



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0609581-0 A2**



* B R P I O 6 0 9 5 8 1 A 2 *

(22) Data de Depósito: 22/03/2006
(43) Data da Publicação: 20/04/2010
(RPI 2050)

(51) *Int.Cl.:*
G01K 1/02 (2010.01)

(54) Título: **DISPOSITIVO PARA DETECTAR A TEMPERATURA INTERNA DE UM OBJETO E DE UM ITEM ALIMENTÍCIO**

(30) Prioridade Unionista: 23/03/2005 US 60/664.874

(73) Titular(es): BAY MATERIALS, LLC

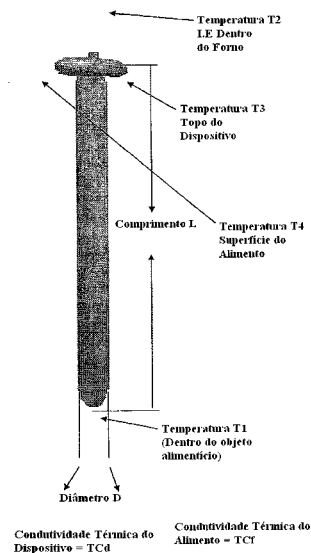
(72) Inventor(es): KATHRYN MORTON, RAY F. STEWART

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT US2006010615 de 22/03/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/102522 de 28/09/2006

(57) Resumo: DISPOSITIVO PARA DETECTAR A TEMPERATURA INTERNA DE UM OBJETO E DE UM ITEM ALIMENTÍCIO. É descrito um dispositivo termicamente sensível que possui um elemento indicador termocrômico. O dispositivo é preparado a partir de um material termicamente condutivo e possui em uma extremidade um elemento indicador que é formado a partir de material termocrômico.



**DISPOSITIVO PARA DETECTAR A TEMPERATURA INTERNA DE UM
OBJETO E DE UM ITEM ALIMENTÍCIO**

CAMPO TÉCNICO

O assunto descrito aqui se refere a um aparelho para
5 sinalizar a um usuário que um item sendo aquecido, tal como
um item alimentício, alcançou uma temperatura interna
predeterminada. Mais especificamente, o assunto refere-se a
um dispositivo indicador de resposta térmica capaz de
propiciar um sinal visual ao atingir uma temperatura
10 interna especificada do item sendo aquecido.

FUNDAMENTOS

Indicadores de resposta térmica são úteis em diversos
campos para propiciar uma indicação visual do atendimento
de uma temperatura especificada. Por exemplo, a utilização
15 de dispositivos indicadores térmicos foi descrita para
utilização em válvulas de escape (Patente U.S. No.
5.495.865), em animais para detectar uma temperatura
corporal elevada (Patente U.S. No. 4.083.364), em
condutores elétricos (Patente Alemã No. 3.229.020), e em
20 Sprinklers de incêndio (Patentes U.S. Nos. 4.896.728;
4.006.780).

Dispositivos indicadores de resposta térmica
obtiveram sucesso específico na preparação de produtos
alimentícios, especificamente carne e ave. Tais
25 dispositivos podem ser utilizados para indicar a
temperatura elevada do interior do produto alimentício, ao
invés da temperatura do exterior do mesmo. Ao indicar a
obtenção de uma temperatura interna específica do produto
alimentício, o dispositivo pode sinalizar quando o produto
30 alimentício completou o cozimento. Diversos desses

dispositivos para utilização no cozimento de alimentos são conhecidos e normalmente são baseados no conceito de um êmbolo impulsionado por uma mola a ser liberado para uma posição estendida após atingir uma temperatura específica (Patentes U.S. Nos. 5.988.102; 5.537.950). Um meio de retenção, que é normalmente um material fusível, mantém o êmbolo em uma posição retraída até que o material fusível ceda, em cujo momento uma mola impele o êmbolo para uma posição estendida. Quando na posição estendida, o êmbolo propicia uma indicação visual ao usuário que o alimento está "pronto". Para melhorar ainda mais a visibilidade do êmbolo quando o mesmo está na posição estendida, pode ser fixada uma tampa à extremidade do mesmo.

Uma desvantagem associada a estes chamados indicadores "de disparo" é que o usuário não possui nenhuma indicação, antes do êmbolo ser liberado para sua posição estendida de que o dispositivo está funcionando adequadamente. O usuário não sabe também o tempo restante para o processo de cozimento ser finalizado. Sendo assim, permanece a necessidade por um dispositivo indicador de cozimento que sinalize ao usuário quando o alimento está alcançando uma fase de "finalização parcial" para sinalizar ao usuário que o produto está funcionando e que falta algum tempo, por exemplo, 30-45 minutos, para o processo de cozimento estar finalizado.

Uma das dificuldades ao projetar tal indicador de cozimento é que a temperatura de interesse está no centro do alimento, embora para facilidade de visibilidade, seja preferível que a indicação esteja na superfície do alimento. Problemas com projetos de indicadores de tempo

atuais são que os mesmos são relativamente dispendiosos, e/ou indicadores de temperatura únicos, e/ou medem a temperatura de superfície, e/ou são indicadores menos precisos da temperatura interna de alimento e sendo assim
5 indicadores menos precisos do tempo de cozimento.

Os exemplos acima da técnica correlata e limitações relacionadas com os mesmos destinam-se a ser ilustrativos e não exclusivos. Outras limitações da técnica correlata tornar-se-ão evidentes àqueles versados na técnica após uma
10 leitura da especificação e um exame dos desenhos.

