

ISSN 2358-9132

Novembro, 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária

Anais do SIAGRO

Ciência, Inovação e Mercado 2014

18 a 20 de Novembro de 2014

Editores:
Carlos Manoel Pedro Vaz
Débora Marcondes Bastos Pereira Milori
Silvio Crestana

São Carlos, SP
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 2107 2902
www.embrapa.br/instrumentacao

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: João de Mendonça Naime
Secretária Executiva: Valéria de Fátima Cardoso
Membros:
Valéria de Fátima Cardoso
Cinthia Cabral da Costa
Elaine Cristina Paris
Maria Alice Martins
Cristiane Sanchez Farinas
Membro Suplente: Paulo Renato Orlandi Lasso

Revisor editorial: Valéria de Fátima Cardoso
Capa: Amanda Rosasco Mazzini
Fotos Capa: Luiza Helena de Miranda Stalder
Editoração eletrônica: Diagrama Editorial

1ª edição

1ª impressão (2014): tiragem 300

As opiniões e normalização emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação**

S612 Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária. Anais do SIAGRO: ciência, inovação e mercado 2014. / Carlos Manoel Pedro Vaz, Débora Marcondes Bastos Pereira Milori, Silvio Crestana, editores. – São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2014.

Irregular

ISSN 2358-9132

1. Instrumentação agropecuária. 2. Automação de processos agrícolas. 3. Agricultura de precisão. 4. Sensores. 5. Equipamentos agrícolas. 6. Monitoramento. 7. Nanotecnologia. 8. Modelagem. 9. Métodos avançados. 10. Inovação. 11. Tecnologias convergentes. I. Vaz, C. M. P. II. Milori, D. M. B. P. III. Crestana, S.

CDD 21 ED 681.763

© Embrapa 2014



SISTEMA PARA DETERMINAÇÃO DA REGIÃO CRÍTICA DE AQUECIMENTO NO PROCESSAMENTO TÉRMICO DE GRÃOS

J.M. Hashimoto¹, C.A. Trajano²

(1) Embrapa Meio-Norte, Avenida Duque de Caxias, 5650, 64006-220, Teresina, PI,
jorge.hashimoto@embrapa.br

(2) Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Avenida Albert Einstein, 500, 13083-852, Campinas, SP,
cesarantonio@gmail.com

Resumo: Os protocolos do *Institute for Thermal Processing Specialists* (IFTPS) preconizam que o monitoramento de um processamento térmico devem receber um tratamento igual ou superior ao processo programado, e que o monitoramento seja realizado na região de aquecimento mais lento do equipamento de processamento e também na posição de aquecimento mais lento no interior da embalagem. Para grãos vegetais (feijão, arroz, ervilha, soja, lentilha, etc.), que apresentam uma cinética de aumento de volume, concomitante à hidratação e ao aquecimento, a região crítica no interior da embalagem deve ser determinada. Sensores de temperatura foram fixados no eixo axial de embalagens cilíndricas de alumínio ($\approx 65,0$ mm x 183,2 mm de altura) e de folha de flandres ($\approx 83,3$ mm x 189,0 mm de altura) nas alturas de 1/4, 1/3, 1/2, 3/4 e 2/3 a partir do fundo da embalagem. Utilizando grãos de arroz como material teste na proporção de 1:2 (arroz:água), sendo 136 e 266 gramas de arroz nas embalagens de alumínio e folha de flandres, respectivamente. O tempo mínimo para o cozimento do arroz foi de 20 minutos e nesse período, a região crítica de aquecimento foi a 1/4 da altura a partir do fundo para os dois tamanhos de embalagens e em quatro repetições.

Palavras-chave: conservas, segurança alimentar, *Clostridium botulinum*, esterilização, penetração de calor.

SYSTEM FOR DETERMINING THE CRITICAL REGION OF HEATING THERMAL IN THE PROCESSING OF GRAIN

Abstract: The protocols of the *Institute for Thermal Processing Specialists* (IFTPS) recommend that the thermal monitoring of thermal processing should receive a heat treatment at or above the programmed process, and that monitoring is carried out in the region of slower warming of processing equipment, and the slower heating position inside the package. For vegetables grains to (beans, rice, peas, soybeans, lentils, etc.), which have a kinetic of swelling, the concomitant hydration and heating, the critical region inside the package must be determined. Temperature sensors were attached to the axial axis of cylindrical aluminum containers (65.0 mm $\times$ 183.2 mm height) and tinplate (83.3 mm $\times$ 189.0 mm height) at heights of 1/4, 1/3, 1/2, 3/4, and 2/3 from the bottom of the package. Using rice grains as test material in the ratio 1:2 (rice:water), and 136 and 266 grams rice in containers of tinplate and aluminum, respectively. The minimum time for cooking rice was 20 minutes and in that period, the critical heating region was the fourth of the height from the bottom to the two pack sizes and four replications.

