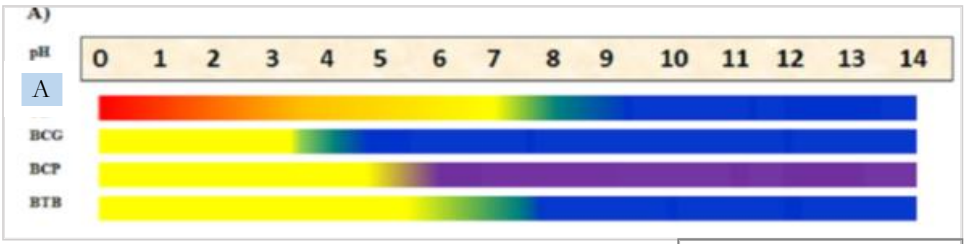
انواع تعیین‌کننده‌های حرارت و زمان

تعیین‌کننده‌های حرارت و زمان را به سه دسته تقسیم می‌نماید. 1. معرف های بحرانی حرارت (Critical temperature indicators) که نشان‌دهنده نوسانات حرارت از حرارت تعیین‌شده برای محصول (حرارت که بلندتر از آن تغییرات نامطلوب در محصول ایجاد می‌شود) می‌باشد. تغییر در ماهیت پروتیین با اهمیت در حرارت بلند از حرارت بحرانی یا رشد میکروب‌های بیماری‌زا یکی دیگر از موارد است که در آن می‌توان از معرف‌های بحرانی حرارت و زمان استفاده نمود؛ 2. معرف‌های بحرانی حرارت و زمان (Critical time temperature indicators)، مشخص‌کننده تغییرات کیفی محصول که معمولاً در یک میزان بلندتر از حرارت بحرانی اتفاق می‌افتد را نشان می‌دهد. مثال هم‌چون عکس‌العمل‌ها شامل رشد میکروب یا فعالیت انزایمی بوده که در پایین‌تر از حرارت بحرانی ممانعت شده است؛ 3. معرف‌های حرارت و زمان که یک پاسخ همیشگی را در سرتاسر تاریخچه نگهداری یک محصول در رابطه با تأثیر حرارت بالای کیفیت محصول نشان می‌دهد (۵).

میکانیزم عمل تعیین‌کننده‌ها در مواد غذایی

در درجه حرارت اتاق (25-30 درجه سانتی‌گراد) به خصوص در فصل تابستان محصولات لبنی به بسیار زودی فاسد می‌گردند(٦) با گذشت زمان عملیه کتابولیزم میکروبی قند و عکس‌العمل‌های تخمری در

محصولات لبنی افزایش می‌یابد. این عملیه باعث افزایش تبخیر مواد اسیدی گردیده و افزایش مقدار تبخیرات اسیدی در مواد غذایی بسته‌بندی شده باعث بیش‌تر شدن موعد زمان ذخیره‌سازی می‌گردد. یکی از نمونه‌های معرف مواد غذایی استفاده از ۴ رنگ مختلف جذب شده در یک کاغذ و یا صفحه حمایوی که در قسمت بالایی بسته مواد غذایی جا داده شده را در بر دارد. هر معرف (indicator) دارای یک pK_a مختص به‌خود می‌باشد. بنابراین هر زمان که در تبخیرات مواد اسیدی در قسمت بالای بسته مواد غذایی تغییر ایجاد شود. به اساس pK_a معرف و pH تغییرات رنگ مطابق شکل (۱) در صفحه ظاهر می‌گردد (۶).



معرف

B

تعیین‌کننده	محدوده pH برای تغییرات رنگ در اند یکا تور از حالت اسیدی به حالت قلوی	pK_a
تایمول آبی (Thymol Blue) (TB)	۱,۲-۲,۸ و ۹,۶-۸,۰	۱,۶-۸,۹
برو موکریزول سبز (Bromocresol green (BCG)	۴,۰-۵,۶	۴,۷
بروموکریزول بنفش (Bromocresol purple) (BCP)	۵,۲-۶,۸	۶,۳
برو موتایمول آبی (Bromothymol blue) (BTB)	۶,۰-۷,۶	۷,۰

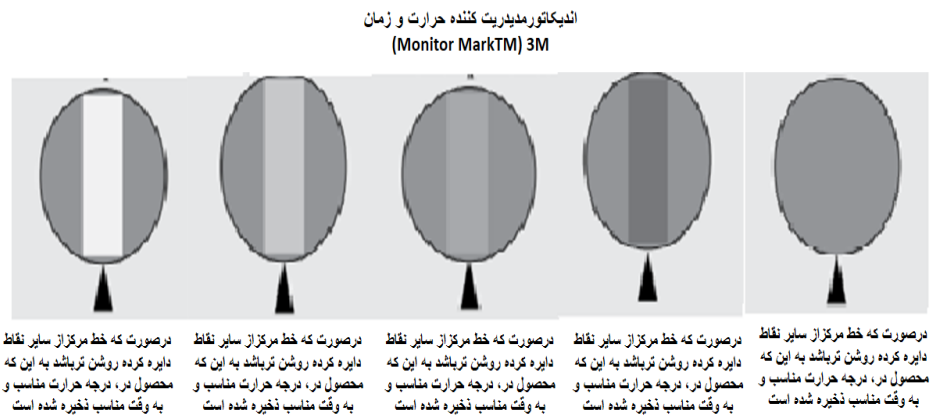
C

شکل ۱: اشکال A,B و C تغییرات رنگ و PKa هر معرف را در ارتباط با تغییرات pH نشان می‌دهد (۵)