SUMÁRIO

Em um aspecto, um dispositivo compreende um elemento alongado que possui primeira e segunda extremidades opostas e, situado em uma das extremidades, um material
15 termocrômico, em que o elemento alongado é adaptado para transferência térmica de tal modo que o material termocrômico responda a uma temperatura detectada pela extremidade oposta.

Em outro aspecto, é propiciado um dispositivo para
20 detectar a temperatura interna de um meio volumoso. O dispositivo consiste em um elemento alongado que possui uma primeira extremidade e uma segunda extremidade oposta, um material termocrômico situado na primeira extremidade; em que a segunda extremidade é adaptada para inserção em um
25 meio volumoso e o elemento alongado é adaptado para transferência térmica de tal modo que o material termocrômico responda a uma temperatura detectada pela segunda extremidade e quando inserido no meio volumoso.

Em ainda outro aspecto, é propiciado um dispositivo
30 para detectar a temperatura interna de um item alimentício.

O dispositivo é compreendido de um elemento alongado que possui uma primeira extremidade e uma segunda extremidade oposta, um material termocrômico situado na primeira extremidade; em que a segunda extremidade é adaptada para inserção no item alimentício, e em que o elemento alongado é adaptado para transferência térmica de tal modo que o material termocrômico responda a uma temperatura interna do item alimentício detectada pela segunda extremidade e quando inserido no item alimentício.

10 Em outro aspecto, é propiciado um dispositivo indicador térmico que responde à temperatura no interior de um item, tal como o interior de um item alimentício sendo aquecido, por exemplo, em um forno.

Em uma modalidade, o dispositivo indicador térmico propicia um indicador visual de que uma certa temperatura dentro do item foi alcançada, o indicador visual ocorrendo em uma temperatura previsível.

Em outra modalidade, o dispositivo indicador térmico inclui tanto um indicador visual que sinaliza ao usuário que um certo tempo resta no processo de cozimento, quanto um segundo indicador visual que sinaliza ao usuário que o processo de cozimento está finalizado.

O dispositivo indicador térmico propicia um indicador térmico visual que é relativamente insensível à temperatura exterior do item sendo aquecido e/ou à temperatura do exterior do item sendo aquecido.

O dispositivo indicador térmico é adequado para utilização em diversos ambientes de aquecimento, incluindo fornos de cozinha convencionais, fornos industriais, fornos de convecção, e fornos de microondas, porém sem se limitar

aos mesmos.

Em uma modalidade, o dispositivo indicador térmico carece de um indicador visual de que uma certa temperatura interna tenha sido alcançada, porém compreende um
5 indicador, tal como um indicador "de disparo", em que o dispositivo ou certos componentes do dispositivo seja formado de um material termicamente condutor com uma condutividade maior do que aproximadamente $0,5 \text{ W/(m.K)}$.

O dispositivo indicador térmico em outras modalidades
10 pode ser combinado com um segundo dispositivo de medição de temperatura, especificamente um dispositivo físico acionado por temperatura tal como um indicador termo-mecânico ("de disparo").

O dispositivo indicador térmico, em uma modalidade,
15 sinaliza ao usuário antes de acionar o dispositivo acionado fisicamente tal como um indicador "de disparo".

Em outra modalidade, o dispositivo indicador térmico pode incluir dois ou mais indicadores visuais.

Além dos aspectos e modalidades exemplificativos
20 descritos acima, aspectos e modalidades adicionais tornar-se-ão evidentes mediante referência aos desenhos ou mediante estudo das descrições que se seguem.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Fig. 1 é um gráfico de temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, como uma
25 função da distância do centro do item alimentício, inicialmente (tempo zero, losangos) e após aquecimento por 30, 60, 90, e 120 minutos;

a Fig. 2 é uma ilustração de um dispositivo indicador térmico simples e

30 a Fig. 3 mostra ilustrações de diversos dispositivos

com diferentes de aro/anel.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Em um aspecto, é propiciado um dispositivo versátil de custo eficaz, destinando-se o dispositivo a medir a temperatura interna de um meio volumoso ou componente e a sinalizar ao usuário que uma temperatura interna predeterminada do item ou componente foi alcançada. Foi conduzido um estudo para ilustrar as questões envolvidas no projeto de tal indicador de temperatura para utilização, por exemplo, na preparação de alimentos. Neste estudo, foi obtido um assado com um diâmetro de 15,24 cm. Foram colocados termopares no assado em diversas profundidades; no centro do assado (zero cm do centro), 2,54 cm do centro, 5,08 cm do centro, 7,62 cm do centro, 10,16 cm do centro, 12,70 cm do centro, 13,97 cm do centro, 14,73 cm do centro e 15,24 cm do centro (superfície externa). A temperatura em cada posição foi medida antes do cozimento e em 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos e 120 minutos durante o cozimento. Os resultados são mostrados na Fig. 1.

A temperatura inicial do assado foi de aproximadamente 20°C, e a temperatura aumentou rapidamente após a colocação no forno, devido ao gradiente de temperatura maior entre o forno e o produto alimentício. Ao longo do tempo, o item alimentício aquece através de aquecimento por absorção, condução e convecção do ar quente e radiação infravermelha do forno. A temperatura na superfície externa do assado (15,24 cm do centro) não imita aquela do interior por causa do gradiente térmico e da baixa condutividade térmica da carne (aproximadamente 0,5 W/(m.K)). À medida que o cozimento continua, a temperatura

através do item alimentício torna-se mais uniforme, porém ainda é sujeita a diferenças grandes. Para complicar ainda mais a análise, a temperatura exterior do assado pode também ser afetada pela evaporação de água que tenderá a
5 fazer com que a superfície externa inicialmente não exceda 100°C .