Keywords: canned foods, food safety, *Clostridium botulinum*, sterilization, heat penetration.

1. Introdução

O processamento térmico de grãos vegetais para obtenção de conserva de baixa acidez em embalagem hermética deve seguir os protocolos preconizados pelo *Institute For Thermal Processing Specialists* (IFTPS, 2014), atender as regulamentações do Food Safety and Inspection Service e supervisionado por pessoas habilitadas em tecnologia de conservas (CANNED FOODS, 2007), desta forma assegurando o cumprimento do processo térmico programado específico para cada tipo de produto, bem como a organização e arquivamento dos registros do processamento térmico. O cumprimento dessas exigências é de suma importância para evitar problemas de intoxicações botulínicas provocado pela bactéria patogênica anaeróbica mesófila termorresistente *Clostridium botulinum* (os esporos apresentam $D_{121,1^{\circ}\text{C}} = 0,21$ minutos e $z = 10^{\circ}\text{C}$). O processo térmico programado deverá assegurar no mínimo 12 reduções decimais se considerar este patógeno como alvo. Outro micro-organismo de características fisiológicas semelhantes (anaeróbico mesófilo termorresistente) é o *Clostridium sporogenes* PA3679 (os esporos apresentam $D_{121,1^{\circ}\text{C}} = 0,8$ minutos e $z = 10^{\circ}\text{C}$) que também causa a deterioração do alimento em embalagem hermética, cujo processo térmico deve assegurar no mínimo 5 reduções decimais se este for considerado o micro-organismo alvo (STUMBO, 1973). Importante salientar que o prolongamento do tempo de processamento térmico, para alimentos sensíveis, como os grãos vegetais, pode levar à perda de qualidade, como mudanças na coloração,

sabor, textura e degradação de nutrientes (NORBACK, 1980). Devido a esta restrição no tempo de processamento, visando garantir a segurança à saúde e qualidade do alimento processado, e atendendo recomendações do IFTPS, torna-se fundamental determinar minuciosamente a região de aquecimento mais lento no equipamento de processamento e no interior da embalagem hermética para monitoramento.

A região de aquecimento mais lento no vaso do equipamento irá variar de acordo com a configuração do sistema de aquecimento [dimensões e formato da câmara de aquecimento e pressão, tipo de meio de aquecimento (vapor, imersão em água, circulação forçada de ar + vapor, spray de água, cascata de água, etc.), configuração do distribuidor do meio de aquecimento, sistema de circulação ou agitação, etc.], e o procedimento para identificar a região de aquecimento mais lento no equipamento é por meio de estudos de distribuição de calor (IFTPS, 2014).

Em processos térmicos cujo sistema não proporciona movimentação intencional do conteúdo interno da embalagem (autoclaves estáticas), utilizada pela maioria das indústrias processadoras de alimentos, a identificação da posição de aquecimento mais lento na embalagem é de fundamental importância, visto que o monitoramento térmico de um processo programado deverá ser realizado na região de aquecimento mais lento do equipamento de processo térmico, e o sensor de temperatura deverá estar localizado na posição de aquecimento mais lento do interior da embalagem, assegurando desta forma, duplicidade de local menos favorecido para monitoramento térmico do produto, garantindo que todas as embalagens receberão o tratamento térmico programado.

Tendo em vista, a introdução de embalagens com maior relação altura:área da base, ou seja, embalagens mais altas e maiores, e a concomitante cinética de hidratação, aumento de volume e aquecimento dos grãos, foi realizado este estudo para identificar a posição de aquecimento mais lento em dois tamanhos de embalagens metálicas cilíndricas, utilizando grãos de arroz.

