



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

(11) PI 0805215-8 B1

(22) Data do Depósito: 27/11/2008

(45) Data de Concessão: 15/08/2017



(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR AUTOMATICAMENTE O NÍVEL DE UMIDADE DENTRO DE UMA CAVIDADE DE UM FORNO DE ASSAR E FORNO DE ASSAR

(51) Int.Cl.: A21B 3/04; A21B 1/40

(30) Prioridade Unionista: 28/11/2007 EP 07 121780.6

(73) Titular(es): WHIRLPOOL CORPORATION

(72) Inventor(es): PAOLO CROSTA; TAMARA DISTASO

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"MÉTODO PARA CONTROLAR AUTOMATICAMENTE O NÍVEL DE UMIDADE DENTRO DE UMA CAVIDADE DE UM FORNO DE ASSAR E FORNO DE ASSAR".

[001] A presente invenção refere-se a um método para controlar o nível de umidade dentro de uma cavidade de um forno de assar provido por um gerador de vapor.

[002] Tipicamente um forno de assar doméstico compreende elementos de aquecimento elétricos os quais são controlados utilizando um sensor de temperatura dentro da cavidade, o dito sensor fechando o loop sobre uma temperatura de cavidade desejada e gerando através de uma unidade de controle, a atuação apropriada do elemento de aquecimento para manter a temperatura ajustada desejada.

[003] Em um modo similar, o gerador de vapor poderia ser incluído no mesmo loop já que este contribui como um elemento de aquecimento adicional, para controlar a temperatura da cavidade. Como a temperatura de vapor na pressão atmosférica é de aproximadamente 100°C, este modo de controlar o gerador de vapor é válido quando a temperatura da cavidade está abaixo de 100°C (vapor puro). Quando trabalhando com vapor superaquecido (com a temperatura da cavidade acima de 100°C), o modo de controlar o gerador de vapor é o controle de umidade da cavidade. Em outras palavras, tipicamente, o gerador de vapor deveria ser atuado de modo a prover a quantidade certa de vapor dentro da cavidade e manter o nível de umidade desejado dentro da própria cavidade. O nível de umidade certo dentro da cavidade é tipicamente dependente da categoria de alimento que está sendo assado. Outros parâmetros que tipicamente conduzem o nível de umidade a ser mantido dentro da cavidade são também: receitas, quantidade / massa de alimento, tipos de alimentos, resultado final do cozimento, etc.

[004] O controle do nível de umidade dentro da cavidade de forno requer geralmente que o vapor seja gerado e controlado em períodos determinados durante o processo de cozimento (e está descrito por exemplo pelas Patentes US-A-20060289438, US-A-20060251785 e US-A-20060251784).

[005] O controle do nível de umidade certo dentro da cavidade do forno poderia ser conseguido pela utilização de um sensor de umidade localizado dentro da cavidade ou em contato com o ar da cavidade através de algum tubo ou chaminé. Utilizando este tipo de sensor é possível fechar o loop ao redor do nível de umidade atuando o gerador de vapor de acordo com a saída da unidade de controle. Deste modo, poderia ser possível prover o nível de umidade certo dentro da cavidade. Uma vez que o controle de umidade está no lugar, é ainda necessário estabelecer o nível de umidade certo, categoria de alimento por categoria de alimento ou alimento por alimento, considerando também o peso de alimento e o desempenho de cozimento desejado (nível de tostamento, suculência, etc.). Alguns ciclos de cozimento automáticos, tais como aqueles descritos pelos pedidos de patente acima descritos, poderiam ajudar neste segundo aspecto do quadro geral. É claro, o usuário profissional poderia estabelecer manualmente o nível de umidade certo dentro da cavidade, modificando o ponto de ajuste de umidade que o controle eletrônico poderia prover através de uma interface do usuário.

[006] O nível de umidade dentro da cavidade pode ser controlado também em um modo mais simples: o gerador de vapor é atuado em um sistema de controle de loop aberto com um diferente ciclo ativo dependendo da umidade desejada. Este princípio está baseado no fato de que o nível de umidade dentro da cavidade de forno é uma soma algébrica do vapor injetado pelo gerador de vapor e o vapor aspirado ou perdido pela chaminé de forno ou outras aberturas de cavidade.