O comportamento térmico do item sendo aquecido, tal como um item alimentício, será bastante sensível a muitos fatores que incluem a temperatura do forno, o tamanho do
10 item, a geometria do item e a temperatura inicial. Estes fatores tornam muito difícil prever com precisão a quantidade de tempo que o processo e cozimento exigirá. No caso em que se tente estimar o progresso de cozimento através da temperatura de superfície (ou superfície
15 próxima) do item, o mesmo será enganoso e sujeito a amplas variações. Contudo, se a temperatura interna do item pudesse ser facilmente monitorada, então a previsão tornar-se-ia muito mais fácil.

Com relação agora à Fig. 2, é mostrado um dispositivo
20 de resposta térmica simples, exemplificativo, para consideração dos parâmetros necessários para a seleção de materiais e elementos de projeto adequados. O dispositivo compreende um primeiro elemento alongado (cilindro) que possui um comprimento L e, de preferência, é formado de um
25 material que possui uma condutividade térmica maior do que aproximadamente $0,5 \text{ W}/(\text{m.K})$, mais preferivelmente maior do que $2 \text{ W}/(\text{m.K})$. A condutividade térmica do material que forma o elemento de cilindro alongado na teoria não possui limite superior desejável, porém por razões práticas é
30 normalmente inferior a 250 a $300 \text{ W}/(\text{m.K})$. O elemento

alongado pode ser sólido ou oco ou alguma combinação dos mesmos. Uma extremidade do elemento alongado é adaptada para ser inserida dentro de um item e a outra extremidade oposta é adaptada para possuir pelo menos uma porção de sua superfície sendo termocrômica. A porção termocrômica pode ser de qualquer formato geral, porém é normalmente adequado que seja circular.

O material termocrômico (ou materiais ou sistema) é normalmente projetado para alterar a cor entre uma temperatura a aproximadamente 40°C e aproximadamente 90°C, embora para aplicações industriais e de segurança alimentícia, temperaturas maiores ou inferiores podem ser desejadas, por exemplo, estar na vizinhança de 0°C para monitorar congelamento e estar em ou acima de 100°C para monitorar esterilização. O dispositivo pode opcionalmente compreender um mecanismo interno para acionar um indicador mecânico em uma temperatura predeterminada, por exemplo, um material sensível a temperatura e um eixo carregado por mola ou outro meio conhecido, conforme discutido acima.

O dispositivo pode ser essencialmente cilíndrico ou em uma modalidade preferida pode ser moldado em estrela em seção transversal ou pode possuir estruturas para aumentar a área superficial, por exemplo, aletas que servem para aumentar a condutividade térmica do dispositivo. Em uma modalidade preferida, o dispositivo possui relativamente mais área de superfície na porção adaptada para estar dentro do objeto do que a porção do dispositivo na superfície externa do objeto.

Em uso, o dispositivo é colocado dentro do objeto a ser aquecido ou monitorado de tal forma que uma extremidade

esteja em contato com uma região interior do objeto, o ponto de contato com o interior podendo ser qualquer lugar entre 0,635 cm e 5,08 cm ou mais a partir da superfície externa do objeto, dependendo da aplicação. De forma notável, a extremidade do dispositivo adaptado para inserção dentro do objeto normalmente não penetra através do objeto, porém permanece em uma região interior do objeto a fim de monitorar a temperatura interna do objeto. A extremidade oposta do dispositivo alongado está próxima da superfície externa do objeto. Situado sobre a superfície externa do dispositivo e, mais especificamente, situado na extremidade oposta do dispositivo que permanece próxima à superfície exterior do objeto, está um elemento de indicação formado de um material termocrômico e projetado para responder a uma temperatura desejada. Opcionalmente o elemento de indicação termocrômica é coberto com uma camada de material transparente termicamente isolante (condutividade térmica inferior a aproximadamente $2W/(m.K)$).

O material e construção e a área de seção transversal do dispositivo são configurados de tal modo que a temperatura da extremidade oposta do dispositivo no qual o elemento termocrômico é posicionado é controlada amplamente pela temperatura interna do objeto. Isto é alcançado, em parte, através da fabricação do dispositivo de tal modo que o elemento indicador termocrômico tenha comunicação térmica com o cilindro alongado do dispositivo e com a extremidade do dispositivo que está em contato com uma região interior do objeto, para permitir um caminho termicamente condutivo contínuo a partir do elemento indicador termocrômico até a

extremidade oposta do dispositivo inserido no objeto.

Em uso, o dispositivo indicador é inserido dentro do objeto, que é então colocado em um dispositivo de aquecimento, tal como um forno convencional ou de 5 microondas, ou em um ambiente em que é desejado monitorar a temperatura. Se o objeto for aquecido, existirá normalmente um gradiente térmico estabelecido de tal modo que o exterior do objeto seja mais quente do que o interior. Por exemplo, quando o objeto é colocado em um forno 10 convencional, a porção exterior do dispositivo será aquecida através de ar quente (convecção ou condução) e opcionalmente através de radiação infravermelha e tornar-se-á mais quente do que o interior do objeto. O calor será então conduzido para longe da área exposta do exterior 15 quente do dispositivo (onde o elemento indicador termocrômico é posicionado) e para dentro do interior do objeto pelo material termicamente condutivo, sob o qual o calor será dissipado. À medida que a temperatura interior do objeto aumenta ao longo do tempo no forno, a quantidade 20 de condução de calor ao longo do dispositivo naturalmente irá aumentar. Em algum instante, o interior do objeto alcançará uma temperatura que corresponde a uma temperatura predeterminada à qual o elemento indicador termocrômico é ativado para alterar a cor, sinalizando ao usuário que a 25 temperatura foi alcançada.