2. Materiais e Métodos

Foram utilizados grãos de arroz (*Oriza sativa*) polido longo/fino Tipo 1 da marca Prato Fino, adquirida do comércio local. Foi utilizado um sistema de aquisição de dados E-Val Flex M16 Serial nº 14631 Ellab com entrada para 16 termopares do tipo T, 16 termopares tipo T de 7 m com sonda de aço inox de 1,2 mm de diâmetro x 72 mm de comprimento e respectivos adaptadores para acoplamento às embalagens metálicas (*packing gland*), e software E-Val Suite Pro 2.8.5.0v Ellab A/S Krondalvej 9, DK-2610 instalado em um microcomputador (Dell, Vostro 1520). Como embalagens foram utilizadas 2 latas cilíndricas de alumínio de 65,0 mm ϕ x 183,2 mm de altura (550 mL) e 2 latas cilíndricas de folha de flandres de 83,3 mm ϕ x 189,0 mm de altura (1000 mL). Em cada lata foram instalados 4 sensores a 1/4, 1/3, 1/2 e 3/4 da altura mensurado a partir da base da embalagem, todos localizados no eixo axial. Foram adicionados 136 e 266 gramas de grãos de arroz nas embalagens de alumínio e folha de flandres, respectivamente. Instantes antes da imersão das embalagens em água aquecida ($87 \pm 1^\circ\text{C}$) por resistência elétrica (8.000 W, 220 V) em tanque de inox (83 cm x 57,5 cm x 51 cm) contendo 196 L de água sendo agitada por uma hélice de 46 mm de ϕ [(3 lóbulos equidistantes e circular de 17,5 mm ϕ e inclinação de 30° , acoplada no eixo de um motor elétrico Fanen (90 W, 110 V) conectada no transformador Powerstat ajustado em 75 V], foi adicionado água a 25°C nas embalagens, na proporção de 1:2 (grãos de arroz: água m/m).

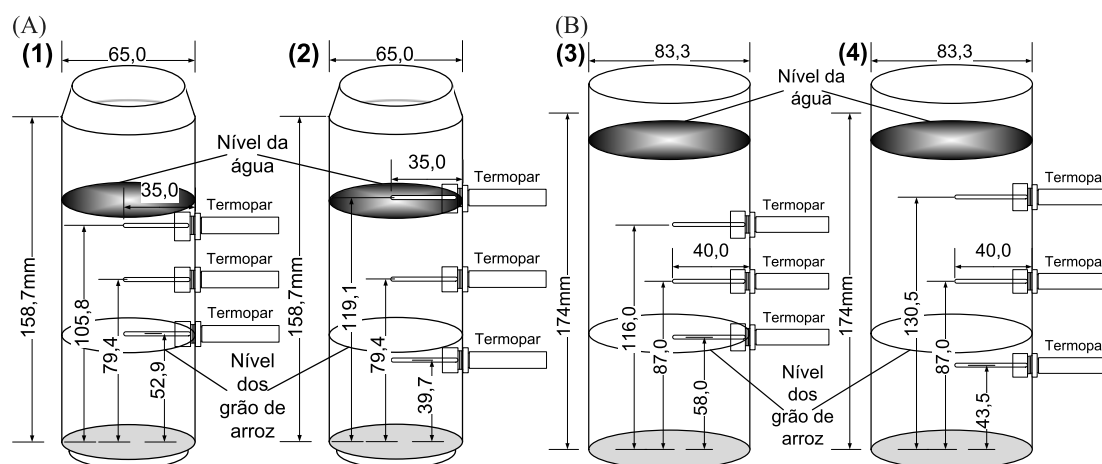


Figura 1(A): Embalagem de alumínio com sensores de temperatura (termopar tipo T) acoplados nas alturas 1/3; 1/2 e 2/3 a partir do fundo da embalagem (1) e com sensores nas alturas de 1/4; 1/2 e 3/4 (2); 1(B): Embalagem de folha de flandres com sensores de temperatura (termopar tipo T) acoplados nas alturas 1/3; 1/2 e 2/3 a partir do fundo da embalagem (3) e com sensores nas alturas de 1/4; 1/2 e 3/4 (4).

Observa-se um espaço livre intencional entre a superfície da água contida nas embalagens antes do aquecimento para permitir que os grãos após o cozimento ocupem esse espaço. Esse volume do espaço livre foi determinado através de testes preliminares. Para que todas as embalagens fossem imersas na água simultaneamente, um cesto metálico de tela de arame de 1 mm de ϕ (malha de 2 cm x 2 cm) foi utilizado, conforme ilustrado na Figura 2.

Verifica-se por vista superior que esse cesto é composto por 8 quadrantes, sendo 4 alternadamente ocupados pelas embalagens, visando minimizar o bloqueio da circulação de água quente.

