

## Área: Tecnologia de Alimentos

# EMBALAGENS INTELIGENTES DE TEMPO E TEMPERATURA: UMA REVISÃO

**Ana Paula Dutra Resem Brizio\*, Bruna Andina Andrade, Carlos Prentice**

*Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Departamento de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS*

*\*E-mail: anabrizio@yahoo.com.br*

**RESUMO** – Este trabalho compreende uma revisão atualizada, das diferentes embalagens inteligentes de tempo e temperatura para alimentos, descrevendo conceitos, mecanismos de ação, principais funções e suas aplicações no setor alimentício mundial. Muitas destas inovações apresentam grande potencial de aplicação no mercado alimentício, sendo, hoje, tecnologias em fase de adaptação e desenvolvimento por meio da pesquisa, que busca aprimorar seus mecanismos de funcionamento para que possam ser aceitas comercialmente, e assim, conferir benefícios à conservação de uma grande variedade de alimentos.

**Palavras-chaves:** novas tecnologias, indicadores inteligentes, controle de qualidade, embalagem, alimentos.

## 1 INTRODUÇÃO

A dificuldade em conhecer o histórico real de temperatura do alimento torna difícil prever sua vida-útil (SHIMONI *et al.*, 2001). Assim, monitorar e controlar a cadeia de frio desde a produção até o consumidor final é o ponto-chave (KREYENSCHMIDT *et al.*, 2010).

Uma tecnologia emergente empregada com intuito de garantir a vida-útil de produtos alimentícios é o uso de embalagens inteligentes contendo indicadores de tempo e temperatura (ITT) (MAI *et al.*, 2011), ou seja, sistemas que refletem, de forma visual, a história de tempo e temperatura do produto alimentar ao qual é anexado (GIANNAKOUROU *et al.*, 2005).

O princípio de funcionamento destes indicadores baseia-se numa mudança irreversível que pode ser mecânica, química, eletroquímica, enzimática ou microbiológica, normalmente expressa como uma resposta visível, sob a forma de deformação mecânica, desenvolvimento de cor ou movimento de cor. A taxa desta mudança é dependente da temperatura, deste modo, a resposta visível dá uma indicação cumulativa das condições de armazenamento às quais o rótulo foi exposto (VERDADE, 2010). Sua resposta deve correlacionar a deterioração do produto com o tempo e temperatura da cadeia de abastecimento (DE JONG *et al.*, 2005).

Estas tecnologias estão em fase de adaptação no mercado e em constante desenvolvimento por meio da pesquisa, que busca desenvolver sensores/indicadores inteligentes que contribuam com as práticas modernas

de venda e distribuição de produtos (BRAGA; PERES, 2010). Diante do exposto, este trabalho apresenta uma revisão da literatura, das diferentes embalagens inteligentes de tempo e temperatura, descrevendo conceitos, mecanismos de funcionamento, principais funções e suas aplicações no setor alimentício mundial.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O primeiro ITT disponível comercialmente foi desenvolvido pela *Honeywell Corp.* (Minneapolis, MN). O indicador foi testado pela USDA (*United States Department of Agriculture*) e foi considerado confiável, no entanto o dispositivo nunca encontrou aplicação comercial, possivelmente porque era caro e relativamente volumoso, e em 1970 já não estava mais disponível. No início dos anos setenta, o governo dos EUA considerou a obrigatoriedade da utilização de indicadores em alguns produtos, gerando uma onda de pesquisa e desenvolvimento no assunto. Hoje, segundo Mai *et al.* (2011), Mai (2010), Verdade (2010), Ellouze *et al.* (2008), Kerry *et al.* (2006) os indicadores de tempo e temperatura disponíveis comercialmente são:

a) *OnVu*<sup>®</sup> (*Basf, Alemanha*): baseado numa reação fotocromica em estado sólido. Sua tinta inteligente muda de cor, de incolor para azul, após irradiação com luz ultravioleta (ativação). Depois de ativada a tinta reverte para o estado incolor a uma taxa que é dependente do tempo e da temperatura. O fim da vida-útil do *OnVu*<sup>®</sup> ITT B<sub>1</sub> é definido como o tempo que leva a cor da marca azul da etiqueta para chegar a uma cor de referência. A descoloração é proporcional à quantidade de luz usada no processo de carga e pode ser ajustada pelo controle da duração e intensidade do pulso de luz UV utilizado na ativação do pigmento fotocromico. O processo de descoloração deste ITT tem de ser calibrado tendo em conta a data de validade do alimento onde o indicador vai ser colocado.