Quando o aquecimento ocorre em um forno de microondas o processo será similar ou potencialmente inverso dependendo do item, especificamente item alimentício, sendo aquecido. Em um forno de microondas a maior parte da 30 energia é absorvida dentro do item alimentício, ao invés da

superfície, de modo que o item alimentício seja essencialmente aquecido de dentro para fora. Conseqüentemente, o calor do interior do objeto alimentício pode ser conduzido para fora pelo dispositivo, gradualmente aumentando a temperatura da porção exterior do dispositivo onde o elemento indicador termocrômico é posicionado.

Em ambos os fornos de microondas e convencional, o dispositivo rastreará precisamente a temperatura dentro do item, permitindo uma medição confiável de aquecimento ou progresso de cozimento. Quando a temperatura predeterminada é obtida, o indicador termocrômico visual será alcançado e sinalizará ao usuário que a temperatura predeterminada foi alcançada. Opcionalmente, após o indicador termocrômico visual ser acionado, o aquecimento continuará até um momento em que um segundo dispositivo indicador dispara, sendo o segundo dispositivo indicador em algumas modalidades um indicador termo-mecânico, tal como um indicador "de disparo" ou em outra modalidade, um segundo elemento indicador termocrômico que dispara em uma segunda temperatura predeterminada. Será verificado que a ordem de acionadores de indicação pode ser inversa, de modo que o indicador termo-mecânico acione primeiro e em seguida subseqüentemente o indicador termocrômico seja ativado.

O material termocrômico a partir do qual o elemento indicador termocrômico é formado pode mudar abruptamente ou pode mudar gradualmente dependendo do efeito desejado e dos materiais empregados. Além disso, o indicador pode ter um formato discreto (por exemplo, um anel ou ponto) ou pode ser projetado como diversos elementos que se alteram tanto na mesma temperatura quanto em temperaturas diferentes. O

material termocrômico pode também estar na forma de letras, números ou símbolos, por exemplo, impressos para ler "15 Minutos" etc.

O material termocrômico pode ser reversível ou irreversível e pode também simplesmente ir do opaco ao translúcido, ou do translúcido ao opaco, ou outro sistema conhecido.

Sendo assim, em uma modalidade geral, o dispositivo compreende um elemento alongado que é formado de um material termicamente condutivo. O elemento alongado possui duas extremidades, uma primeira extremidade adequada para inserção no item a ser aquecido e uma segunda extremidade oposta termicamente acoplada à primeira extremidade. Conforme utilizado aqui, "inserir em" significa que a extremidade é introduzida em um item sem penetração completa do item. Adjacente ou diretamente em contato com a segunda extremidade oposta está posicionado um elemento feito de um material termocrômico. O material termocrômico pode opcionalmente ser coberto (parcial ou completamente) com o material termicamente insular. A primeira extremidade do dispositivo inserida no item a ser aquecido conduz o calor do item para o material termocrômico de modo que quando uma temperatura interna desejada é alcançada, o material termocrômico sofre uma alteração observável ou mensurável.

Em outra modalidade o cilindro de um indicador de tempo de cozimento termo-mecânico torna-se termicamente condutivo e um material termocrômico é posicionado em torno do anel do cilindro de modo que o material termocrômico mude de cor antes do elemento indicador termo-mecânico ser

ativado. Desta maneira, o usuário pode ser avisado algum tempo antes do item estar aquecido a uma temperatura desejada, por exemplo, antes do alimento estar cozido ou antes da mistura polimérica alcançar uma certa temperatura.

5 Em outra modalidade dois ou mais materiais termocrômicos podem ser colocados em comunicação térmica com o interior do item de modo que o progresso do aquecimento ou cozimento possa ser monitorado. Em tal caso, uma extremidade do elemento alongado é inserida dentro do
10 item e a outra extremidade é coberta com material(is) termocrômico(s) variável(is) de modo que ocorra uma alteração de cor gradual ou abrupta sinalizando diversos estágios de aquecimento.

Em outra modalidade, o aro de um indicador de tempo
15 tipo "de disparo" termo-mecânico é tornado termicamente condutivo de modo que um material termocrômico situado no mesmo responda à temperatura dentro do cilindro do indicador de tempo.

Uma característica opcional adequada para utilização
20 em qualquer das modalidades acima, é que existe disposto sobre o material termocrômico um segundo material que é transparente. Em outra modalidade opcional, o material transparente possui uma condutividade térmica inferior ao elemento de cilindro alongado termicamente condutivo.

25 O dispositivo é de preferência formado de um material com uma condutividade térmica maior do que aproximadamente $0,5 \text{ W/(m.K)}$, mais preferivelmente maior do que aproximadamente 1 W/(m.K) , ainda mais preferível maior do que aproximadamente $1,5 \text{ W/(m.K)}$. A condutividade térmica,
30 λ , é a quantidade de calor transmitido, devido ao gradiente

de temperatura unitária, na unidade de tempo sob condições fixas em uma direção normal a uma superfície de área unitária, quando a transferência de calor é dependente apenas do gradiente de temperatura:

5 condutividade térmica = taxa de fluxo de calor/
(distância x gradiente de temperatura)

No sistema SI de unidades, a condutividade térmica é medida em watt/(metro x kelvin), denominado aqui como watts por metro-kelvin, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ou $W/(m \cdot K)$, onde watt é a unidade
10 de potência, metro é a unidade de distância, e Kelvin é a unidade de temperatura. Valores de condutividade térmica são também relatados na literatura como $cal/(m \cdot h \cdot ^\circ C)$. Ao multiplicar um valor em unidades $cal/(m \cdot h \cdot ^\circ C)$ por 0,001162 (4,184/3600) é convertido às unidades SI de $W/(m \cdot K)$,
15 presumindo-se que as calorias sejam pequenas ou grama calorias, não quilogramas ou calorias alimentícias.