Este segundo método é claramente mais simples do que o primeiro apresentado e claramente também mais econômico, mais robusto e mais fácil de ser implementado. A desvantagem deste método é a precisão que pode ser alcançada: de fato, este segundo método é afetado pela imprecisão de todo o controle de loop aberto.

[007] Mais ainda, um dos ruídos mais importantes que perturbam o algoritmo de loop aberto é a variação do valor de tensão aplicado ao gerador de vapor. Alguns documentos já descreveram métodos para resolver este problema adicional, como o Documento WO-A-9953252, e as Patentes US-A-5990460 e US-A-7081601. Estes documentos de patente descrevem a importância do conhecimento do valor da tensão quando um algoritmo de loop aberto é utilizado em um processo de cozimento, aplicando uma correção do ciclo ativo dos elementos de aquecimento para compensar o efeito de variação de tensão sobre a potência fornecida.

[008] Na utilização da segunda metodologia acima (sistema de controle de loop aberto) para controlar o nível de umidade, existe ainda a necessidade de aperfeiçoar o desempenho de modo a atingir desempenhos de controles similares a um sistema de controle de loop fechado, mas sem a complexidade / custo para instalar um sensor de umidade dentro de uma cavidade de forno.

[009] Um objetivo da presente invenção é prover um método que não apresente os problemas acima e que possa ser facilmente utilizado em fornos domésticos com um gerador de vapor sem um aumento significativo no custo total do equipamento.

[0010] Tal objetivo é conseguido de acordo com um método como especificado nas reivindicações anexas. De acordo com a presente invenção o nível de umidade dentro da cavidade de forno pode ser automaticamente controlado pelo forno de acordo com o tipo de alimento, as propriedades do alimento e as preferências de cozimento selecio-

nadas pelo usuário. Mais ainda, a presente invenção provê um método de acordo com o qual o ajuste complicado do nível de umidade dentro da cavidade, uma operação que requer um conhecimento específico para obter resultados satisfatórios, é inteiramente delegada ao equipamento.

[0011] Outra característica do método de acordo com a invenção é que o algoritmo do sistema de controle permite ao mesmo tempo uma compensação do efeito de variação de tensão, e um método para o controle de umidade automático. A medição do valor de tensão (ou a potência como posteriormente melhor especificado) é apenas uma das informações requeridas do algoritmo para estimar e controlar o nível de umidade.

[0012] Os fatores de perturbação principais que contribuem para a imprecisão da metodologia de loop aberto são a variação da taxa de geração de vapor e a variação do vapor extraído da cavidade.

[0013] A taxa de geração de vapor (uma vez que a água atingiu a temperatura de ebulição) está estritamente ligada à potência do elemento de aquecimento dentro da caldeira (ou gerador de vapor) pelo calor latente de evaporação específico (k):

$$\text{VAPOR (g /s)} = k * \text{Potência (W)} * \alpha$$

[0014] onde a constante α representa a eficiência do gerador de vapor, que poderia ser obtida de dados experimentais.

[0015] Da equação 1, fica claro que a variação de potência é responsável pela taxa de geração de vapor. Novamente, a potência gerada por um elemento de aquecimento depende do valor da resistência e do valor de tensão aplicada, de acordo com a lei de Ohm bem conhecida.

[0016] A medição da potência consumida pelo elemento de aquecimento de vaporizador fornece a possibilidade de conhecer exatamente, através da equação acima, a taxa do vapor gerado, indepen-

dentemente da flutuação de tensão e das tolerâncias do próprio elemento de aquecimento.

[0017] A eficiência α do gerador de vapor depende do isolamento térmico do próprio vaporizador, mas esta também depende da deposição de calcário que tipicamente afeta o elemento de aquecimento imerso em água. A presença de um sensor de temperatura dentro da caldeira (ou gerador de vapor), localizado muito próximo do elemento de aquecimento com a sua parte sensível, poderia ajudar a avaliar a presença e a quantidade de incrustação dentro da caldeira. De fato, a deposição de incrustação será tanto sobre o elemento de aquecimento quanto sobre o sensor criando uma camada isolante que poderia ser medida com um incremento de temperatura lido pelo próprio sensor de temperatura. Correlacionando este incremento de temperatura com a deposição de incrustação e a eficiência α da própria caldeira, será possível gerar uma lei experimental que ligue a temperatura lida pelo sensor com a própria eficiência α .