As medidas de temperatura foram realizadas em quadruplicata, conforme Tabela 1, pois segundo Gomes (1973), é aconselhável realizar o monitoramento de cada tipo de embalagem em cada uma das posições do cesto de arame para verificar possíveis efeitos da posição no quadrante do cesto, como heterogeneidade da temperatura da água em diferentes posições do cesto e velocidade de fluxo da água aquecida na superfície externa da embalagem.

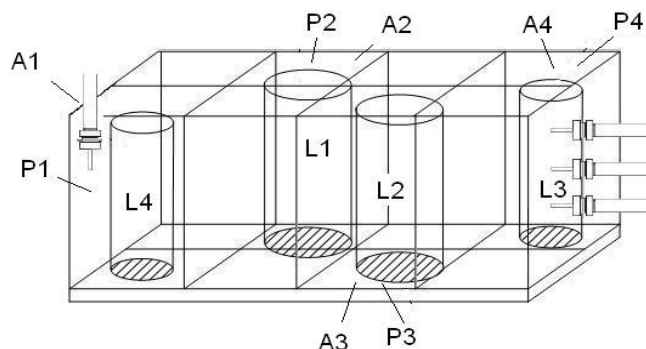


Figura 2. Cesto de arame contendo embalagens de alumínio (L3 e L4) e folha de flandres (L1 e L2), posicionados em quadrantes alternados (P1, P2, P3 e P4), e indicação da localização dos termopares que monitoraram a temperatura da água aquecida (A1, A2, A3 e A4).

Tabela 1. Delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados.

Posições no cesto de arame	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Posição 1 (P1)	L4	L3	L2	L1
Posição 2 (P2)	L1	L2	L4	L3
Posição 3 (P3)	L2	L1	L3	L4
Posição 4 (P4)	L3	L4	L1	L2

3. Resultados e Discussão

Em análise do produto nas condições de processo utilizado, foi constatado que em 20 minutos ocorre o cozimento dos grãos de arroz. Pela Tabela 2 e Figura 3, observa-se que a região de aquecimento mais lento no interior das embalagens no intervalo de tempo de 20 minutos foi a 1/4 da altura. Nesse período foi constatado um aumento do volume do grão de 5,71 vezes, as dimensões dos grãos passaram do diâmetro médio de $1,76 \pm 0,09$ mm e comprimento médio de $7,7 \pm 0,5$ mm para $3,1 \pm 0,4$ mm e $11,6 \pm 0,9$ mm, respectivamente.

Tabela 2. Temperaturas nas diferentes alturas no eixo axial em dois tamanhos de embalagens metálicas durante o processamento térmico de arroz à pressão atmosférica.

Altura do sensor no eixo axial da embalagem	Temperatura (°C) nas embalagens pequenas (65 mm $\varnothing$ x 183,2 mm)		Temperatura (°C) nas embalagens grandes (83,3 mm $\varnothing$ x 189 mm)	
	10 minutos	20 minutos	10 minutos	20 minutos
$\frac{3}{4}$	$82,51 \pm 1,62c$	$83,26 \pm 1,57c$	$84,30 \pm 1,04a$	$82,91 \pm 1,86a$
$\frac{2}{3}$	$84,97 \pm 1,11ab$	$84,24 \pm 0,98b$	$84,33 \pm 1,16a$	$83,69 \pm 1,25a$
$\frac{1}{2}$	$85,42 \pm 0,97a$	$85,38 \pm 1,00a$	$84,12 \pm 1,15a$	$83,97 \pm 1,30a$
$\frac{1}{3}$	$83,20 \pm 0,76bc$	$83,99 \pm 0,78b$	$76,32 \pm 3,77b$	$81,04 \pm 1,83ab$
$\frac{1}{4}$	$79,20 \pm 1,91d$	$82,42 \pm 1,04c$	$71,16 \pm 4,45b$	$78,63 \pm 1,48b$

Média de quatro repetições $\pm$ desvio padrão. Letras minúsculas iguais na mesma coluna, não apresentam diferenças estatisticamente significativa entre as médias ($p < 0,01$) pelo teste de teste de Tukey.

Grãos vegetais de outras espécies, provavelmente apresentarão comportamento distintos aos do apresentado pelo arroz, tendo em vista as características morfológicas, físicas, físico-químicas, química do material e outros fatores, como cultivares e tempo de armazenamento, sendo portanto necessários estudos específicos para cada espécie vegetal e cultivares. O tipo de equipamento utilizado no processamento também poderá influir na localização da região de aquecimento mais lento na embalagem.