A condutividade térmica de diversos materiais é tabulada em muitas fontes de referência. A Tabela 1 lista a condutividade térmica de materiais comuns.

20

Tabela 1

Condutividade Térmica para alguns Materiais comuns

Condutividade Térmica - k - ($W/m \cdot K$)			
Material	Temperatura ($^\circ C$)		
	25	125	225
Alumínio	250	255	250
Antimônio	18,5		
Asfalto	1,26		
Latão	109		
Tijolo denso	1,6		
Cádmio	92		
Carbono	1,7		
Cobre	401	400	398
Aço carbono	54	51	47
Isolamento de lã de algodão	0,029		
Epóxi	0,35		

Isolamento de feltro	0,04		
Vidro	1,05		
Gelo	2,18		
Ferro	80	68	60
Magnésio	156		
Mica	0,75		
Náilon 6	0,25		
Polietileno HD	0,5		
Poliestireno expandido	0,03		
Aço	46		
Aço inoxidável	16	17	19
Água	0,58		
Madeira	0,13		

Plásticos termicamente condutivos comercialmente disponíveis podem ser preparados através da adição de cargas de enchimento termicamente condutivas, tais como nitrito de boro de alumina, carbonato de cálcio etc., para polímeros padrão e possuem condutividades na faixa de 1 a 18.

Indicadores de tempo existentes são normalmente construídos de plásticos, por exemplo, náilon, polipropileno, policarbonato e similares para facilidade de fabricação e custo baixo. Polímeros tais como estes possuem condutividade térmica inerentemente baixa. Comparados à água e metais simples tais como alumínio e aço, a maior parte dos polímeros possui condutividades térmicas muito baixas.

Uma vez que a condutividade térmica é uma propriedade de volume, a capacidade efetiva de um dispositivo específico em conduzir calor de uma localização para outra será definida por sua condutividade térmica em volume além de sua geometria específica. As propriedades de transporte térmico de objetos podem ser calculadas através de análise matemática e esta é uma consideração no projeto de muitos objetos comuns, por exemplo, placas de circuito de

computador, lâmpadas de automóveis etc. Existe extensa literatura sobre diversos métodos para calcular as propriedades em regime estacionário e transitórias de dispositivos. Também é possível construir modelos de computador úteis, por exemplo, modelos de elementos finitos que possam prever o comportamento térmico tanto em regime estacionário como transitório de dispositivos simples ou complexos. Vide, por exemplo, TRANSPORT PHENOMENA (FENÔMENOS DE TRANSPORTE), por Bird, Stewart, e Lightfoot, para uma descrição geral de modelagem térmica.

A seleção da condutividade térmica do material para formar o dispositivo e a seleção do projeto geométrico do dispositivo permite a fabricação de um dispositivo que propicia um indicador visual confiável da temperatura interna de um item sendo aquecido. O dispositivo normalmente possui uma condutividade térmica mínima a fim de que o indicador visual responda primariamente à temperatura interior do item a ser monitorado ao invés do ambiente exterior.

O material que forma o dispositivo e a configuração de dispositivo podem variar enormemente, dependendo em parte da aplicação específica. Por exemplo, no caso de um indicador de cozimento para um peru, em uma modalidade, o dispositivo é construído de modo que sob as condições em regime estacionário o dispositivo possuirá uma temperatura externa que mais precisamente se assemelha à temperatura dentro do peru ao invés da temperatura da pele do peru ou do ar ambiente dentro do forno.

O dispositivo pode ser feito a partir de uma faixa ampla de materiais desde que possuam propriedades térmicas,

mecânicas e toxicológicas adequadas. Materiais preferidos de construção satisfarão, de preferência, um ou mais dos seguintes critérios: (i) uma condutividade térmica maior do que 0,25 W/(m·K), de preferência maior do que 0,5 W/(m·K), mais preferivelmente maior do que 2 W/(m·K); (ii) uma temperatura de distorção de calor superior a aproximadamente 80°C, sendo a distorção de calor medida por um método de teste ASTM padrão; (iii) não tóxicos a humanos; e/ou (iv) um teor extraível inferior a 1% quando extraído de acordo com um método padronizado para determinar a quantidade de extratos.

Sem pretender que o que se segue seja limitante, os materiais exemplificativos incluem metal e polímeros. Metais exemplificativos incluem alumínio e ligas de alumínio; aço inoxidável; ligas de alumínio e magnésio; ferro; cobre; níquel; bronze; titânio. Polímeros exemplificativos incluem poliestireno e estireno de cristal; poliamidas, especialmente Náilon 6, Náilon 66, Náilon 12, Náilon 11, Náilon 46 e seus copolímeros e náilons aromáticos; polipropileno, isotático e sindiotático e seus copolímeros incluindo copolímeros atáticos; polietileno, incluindo HDPE, MDPE, LDPE e polietilenovinilacetato, e terpolímeros de ácido acrílico de etilenovinilacetato incluindo ionômeros tais como "Zurlyn" produzido por DuPont; poli 1-buteno, poli 2-metilpenteno; copolímeros de olefina cíclica (por exemplo, Topas) vendidos por Ticona; resinas de poliéster incluindo PET, PETG, e COPE (co-poliéster); policarbonato; poliuretanos; sulfeto de polifenileno; acetal; copolímeros de acrilonitrila, butadieno, e estireno (ABS); e outros.