[0018] Conhecendo exatamente a taxa de geração de vapor, de modo a aperfeiçoar adicionalmente a precisão do método de controle, é necessário conhecer a eficiência do sistema de extrator de gás da cavidade de forno. Tipicamente, a extração de vapor da cavidade é executada por meio de uma chaminé que conecta a própria cavidade com o ambiente externo. A extração da chaminé pode ser acionada por diferença de pressão natural entre a cavidade e o ambiente externo mas, mais freqüentemente, a extração é acionada por um venturi ou diretamente por um ventilador que aspira o ar da cavidade para o exterior.

[0019] Isto significa que a eficiência do sistema de extração depende da velocidade de rotação do ventilador acima mencionado, ou depende da velocidade do ar no sistema de venturi.

[0020] Pela aplicação da equação de Bernoulli, a pressão delta

criada pelo venturi é proporcional ao quadrado da velocidade de fluido:

$$\Delta P \cong v_{\text{fluido}}^2$$

[0021] Para a maioria das aplicações de forno, a velocidade de rotação do motor de ventilador depende do valor de tensão de suprimento com alguma lei. É possível descrever a relação entre o valor de tensão e a velocidade do ar de ventilador com uma equação linear como:

$$v_{\text{fluido}} = \alpha + \beta \times \text{Tensão}$$

[0022] Em síntese, a equação que poderia ser utilizada para avaliar o nível de umidade dentro da cavidade (no estado estável, isto é após preencher a cavidade com vapor e ter alcançado o estado de equilíbrio) é:

$$[0023] \quad \text{Nível de Umidade} = (k_1 \times \text{Potência}) - (k_3 + k_4 \times \text{Tensão}^2)$$

[0024] onde k_1 , k_3 e k_4 são valores constantes adequados que poderiam ser experimentalmente obtidos (por um processo de identificação).

[0025] Uma vez que o método para controlar a umidade dentro da cavidade está no lugar, poderia existir a necessidade de gerar o ponto de ajuste certo para o nível de umidade de acordo com o tipo de alimento, o peso de alimento, e os resultados de desempenho. Especificamente, é ainda possível aplicar a metodologia descrita no Pedido de Patente Italiana MI2004A000601 relativo à possibilidade de estimar o peso de alimento de uma análise de energia. Tendo estimado o peso de alimento e conhecendo a categoria de alimento da interface do usuário, é possível ligar o nível de umidade ótimo dentro da cavidade ao próprio peso. Por exemplo, algumas categorias de produtos como a carne conseguem os melhores desempenhos de cozimento se o tempo de injeção de vapor for proporcional ao peso de alimento.

[0026] Outra oportunidade que pode gerar benefícios ao desempenho de cozimento é ligar o nível de umidade dentro da cavidade

com o tempo de cozimento total ajustado pelo usuário, sabendo também a categoria de alimento.

[0027] Finalmente, o perfil de umidade durante o processo de cozimento pode estar ligado ao desempenho de cozimento desejado (por exemplo suculência ou tostamento) ajustado pelo usuário, conhecendo a categoria de alimento.

[0028] Em outras palavras, a combinação de temperatura de cozimento e de injeção de vapor (tempo, taxa, e controle de umidade) é capaz de garantir, para o mesmo grau de cozimento (nível de preparação), diferentes resultados em termos de tempo de tostamento / cozimento. Isto significa que pelo controle dos algoritmos de cozimento é possível fornecer ao consumidor o controle total do resultado de cozimento final, fornecendo ao usuário uma faixa mais ampla de possibilidades.