b) *VITSAB CheckPoint*<sup>®</sup> *TTI indicator* (*Sweden AB, Suécia*): baseado em uma reação enzimática, seu mecanismo de funcionamento é ativado pela diminuição do pH devido à degradação de uma suspensão de triglicerídeos pela enzima lípase. A atuação da enzima causa mudança de cor do indicador, sendo a velocidade desta reação governada pela temperatura.

c) *3M*<sup>®</sup> *MonitorMark*<sup>®</sup> (*3M Packaging Systems Division, EUA*): indicador baseado na difusão de materiais com propriedades poliméricas. A sua ação é ativada por um éster de ácido graxo de difusão, tingido de azul, ao longo de um pavio. Quando as duas fitas são reunidas, o material visco-elástico na primeira fita migra num receptor de reflexão de luz na outra fita, a uma taxa dependente da temperatura. Isto ativa uma mudança progressiva na transmissão refletiva de luz da matriz porosa e induz uma mudança de cor.

d) *Fresh-Check*<sup>®</sup> *Indicator* (*LifeLines Technology, EUA*): fundamentado em uma reação de polimerização em estado sólido, cuja resposta é uma mudança de cor mensurável. O indicador é composto por um pequeno círculo de um polímero cercado por um anel de referência impresso. O interior do círculo do polímero escurece se a embalagem sofreu exposição a temperaturas desfavoráveis, e a intensidade da cor é medida e comparada com a escala de cores de referência no rótulo. Quanto mais rapidamente a temperatura aumenta, mais rapidamente as mudanças de cor ocorrem no polímero.

e) *O (eO)*<sup>®</sup> *TTI* (*CRYOLOG, Gentilly, França*): baseado em uma mudança de pH causada pelo crescimento microbiano controlado (dependente da temperatura), que se expressa em uma alteração de cor do rótulo.

f) *O TT Sensor<sup>®</sup> TTI (Avery Dennison Corp., EUA)*: mecanismo de ação fundamentado na difusão de compostos polares que propagam-se (dependendo do tempo/temperatura) entre duas camadas poliméricas constituintes do rótulo.

g) *I Point<sup>®</sup> (I Point AB Technology Solutions, Califórnia)*: indicador enzimático de tempo-temperatura, cuja cor muda como resultado de variações de pH devido à hidrólise enzimática de substratos lipídicos. O rótulo é composto por uma cápsula que contém uma enzima lipolítica e substratos lipídicos separados em dois compartimentos. A enzima e os substratos misturam-se quando a barreira entre os dois compartimentos é quebrada após a ativação. A mudança de cor pode ser comparada com uma referência padrão impressa num outro rótulo na embalagem.

h) *Timestrip plus<sup>®</sup> (Timestrip, Londres)*: baseado na difusão de compostos, monitora as violações ascendentes da temperatura limite, ao mesmo tempo que mostra a duração do abuso.

Segundo Kerry *et al.* (2006), uma pesquisa realizada no Reino Unido nos anos noventa indicou que 95% dos entrevistados (n = 511) considerou uma boa idéia o uso de ITT's em alimentos, porém os respondentes indicaram a necessidade de uma campanha de publicidade educacional para o seu uso. Resultados semelhantes foram mostrados por Restuccia *et al.* (2010), os quais citam uma pesquisa realizada em diversos países europeus no ano de 2001 pela empresa francesa *Acti pack* (Grupo *Axiom*, França), onde a aceitação do uso de indicadores inteligentes de tempo e temperatura foi investigada em produtores e consumidores de alimentos, e os resultados mostraram que os entrevistados estavam abertos a inovações nesta área, desde que, o material fosse seguro e informações constassem nos rótulos dos produtos para utilização da tecnologia de forma adequada.