Como observado acima, em algumas modalidades, um material pode ser misturado ao polímero para aperfeiçoar a condutividade térmica do polímero. Cargas de enchimento exemplificativas incluem carbonato de cálcio; negro-de-fumo; grafite; silicatos de cálcio; talco; óxido de alumínio; sílica; partículas de metal incluindo fibras e metais em pó, especialmente alumínio, ferro, aço inoxidável e níquel; carbureto de boro; nitreto de carbono; nitreto de boro; volastonita; argilas etc.

10 Uma ampla faixa de materiais termocrômicos pode ser empregada. Os materiais podem estar na forma de um sólido, um líquido, ou um cristal líquido e podem ser utilizados puros ou podem ser encapsulados ou combinados com outro material. Em alguns casos é desejável utilizar uma
15 combinação de mais do que um material para produzir um faixa de alterações de temperatura. Materiais termocrômicos exemplificativos incluem materiais de cristal líquido tais como materiais cristalinos líquidos colestéricos; materiais de cera que difundem luz abaixo de determinada temperatura
20 e transmitem luz acima; moléculas orgânicas cristalinas ou polímeros com pontos de clareza (pontos de fusão) na temperatura de interesse; ou materiais termocrômicos inorgânicos.

O material de alteração de cor pode ser aplicado a
25 apenas uma porção do dispositivo, ou pode ser aplicado ao dispositivo inteiro. Além disso, o material pode ser direta ou indiretamente incorporado no material de dispositivo.

Em uma modalidade, o dispositivo é construído a partir de um polímero que possui disperso no mesmo material
30 inorgânico de razão de aspecto elevado (a razão de uma

dimensão a outra, tal como largura para altura ou comprimento para diâmetro) ou partículas de metal, por exemplo, partículas com uma razão de aspecto superior a aproximadamente 5, sendo as partículas fabricadas de, por exemplo, alumínio, carbureto de boro, nitreto de carbono etc. Em outra modalidade o dispositivo é construído a partir de um polímero que possui disperso no mesmo partículas de metal de razão de aspecto elevado, por exemplo, partículas com uma razão de aspecto superior a aproximadamente 5, sendo as partículas fabricadas de, por exemplo, alumínio, carbureto de boro, nitreto de carbono etc. O artigo é produzido por uma operação de fabricação tal como o molde por extrusão ou injeção que confere orientação significativa às partículas de metal de modo que os materiais possuam condutividade térmica anisotrópica, especificamente onde a condutividade na direção axial é maior do que na direção radial.

Em outra modalidade, o dispositivo compreende pelo menos um primeiro elemento interno e um elemento circundante em que o primeiro elemento interno é um elemento alongado na direção axial e compreendido de material termicamente altamente condutivo, plástico ou metal, sendo a condutividade térmica de preferência superior a $5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ e mais preferivelmente superior a $100 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Em outra modalidade, pelo menos um elemento circundante é compreendido de um material de condutividade térmica baixa (por exemplo, condutividade térmica inferior a aproximadamente $5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) e é substancialmente interposto entre o elemento interno e o objeto sendo monitorado.

Um exemplo de tal modalidade pode ser construído ao, por exemplo, utilizar um prego de 5,08 cm, ou objeto alongado similarmente moldado que possua extremidades opostas, uma extremidade adaptada para inserção no item.

5 Neste exemplo, uma segunda extremidade é achatada ou redonda, porém mais normalmente podendo de ser de qualquer formato. Uma cobertura de material circundante é preparada através da modelagem de polietileno para, por exemplo, uma espessura de 1 mm, junto de um corpo alongado de ~ 3,81 cm

10 do dispositivo. Neste exemplo, uma cobertura de polietileno é disposta ao longo do corpo alongado do dispositivo, estendendo-se da extremidade adaptada para inserção até a extremidade oposta e sobre as bordas de segunda extremidade achatada. Em seguida, um material termocrômico de ~0,2 mm

15 de espessura é aplicado à segunda extremidade, achatada do dispositivo para formar um elemento indicador. Como observado acima, o material termocrômico pode opcionalmente ser recoberto com ~1 mm de plástico claro (opaco ou transparente). O dispositivo resultante possui um caminho

20 de condutividade que vai da extremidade adaptada para inserção até a extremidade oposta que compreende o material termocrômico. Quando o dispositivo é inserido em um objeto a ser aquecido, o elemento indicador termocrômico está substancialmente em comunicação térmica direta com o

25 interior do item a ser aquecido e é substancialmente isolado do ambiente circundante.

Para alimentos, a primeira faixa de temperaturas de interesse será entre aproximadamente 40°C e aproximadamente 90°C, mais especificamente entre aproximadamente 40°C e

30 70°C. Será observado que outras faixas de temperatura são

contempladas para utilização do dispositivo em outras aplicações que não a preparação de alimentos.

Ao projetar o dispositivo indicador térmico, é desejável, em uma modalidade, que a condutividade térmica seja maior do que o produto de $L \cdot 0,5$ em que L é o comprimento do dispositivo medido em centímetros (cm). A extremidade do dispositivo sobre a qual o elemento indicador termocrômico é propiciado, em uma modalidade, é em formato circular ou de anel. A relação entre a área do elemento alongado e a extremidade sobre a qual o elemento indicador termocrômico está disposto pode ser variada através da alteração de comprimento e largura do elemento alongado e o diâmetro da extremidade do dispositivo ou do elemento termocrômico, ou ambos. Em uma modalidade, a extremidade em formato de anel possui um diâmetro não maior do que aproximadamente duas vezes o elemento alongado. Diversas configurações são ilustradas na Fig. 3. Uma modalidade preferida é onde a área da extremidade em formato de anel é aproximadamente igual à área do elemento alongado, fornecendo uma razão de elemento alongado/extremidade de aproximadamente 0,5. O dispositivo que possui uma área do elemento em formato de anel que é consideravelmente maior do que a área do elemento alongado, como mostrado no dispositivo com uma razão de aproximadamente 0,25, é menos preferido uma vez que a condutividade térmica entre os dois elementos pode ser prejudicada.