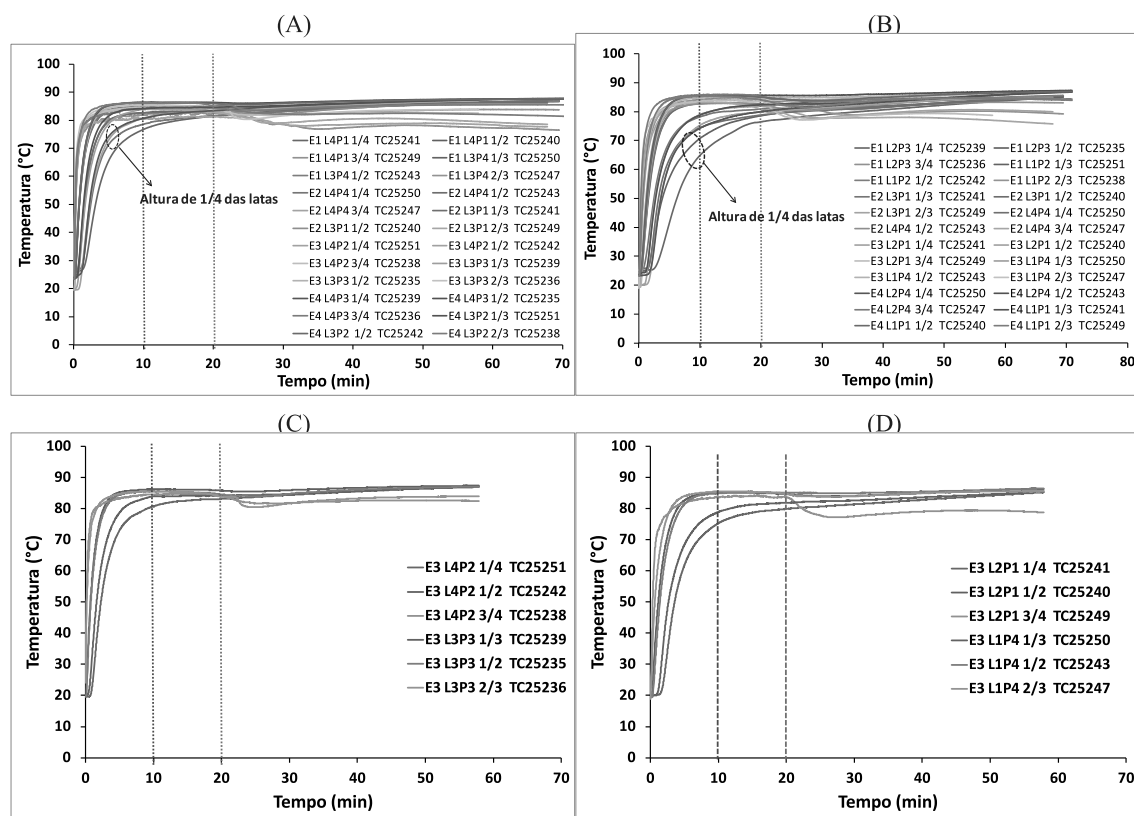


Figura 3. Histórico de temperatura referente das quatro repetições. (A) e (B) Em destaque as curvas de temperatura monitorada de menor valor das embalagens de folha de flandres. (C) Curvas de temperatura monitorada das embalagens de alumínio e (D) folha de flandres.

4. Conclusões

Para grãos de arroz polido Tipo 1 nas referidas embalagens utilizadas, a altura de 1/4 no interior da embalagem em intersecção com o eixo axial, foi considerada a região mais crítica para aquecimento, local onde deve ser realizado o monitoramento térmico.

Referências

- CANNED FOODS – Principles of Thermal Process Control Acidification and Container Closure Evaluation, 5^a Edition. New York, Washington, 2007.
- STUMBO, C.R. Thermobacteriology in Food Processing, 2nd Ed, Academic Press, New York, 1973.
- GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. Universidade de São Paulo. 5^a ed. Piracicaba 1973. p 106.
- NORBACK, J. P. Techniques for optimization of food processes. Food Technology 34(2):86-88, 1980.
- INSTITUTE FOR THERMAL PROCESSING SPECIALISTS – IFTPS. IFTPS Guidance Documents. Disponível em: <<http://www.iftps.org/protocols.html>>. Acesso em: 25/08/2014.