[0029] Os seguintes exemplos esclarecerão a vantagem acima, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

- figura 1 é um par de diagramas que mostram a temperatura de forno e o nível de umidade versus o tempo de um primeiro processo de cozimento de carne de acordo com a invenção;

- figura 2 é uma foto que mostra a carne após o processo de cozimento da figura 1;

- figura 3 é um par de diagramas similares à figura 1 e relativos a um segundo processo de cozimento, no qual o perfil de umidade é diferente; e

- figura 4 é uma foto que mostra a carne após o processo de cozimento da figura 3.

[0030] Com referência aos desenhos, um pedaço de carne (lagarto redondo bovino) de 1 kg (2,3 lb) foi assado dentro de um protótipo de forno com base em um modelo de faixa assistido por vapor de duplo combustível KitchenAid modelo KDRP707RSS provido com um siste-

ma de controle de acordo com a invenção.

[0031] Em ambos os exemplos acima, a temperatura de cozimento final era de 163°C (325°F) com função de pastelaria. No primeiro exemplo (figuras 1-2), um ajuste de um grau de tostamento de "4" foi traduzido pelo algoritmo de cozimento em uma potência (isto é, tensão) predeterminada para o gerador de vapor de modo a prover um perfil de umidade predeterminado dentro da cavidade (no exemplo específico, uma unidade específica de 0,2). Como uma consequência, a taxa de cozimento foi automaticamente ajustada pelo controle em 48 min/kg (22 min/lb). Na figura 1 fica claro que a uma potência predeterminada fornecida para o gerador de vapor, existe um perfil de umidade correspondente.

[0032] O termo acima "grau de tostamento" significa uma pontuação empírica de 1 a 5 que corresponde às seguintes situações:

Pontuação de tostamento	Aparência
1	Não tostado
2	Ligeiramente tostado
3	Tostado, mas menos de 50% ressequido
4	50%-89% ressequido / tostado escuro
5	90%-100% ressequido / tostado escuro

[0033] O termo "umidade específica" significa a razão entre a massa de vapor e a massa total de vapor e ar seco:

$$Umidade\ específica = \frac{m_v}{m_v + m_a}$$

[0034] No exemplo da figura 3, um grau de tostamento de "2" foi selecionado. A unidade de controle traduziu esta entrada por meio do algoritmo em uma potência (tensão) predeterminada no gerador de vapor de modo a prover um perfil de umidade predeterminado dentro da cavidade. Como uma consequência, a taxa de cozimento foi automaticamente ajustada pelo controle para 66 min/kg (30 min/lb).

[0035] Em ambos os exemplos, a carne foi assada até que a temperatura de núcleo atingiu 54°C (130°F). De uma comparação das figuras 2 e 4 fica claro como um controle preciso e não dispendioso no nível de umidade permitiu um resultado de cozimento diferente com base na função de cozimento escolhida pelo usuário.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar automaticamente o nível de umidade dentro de uma cavidade de um forno de assar provido com um gerador de vapor, a potência fornecida para o gerador de vapor sendo controlada de modo a manter o nível de umidade em um valor predeterminado através da medição de um valor de tensão, permitindo ao mesmo tempo uma compensação da variação de tensão, o vapor presente na cavidade do forno trabalhando a uma temperatura acima de 100°C, no qual a cavidade é fornecida com um ventilador para a extração do ar caracterizado pelo fato de que a taxa de fluxo de ar extraído da cavidade do forno também é monitorada, em que o nível de umidade é controlado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Nível de Umidade} = (k_1 \times \text{Potência}) - (k_3 + k_4 \times \text{Tensão}^2)$$