معرفی تعیین‌کننده‌های تجارتی موجود و کارکرد آن در مواد غذایی

در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی در مورد انکشاف معرف‌های جدید و مؤثر صورت گرفته است. درحالی‌که تنها بعضی از آن‌ها قابل دست‌رس ودر بازار تجارتی شده است و بعضی از آن‌ها به‌شکل ابتدایی خود باقی مانده است. به‌عنوان مثال یکی از انواع معرف‌های که برای مدت طولانی در بازار

باقی‌مانده از معرف (3M Monitor mark^{TM}) می‌توان یاد نمود. این وسیله از زمان‌که توسط سازمان صحی جهان(world Health Organization) جهت نظارت واکسین‌های قابل انتقال، در یخچال نگهداری شده مورد استفاده قرار گرفت. به‌عنوان اولین وسیله مهم مورد استفاده در میان معرف‌ها جهت ارزیابی کیفی قرار گرفت (۷). میکانیزم عمل این معرف به اساس عمل انتشار (diffusion- based) بوده و برچسپ آن حاوی یک اسید شحمی ایستردار متصل به یک ترکیب دارای نقطه ذوبان معین و یک رنگ آبی می‌باشد. مواجه شدن این معرف به درجه حرارت بلندتر از درجه حرارت بحرانی معین شده (برای هر محصول متفاوت می‌باشد) باعث ذوب مواد فوق شده و باعث انتشار آن در سراسر معرف گردیده و در نتیجه سبب آشکار شدن رنگ آبی مطابق شکل (۲) در معرف می‌شود. نوعیت و غلظت ایستر (Ester) مشخص‌کننده رنج درجه حرارت (۱۵-۲۵درجه سانتی‌گراد) می‌باشد(۸).



شکل ۲: تصویر از معرف به اساس عمل‌کرد انتشار(۷)

یکی از انواع اندیکاتورهای رنگی (Colorimetric Indicators) برای پیمایش رطوبت نسبتی و شناسایی O_2 انکشاف داده شده است. شناسایی رطوبت یکی از موضوعات مهم در بسته‌بندی گوشت بوده، چون ازدیاد رطوبت در گوشت بسته‌بندی شده می‌تواند سبب افزایش عملیه فاسد شدن در گوشت خشک گردد. بنابر همین دلیل مواد جاذب رطوبت اکثراً در بسته به‌منظور افزایش موعد نگهداری و کیفیت محصول جای‌گزین می‌شود. به‌گونه مثال اندیکاتور رنگی برگشت‌پذیر رطوبت نسبتی عبارت از میتایلین بلو(methylene blue) و یوریا می‌باشد. رنگ در این ترکیبات تا وقت سفید باقی می‌ماند تا این‌که میزان رطوبت کم‌تر از 85 درصد باشد و در صورت بلندرفتن رطوبت نسبتی رنگ آبی در اندیکاتور ظاهر می‌گردد (۹). میکانیزم عمل تعیین‌کننده‌های حرارت و زمان به اساس روش‌های میکانیکی، کیمیاوی، انزایمی و میکروبیولوژیکی می‌باشد. زمانی‌که تعیین‌کننده در اثر این میکانیزم‌ها فعال گردد، سبب تغییر غیر قابل برگشت در آن می‌شود و سرعت عمل در تعیین‌کننده‌ها وابسته به درجه حرارت بوده، طوری‌که

در درجه حرارت بلند واکنش‌های فزیکی و کیمیایی بیش‌تر می‌گردد (۱۰). طرز نگهداری شیر در مرحله پس از پروسس آن به‌ویژه درجه حرارت نگهداری آن نقش بسیار مهمی در تعیین پایداری آن دارد. ضرورت مبرم برای تشخیص قرار گرفتن شیر در معرض درجه حرارت نامطلوب در طول نگهداری به‌منظور نظارت بهتر بر کیفیت شیر وجود دارد. بنابراین از چندین نوع تعیین‌کننده حرارت و زمان برای تشخیص تاریخچه حرارتی این محصول مورد استفاده قرار گرفته است(۱۱). تعیین‌کننده‌های انزایمی دارای مزیت استفاده برای محصولات غذایی مختلف که در طول سوء استفاده درجه حرارت دچار تغییرات کیفی می‌شوند، است؛ زیرا غلظت انزایم و درجه حرارت عوامل مهمی برای تغییرات رنگ TTI هستند. در مقایسه با انواع مختلف TTI های شناخته شده یعنی به اساس عمل انتشار، میکروبی، پولیمیری ، فوتو کیمیایی و الکترونیکی تعیین‌کننده‌های انزایمی هزینه کم‌تری دارد و می‌تواند به راحتی بر روی سطح بسته‌بندی اعمال شود(۱۱). یکی از اندیکاتورهای که اخیراً در دست‌رس قرار گرفته است عبارت از اندیکاتور Keep-it است که اساساً بنا بر یک واکنش کیمیاوی بین یک واکنش‌دهنده تثبیت شده (به گونه مثال F_e^{3+}) و یک واکنش‌دهنده متحرک (به‌عنوان مثال فیروسیانید) عمل می‌نماید. البته این مواد توسط یک پوش مخصوص از همدیگر جدا گردیده است. زمانی‌که این پوش مخصوص از بین برود. در این صورت اندیکاتور فعال شده و واکنش‌دهنده متحرک در تماس با نوع ثابت آن قرار گرفته که در نتیجه باعث یک تظاهر رنگ جدید مطابق شکل (۳) در اندیکاتور می‌شود(۷).

