

MONITORIZAÇÃO TÉRMICA DOS ALIMENTOS

Investigação em tecnologia de ponta cria novas soluções



Jorge G. Barbosa e Miguel C. Fernandes

Constitui obrigação dos operadores do sector alimentar assegurar a manutenção da cadeia de frio durante todo o processo, desde a produção à transformação e distribuição dos géneros alimentícios sob o seu controlo, garantindo assim a salubridade dos produtos. No entanto, esse controlo é efectuado tendo como referência a temperatura ambiente a que os produtos estiveram expostos ao longo de todo o processo. A questão que se coloca é: qual o impacte da temperatura ambiente na salubridade do produto?

De facto, o alvo da monitorização térmica é o produto e não o ar. Como se ilustra na Figura 1, a salubridade do produto depende do crescimento de bactérias na sua superfície e está directamente relacionada com a temperatura que aí se verifica. Esta por sua vez depende não só da temperatura ambiente a que o produto esteve sujeito ao longo do tempo, mas também da forma e massa do produto em causa.



Fig. 1 – Níveis a considerar na avaliação da salubridade dos produtos

Assim, a salubridade do produto depende essencialmente da relação temperatura/tempo de exposição, das características térmicas do produto, nomeadamente condutividade e capacidade térmica, bem como da sua massa e forma geométrica (1). Vários estudos consideram esta abordagem. Mann (2) demonstrou ser viável utilizar uma gama de valores na relação tempo/temperatura ambiente para definir limites críticos para o plano de HACCP, no processamento e armazenamento de carne fresca. Ou seja, em vez de utilizar isoladamente a temperatura de exposição como limite crítico, utilizou a relação tempo/temperatura.

O gráfico da Figura 2 mostra a variação da temperatura de superfície ($T_{produto}$) de um pedaço de carne de porco, de aproximadamente 400 gramas e temperatura inicial de 4°C, quando sujeito a uma temperatura ambiente constante de 15.7°C. Verifica-se que apenas ao fim de 20 minutos a temperatura de superfície atinge a temperatura de 7°C e são necessárias 5 horas para atin-

gir os 15.7°C. A curva $T_{produto(emb)}$ corresponde à temperatura de superfície do mesmo produto quando embalado a vácuo. A embalagem impõe um atraso na propagação da temperatura. Os valores apresentados foram obtidos através de um termómetro registador de contacto.

No processamento e armazenamento dos produtos alimentares o controlo simplifica-se pelo facto de ser efectuado em ambiente controlado, onde se pode garantir uma determinada temperatura ambiente durante um determinado período de tempo. Utilizando os dados da Figura 2 podia-se definir como limite crítico a exposição máxima de 20 minutos para pedaços de carne com as mesmas características. O mesmo não se verifica na distribuição.

A distribuição de produtos agro-alimentares caracteriza-se por ser efectuada em contentores refrigerados e, na maioria das empresas, o percurso inclui vários pontos de paragem/descarga. A subida da temperatura dentro do contentor é inevitável quando as portas de acesso são abertas, devido ao diferencial térmico entre o exterior e o interior do contentor. Por outro lado, a máquina de frio desliga-se sempre que o motor da viatura é desligado, o que corresponde à situação mais comum nos pontos de entrega. No entanto, os períodos de paragem tendem a ser curtos e a máquina de frio consegue repor a temperatura de referência também num curto espaço de tempo, na ordem de alguns minutos.

Agora colocam-se as duas questões seguintes. Primeiro, é fiável atestar a salubridade dos produtos apenas pela variação da temperatura de refrigeração? E segundo, qual o impacte da variação da temperatura ambiente dentro do contentor frigorífico na salubridade dos produtos?

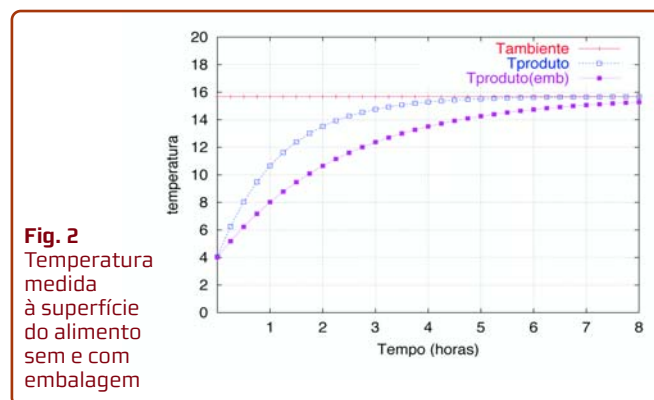
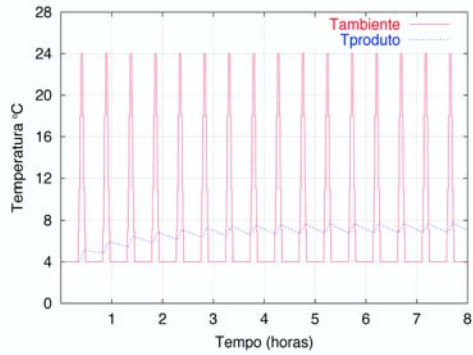