onde "Potência" é a potência controlada fornecida para o gerador de vapor, "Tensão" é a tensão da corrente fornecida para o motor de ventilador, e k_1 , k_3 e k_4 são valores experimentais.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o valor da potência fornecida para o gerador está ligado a uma escolha feita pelo usuário entre uma pluralidade de valores predeterminados que correspondem a diferentes valores de pelo menos um parâmetro de cozimento.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o parâmetro de cozimento é selecionado no grupo que consiste em tipo de alimento, peso de alimento, desempenhos de cozimento, tempo de cozimento ou suas combinações.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a potência consumida pelo gerador de vapor é obtida da lei de Ohm e pela medição da tensão ou da corrente absorvida por um elemento de aquecimento do gerador de vapor e conhecendo o valor da resistência do elemento de aquecimento.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a eficiência do gerador de vapor é avaliada por meio de um sensor de temperatura dentro do gerador de vapor, tal temperatura sendo afetada por deposição de incrustação e medindo a flutuação de temperatura devido à camada isolante criada pela incrustação, o dito valor de eficiência sendo utilizado para avaliar a taxa de vapor gerado pelo gerador de vapor.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o perfil de umidade dentro da cavidade é automaticamente estabelecido pelo controle de forno de acordo com a categoria de alimento selecionada pelo usuário, ou de acordo com o peso do alimento estimado pelo forno ou inserido pelo usuário, ou de acordo com as preferências de cozimento (nível de tostamento, suculência, etc.) selecionadas pelo usuário.

7. Forno de assar caracterizado pelo fato de que está adaptado para executar um método como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes.