Embora diversos aspectos exemplificativos e modalidades tenha sido discutidos acima, aqueles versados na técnica reconhecerão certas modificações, permutações,

adições e sub-combinações dos mesmos. É, por conseguinte, pretendido que as reivindicações em anexo que se seguem e reivindicações após as mesmas introduzidas sejam interpretadas para incluir todas as modificações, 5 permutações, adições e sub-combinações como estando dentro do seu verdadeiro conceito inventivo e âmbito.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo para detectar a temperatura interna de um objeto caracterizado pelo fato de compreender:

um elemento alongado que possui uma primeira
5 extremidade e uma segunda extremidade oposta;

um material termocrômico situado na primeira extremidade;

em que a segunda extremidade está adaptada para inserção em um objeto e o elemento alongado é adaptado para
10 transferência térmica de modo que o material termocrômico responda a uma temperatura detectada pela segunda extremidade quando inserida dentro do objeto.

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do elemento alongado ser
15 compreendido de um material que possui uma condutividade térmica de pelo menos 0,25 W/(m·K).

3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do elemento alongado ser pelo menos parcialmente coberto com uma cobertura polimérica.

20 4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do elemento alongado ser um elemento alongado polimérico.

5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato do elemento alongado compreender
25 ainda um preenchedor termicamente-condutivo.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato do elemento alongado compreender ainda uma partícula inorgânica que possui uma razão de aspecto superior a aproximadamente 5.

30 7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato do referido objeto ser um item alimentício.

8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato do referido item alimentício ser um
5 peru.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato do referido elemento termocrômico responder a uma temperatura entre aproximadamente 40°C e aproximadamente 90°C.

10 10. Dispositivo para detectar a temperatura interna de um item alimentício caracterizado pelo fato de compreender:

um elemento alongado que possui uma primeira extremidade e uma segunda extremidade oposta;

15 um material termocrômico situado na primeira extremidade;

em que a segunda extremidade está adaptada para inserção no item alimentício e o elemento alongado é adaptado para transferência térmica de modo que o material
20 termocrômico responda a uma temperatura interna do item alimentício detectada pela segunda extremidade quando inserida dentro do item alimentício.