Fig. 2 Temperatura medida à superfície do alimento sem e com embalagem

Fig. 3
Simulação da temperatura de superfície durante a distribuição



O gráfico da temperatura de acondicionamento deixa de ser uma linha recta e passa a ser uma sequência de picos de temperatura de curta duração. A Figura 3 mostra um exemplo simulado de variação de temperatura de refrigeração e a temperatura estimada à superfície de um produto, com as características do anterior e valor inicial de 4°C. Considerou-se um percurso de 8 horas com períodos de 20 minutos em que a temperatura de refrigeração mantém-se nos 4°C, seguido de um período transitório com duração total de 8,5 minutos em que a temperatura sobe até aos 24°C, ficando neste valor durante 2 minutos. Verifica-se que a temperatura de superfície do produto fica muito distante da temperatura de refrigeração, tem oscilações, mas o valor médio por ciclo vai aumentando ao longo do percurso. Isto deve-se ao facto do período de 4°C não ser suficientemente longo para o produto recuperar a temperatura inicial. Nesta situação específica a temperatura máxima de superfície seria de 7.7°C, sendo atingida ao fim de aproximadamente 7 horas.

A Figura 3 responde às duas questões anteriores. Em conclusão, a temperatura de refrigeração não deve ser usada isoladamente para atestar as boas condições de transporte, porque a mesma gera dúvidas legítimas ao destinatário dos produtos. A solução será a monitorização da temperatura de superfície dos produtos.

As soluções técnicas existentes no mercado consistem na medição individual por produto com sensores de contacto. Temos, nomea-

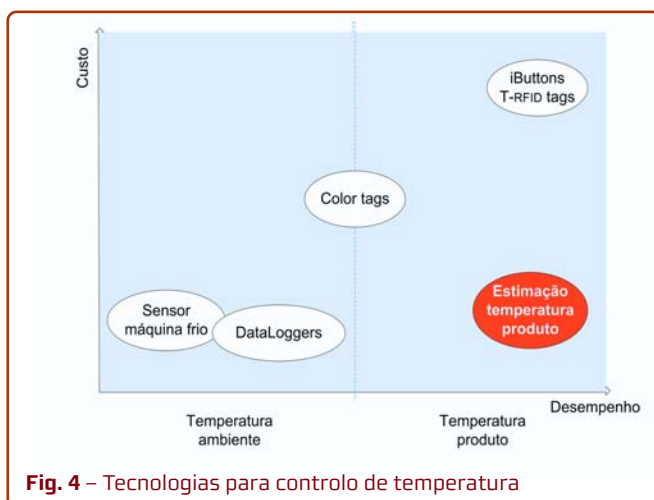


Fig. 4 – Tecnologias para controlo de temperatura

damente, as *Color Tag* que são etiquetas que mudam de cor quando o produto ultrapassa um limiar predefinido. Um dos problemas desta tecnologia é a logística adicional de colocar uma etiqueta por produto e a possibilidade da mesma não estar em contacto com o produto devido à forma da embalagem. Deste modo pode corresponder a uma combinação incerta de temperaturas de refrigeração e de superfície do produto.

Por seu lado, os *iButtons* são registadores de contacto e permitem obter a temperatura do produto com rigor, sendo no entanto inviável a colocação de um sensor por produto devido ao custo do dispositivo e à logística adicional de transferir os dados para suporte digital. Uma tecnologia mais recente é a T-RFID, que é uma etiqueta RFID com sensor de temperatura. Para além do preço das mesmas, é sempre necessário colocar uma etiqueta por produto e dispor de um meio de leitura dos valores registados em cada ponto de entrega.

A nova solução desenvolvida consiste num sistema que estime a temperatura de superfície dos produtos sem os medir directamente. Ou seja, um sistema que tendo por base a temperatura de refrigeração da câmara, a temperatura inicial do produto e considerando as suas características térmicas, massa e forma geométrica, estime a temperatura de superfície do mesmo ao longo do percurso. Esta e a temperatura de refrigeração da câmara devem ser disponibilizadas ao destinatário dos produtos para atestar as boas condições de transporte. Esta solução deu origem à patente de Invenção Nacional PT 103 649 – “Dispositivo para monitorização e registo da temperatura no transporte e armazenamento de produtos sensíveis à temperatura e respectivo método”.

A Figura 4 ilustra a relação preço/desempenho das tecnologias descritas. Por desempenho entende-se a capacidade de disponibilizar a temperatura de superfície dos produtos. Os dois dispositivos mais à esquerda apenas disponibilizam a temperatura de refrigeração e como tal têm um desempenho baixo. No entanto, como os *DataLoggers* podem ser colocados junto ao produto considera-se com melhor desempenho que o registo fornecido pelo sensor do equipamento de frio.

A nova tecnologia permitirá evoluir na aferição e monitorização das condições de transporte através das melhorias na compreensão do comportamento térmico dos produtos alimentares, gerando menos conflitos entre distribuidores e destinatários dos produtos, com custos que se estimam serem da mesma ordem dos actuais custos dos registadores simples de temperatura de refrigeração.

(1) Dennis R. Heldman, Daryl B. Lund, *Handbook of food engineering*, Marcel Decker, Inc.

(2) J.E. Mann, M.M. Brashears, Validation of Time and Temperature Values as Critical Limits for the Control of *Escherichia coli* O157:H7 during the Production of Fresh Ground Beef, *Journal of Food Protection*, Volume 69, Número 8, Agosto 2006, pp. 1978-1982.

Jorge G. Barbosa, professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Miguel C. Fernandes, director executivo da FoodInTech, Lda.