1/2

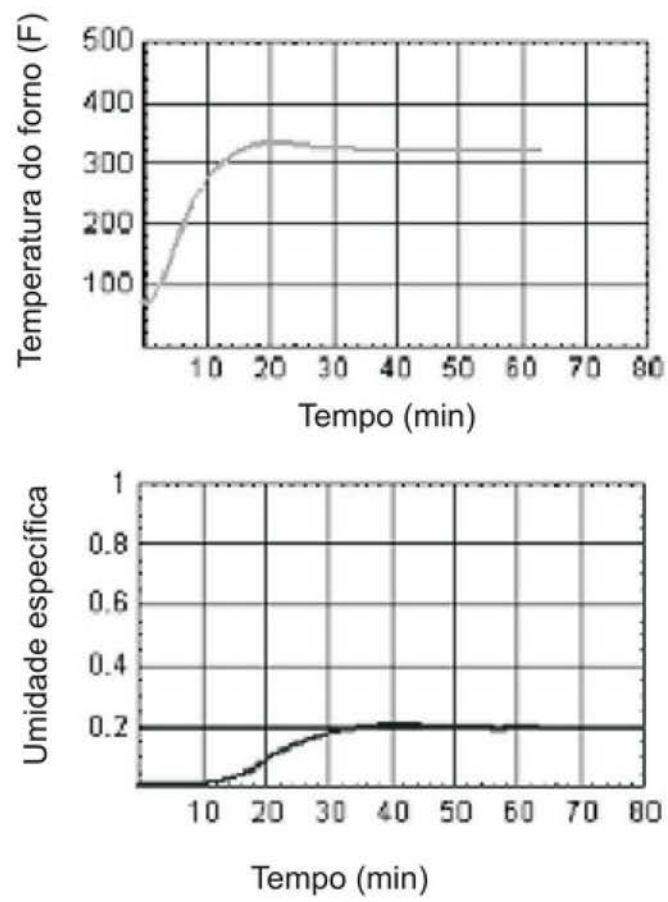


FIG. 1

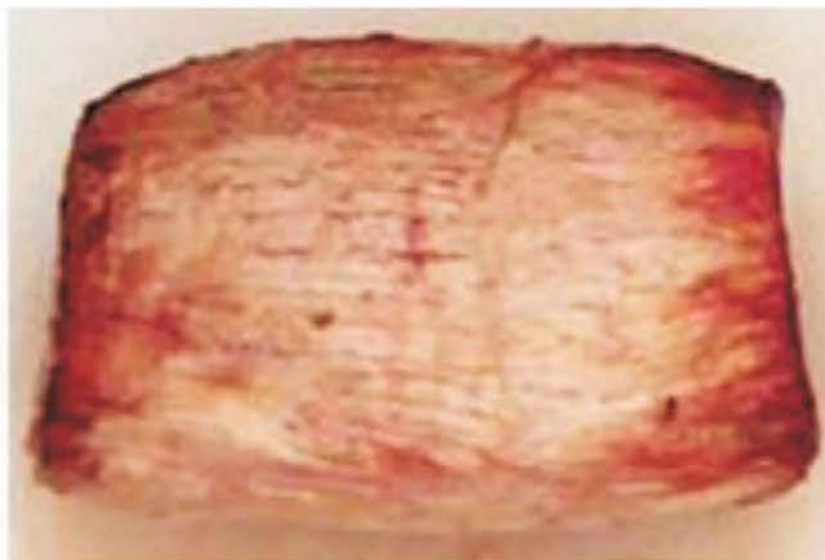


FIG. 2

2/2

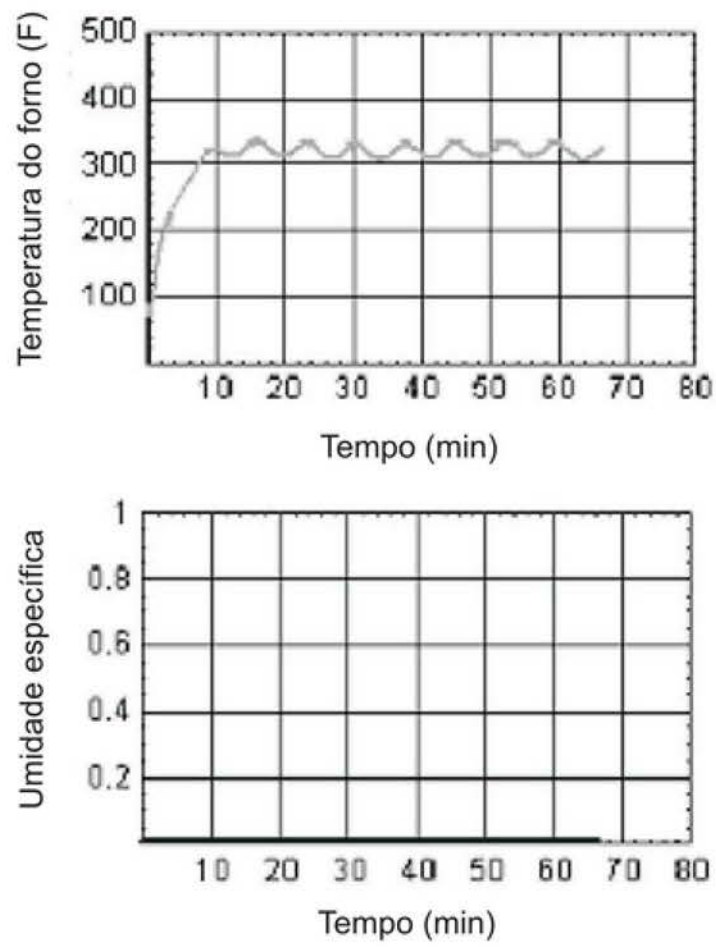


FIG. 3

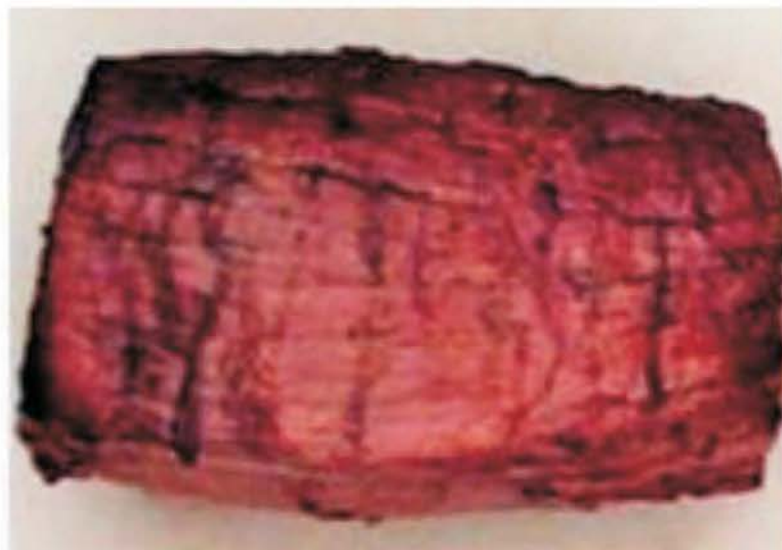


FIG. 4