As aplicações de indicadores de tempo-temperatura para o controle de qualidade de produtos alimentícios têm sido estudadas por vários grupos de pesquisas. Por exemplo, Fu *et al.* (2004) avaliaram a aplicabilidade de integradores de tempo e temperatura (marca 3M) para monitorar o crescimento microbiano de produtos lácteos sob várias temperaturas, com foco na microbiologia preditiva. Vainionpää *et al.* (2004) e Smolander *et al.* (2004) estudaram os ITT's de três marcas comerciais (*VITSAB*, *Fresh-Check* e *3M TTI*) para o controle da qualidade de carne de frango embalada sob atmosfera modificada. Nuim *et al.* (2008) avaliaram um indicador de tempo-temperatura baseado em transição colorimétrica visando o monitoramento da qualidade microbiológica de pescado embalado em filme de PVC. Sistemas de indicadores de tempo-temperatura também foram utilizados por Tsironi *et al.* (2008) para controlar a qualidade de filés de atum congelados e embalados a vácuo. Ellouze *et al.* (2008) desenvolveram um modelo matemático para validar a resposta do ITT *CRYOLOG*, *TRACEO*. Mai *et al.* (2011) e Mai (2010) observaram a aplicação de ITT's fotocrômicos para avaliar a temperatura na cadeia logística de bacalhau na Europa. Enquanto Brizio (2013) validou a aplicação dos indicadores inteligentes da marca *OnVu* para monitorar a cadeia de abastecimento de produtos à base de frango.

Segundo dados do *Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística* (2011) a empresa *Nestlé*, na Europa, tem utilizado os indicadores de tempo e temperatura marca *Timestrip plus<sup>®</sup>* em alguns de seus produtos alimentícios, como por exemplo molhos pronto para o consumo *Maggi<sup>®</sup>*. Enquanto, o indicador marca *Fresh-Check<sup>®</sup> Indicator* esta sendo usado para controlar a cadeia de frio de produtos da marca *Gourmet* na França e dos alimentos servidos a bordo dos aviões da companhia aérea *British Airways*, na Inglaterra.

### 3 CONCLUSÃO

O uso de tecnologias inovadoras em embalagens alimentícias vêm sendo intensamente aplicado em países como Japão, Estados Unidos e alguns membros da União Europeia. Porém, em muitos outros, incluindo-se o Brasil, o desenvolvimento e a aplicação industrial desse tipo de embalagens inteligentes ainda é muito limitado.

Pesquisas realizadas em vários países apontam as principais razões da relutância dos produtores e consumidores em adotar o uso de embalagens inteligentes: custo, confiabilidade e aplicabilidade. Por isso, há muitos estudos ainda a serem realizados, tanto na pesquisa de novos compostos, quanto na elucidação dos mecanismos que podem ser empregados, com objetivo de identificar uma combinação favorável de eficiência e viabilidade. Assim, espera-se que os conceitos de embalagens inteligentes de tempo e temperatura possam ser aceitos comercialmente em todo o mundo e que normas regulamentando seu uso sejam estabelecidas, conferindo benefícios à conservação de grande variedade de alimentos.