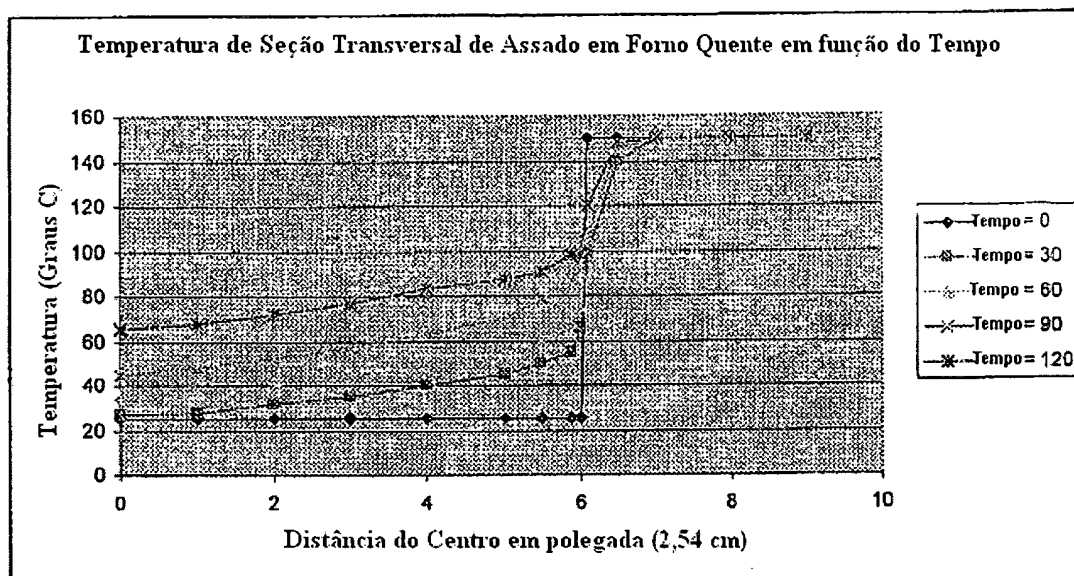
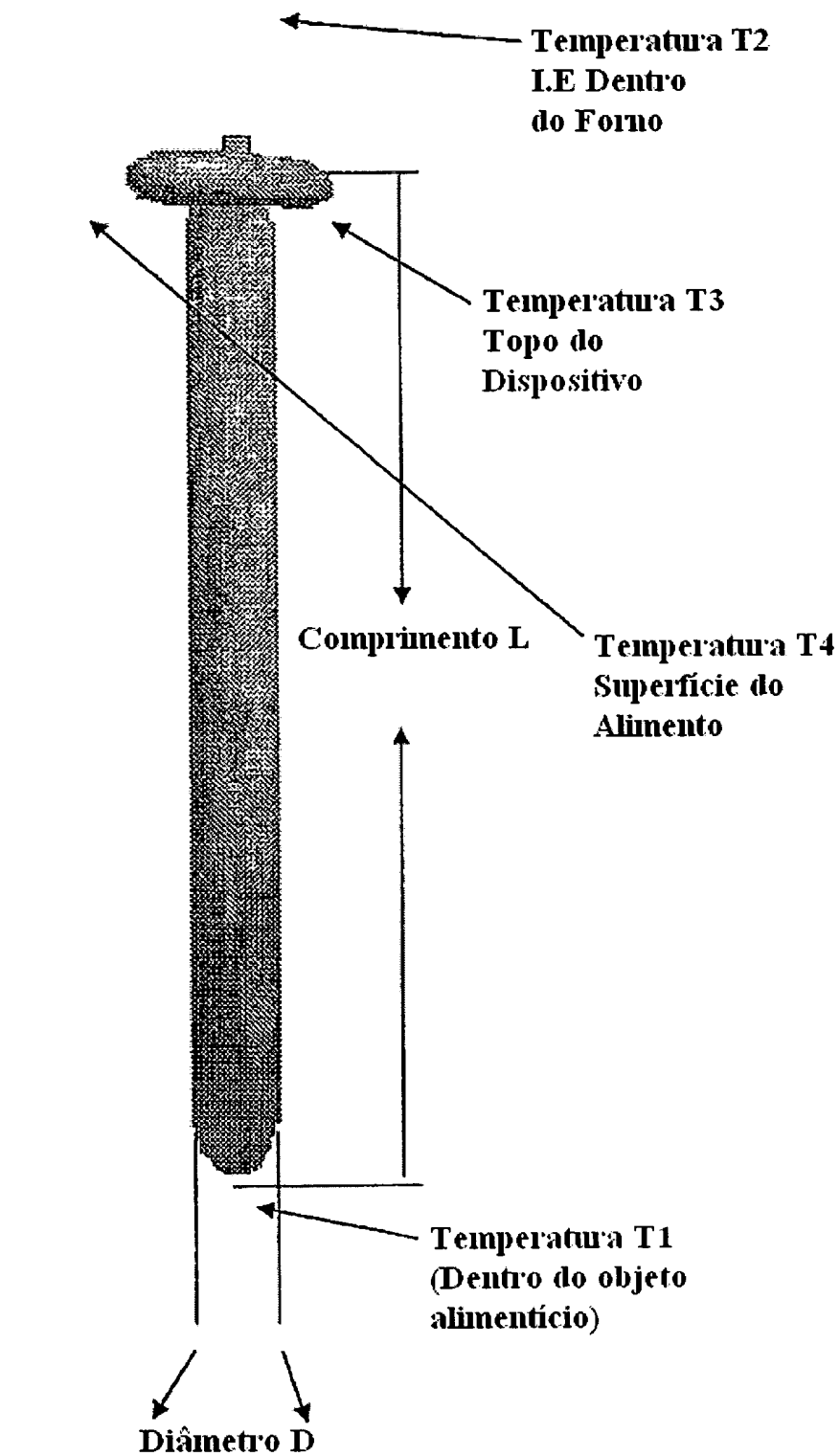


Fig. 1



Condutividade Térmica do Dispositivo = TC_d

Condutividade Térmica do Alimento = TC_f

Fig. 2

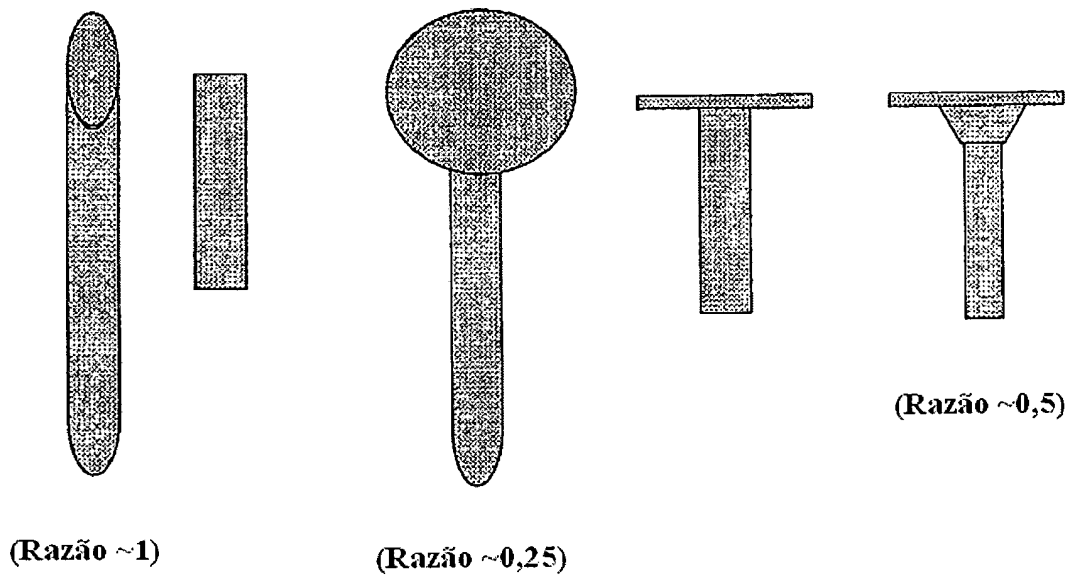


Fig. 3

DISPOSITIVO PARA DETECTAR A TEMPERATURA INTERNA DE UM
OBJETO E DE UM ITEM ALIMENTÍCIO

É descrito um dispositivo termicamente sensível que possui um elemento indicador termocrômico. O dispositivo é
5 preparado a partir de um material termicamente condutivo e possui em uma extremidade um elemento indicador que é formado a partir de material termocrômico.