شکل۳: تصویر از اندیکاتور کیپ‌ات (keep it) که در آن میله آبی تیره رنگ با گذشت زمان به سمت چپ حرکت کرده ورزهای باقی‌مانده محصول را در بسته مواد غذایی نشان می‌دهد (۱۱)

نتیجه‌گیری

براساس این مطالعه و بررسی تعداد از مقالات پیرامون بررسی اهمیت معرف‌های(Indicators) حرارت و زمان در پروسه نگهداشت مواد غذایی طور خلص به چنین نتایج می‌رسیم که طور عمده قرار ذیل اند:
در عصر حاضر به‌جای آزمایش و تأیید محصولات نهایی بنابر اقتصادی بودن، بیش‌تر به نظارت و کنترل پارامترهای مهم در سرتاسر دوران پروسس مواد غذایی اهمیت داده شده است. معرف‌های حرارت و زمان یکی از وسایل ارزان و قابل پسند از لحاظ نظارت، ثبت و تفسیر معلومات در مورد کیفیت مواد غذایی برای مصرف‌کننده‌گان می‌باشد. انواع مختلف تعیین‌کننده‌ها در حال حاضر به‌شکل تجارتی وجود

داشته که در تعیین تازه‌گی محصول، نگهداری مواد غذایی تحت درجه حرارت بلند (نا مساعد)، موعد نگهداری باقی‌مانده یک محصول برای مصرف‌کننده‌گان معلومات ارایه می‌نماید و هم‌چنان استفاده این معرف‌ها در ارزیابی از شرایط نگهداری داروهای حساس در برابر نور ماورای بنفش (UV) نیز یکی از موضوعات است که می‌تواند با استفاده از معرف معلومات مزید راجع به آن را به‌دست آورد. متأسفانه تطبیق بعضی از این روش‌ها در سیستم‌های بسته‌بندی مواد غذایی به پول بیش‌تر ضرورت دارد.

منابع

1. Jaiswal RK, Mendiratta SK, Talukder S, Soni A, Saini BL. Enzymatic time temperature indicators: A review. The Pharma Innovation Journal. 2018; 7(10):643-7.
2. Wang S, Liu X, Yang M, Zhang Y, Xiang K, Tang R. Review of time temperature indicators as quality monitors in food packaging. Packaging Technology and Science. 2015 Oct; 28(10):839-67.
3. Maciel VB, Yoshida CM, Franco TT. Development of a prototype of a colourimetric temperature indicator for monitoring food quality. Journal of food engineering. 2012 Jul 1; 111(1):21-7.
4. Jaiswal RK, Mendiratta SK, Talukder S, Soni A, Chand S, Saini BL. Application of lipase based enzymatic time temperature indicator (TTI) as quality marker for frozen chicken meat. Food Science and Technology Research. 2020; 26(1):9-16.
5. Pavelková A. Time temperature indicators as devices intelligent packaging. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2013 Apr 8; 61(1):245-51.
6. Kulkarni, Anuttama. "Preparation and Testing of Food Freshness Indicators: an Application-Oriented Learning Module Integrating Basic Concepts of Microbiology and Chemistry Laboratory." *Journal of Microbiology & Biology Education* 23.2 (2022): e00063-22.
7. Bekhit AE, editor. Advances in meat processing technology. CRC Press; 2017 Sep 29.
8. Nollet LM, Toldrá F. Advanced technologies for meat processing. CRC Press; 2006 Mar 21.
9. Stergiou, Fotis. "Effective management and control of the cold chain by application of time temperature indicators (TTIs) in food packaging." *Journal of Food and Clinical Nutrition* 1.1 (2018): 12-15.
10. Mistry, V. V., and F. V. Kosikowski. "Use of time-temperature indicators as quality control devices for market milk." *Journal of Food Protection* 46.1 (1983): 52-57.
11. Biegańska, Marta. "Shelf-life monitoring of food using time-temperature indicators (TTI) for application in intelligent packaging." *Towaroznawcze Problemy Jakości* 2 (2017): 75-85.