### 4 REFERÊNCIAS

- BRAGA, R. L.; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. **Boletim do CEPPA**, v. 28, n. 1, p. 69-84, 2010.
- BRIZIO, A. P. D. R. **Utilização de embalagem inteligente para acompanhamento da vida-útil de produtos resfriados à base de frango**. 2013. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Rio Grande.
- DE JONG, A. R.; BOUMANS, H.; SLAGHEK, T.; VAN VEEN, J.; RIJK, R.; VAN ZANDVOORT, M. Active and intelligent packaging for food: is it the future? **Food Additives and Contaminants**, v. 22, n.10, p. 975-979, 2005.
- ELLOUZE, M.; PICHAUD, M.; BONAÏTI, C.; COROLLER, L.; COUVERT, O.; THAUVAULT, D.; VAILLANT, R. Modelling pH evolution and lactic acid production in the growth medium of a lactic acid bacterium: Application to set a biological TTI. **International Journal of Food Microbiology**, v. 128, p. 101–107, 2008.
- FU, B.; TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P. Predictive microbiology for monitoring spoilage of dairy products with time-temperature integrators. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1209-1215, 2004.
- GIANNAKOUROU, M. C.; KOUTSOUMANIS, K.; NYCHAS, G. J. E.; TAOUKIS, P. S. Field evaluation of the application of time temperature integrators for monitoring fish quality in the chill chain. **International Journal of Food Microbiology**, v.102, p. 323-336, 2005.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA (ITENE). **Envases inteligentes: nuevos dispositivos que mejoran la calidad del producto envasado**. 2011 (Boletim Técnico).
- KERRY, J. P.; O'GRADY, M. N.; HOGAN, S. A. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p.113-130, 2006.

KREYENSCHMIDT, J.; CHRISTIANSEN, H. A.; HUBNER, V. R.; PETERSEN, B. A novel photochromic time-temperature indicator to support cold chain management. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n.2, p. 208-215, 2010.

MAI, N. T. T. Enhancing Quality Management of Fresh Fish Supply Chains Through Improved Logistics and Ensured Traceability. 2010. PhD thesis, Faculty of Food Science and Nutrition, University of Iceland, Reykavik.

MAI, N. T. T.; GUDJÓNSDÓTTIR, M.; LAUZON, H. L.; SVEINSDÓTTIR, K.; MARTINSDÓTTIR, E.; AUDORFF, H.; REICHSTEIN, W.; HAARER, D.; BOGASON, S. G.; ARASON, S. Continuous quality and shelf life monitoring of retail-packed fresh cod loins in comparison with conventional methods. **Food Control**, v. 22, p. 1000-1007, 2011.

NUIM, M.; ALFARO, B.; CRUZ, Z.; ARGARATE, N.; GEORGE, S.; LE MARC, Y.; OLLEY, J.; PIN, C. Modelling spoilage of fresh turbot and evaluation of a time-temperature integrator (TTI) label under fluctuating temperature. **International Journal of Food Microbiology**, v. 127, p. 93-199, 2008.

RESTUCCIA, D. A.; SPIZZIRRI, U. G.; PARISI, O. I.; CIRILLO, G. A.; CURCIO, M. A.; IEMMA, F. A.; PUOCI, F.; VINCI, G. B.; PICCI, N. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v. 21, n. 11, p. 1425-1435, 2010.

SMOLANDER, M.; ALAKOMI, H. L.; RITVANEN, T.; VAINIONPAA, J.; AHVENAINEN, R. Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts stored in different temperature conditions. A. Time-temperature indicators as quality-indicating tools. **Food Control**, v. 15, p. 217-229, 2004.

SHIMONI, E.; ANDERSON E. M.; LABUZA T. P. Reliability of Time Temperature Indicators Under Temperature Abuse. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 9, p. 1337-1340, 2001.

TSIRINI, T.; GOGOU, E.; VELLIU, E.; TAOUKIS, P. S. Application and validation of the TTI based chill chain management system SMAS (Safety Monitoring and Assurance System) on shelf life optimization of vacuum packed chilled tuna. **International Journal of Food Microbiology**, v.128, p.108-115, 2008.

VAINIONPÄÄ, J.; SMOLANDER, M.; ALAKOMI, H. L.; RITVANEN, T.; RAJAMÄKI, T.; ROKKA, M.; AHVENAINEN, R. Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 273-280, 2004.

VERDADE, P. S. **Estudo de um TTI fotocromico para aplicação em alimentos refrigerados**. 2010. Dissertação (Mestre em Bioquímica e Química dos Alimentos), Universidade de Aveiro, Portugal.