

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

Package deformation profile as a function of the variation in effective pressure

Autores | Authors

✉ **Maria Isabel BERTO**

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Grupo de Engenharia e Pós-Colheita
(GEPC)
Av. Brasil, 2880
Caixa Postal: 139
CEP: 13073-001
Campinas/SP - Brasil
e-mail: miberto@ital.sp.gov.br

Camila Borges KAIHATU

Luis Eduardo Vieira ALVES JUNIOR

Alfredo de Almeida VITALI

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Grupo de Engenharia e Pós-Colheita
(GEPC)
Campinas/SP - Brasil
e-mail: camilakaihatu@hotmail.com
luvieira_junior@yahoo.com.br
avitali@ital.sp.gov.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 18/11/2010
Aprovado | Approved: 25/04/2011
Publicado | Published: dez./2011

■ Resumo

As embalagens metálicas são amplamente utilizadas em processos de esterilização convencional de alimentos realizados em autoclaves. Em razão do seu material de construção e principalmente do design do corpo e da tampa contendo ondulações, estas embalagens sofrem variação em seu volume interno durante o processamento térmico. A alteração desse volume interno é função da pressão efetiva, que é a diferença entre a pressão interna e a pressão externa da embalagem. O conhecimento do comportamento dessa variação de volume, denominado de perfil da deformação da embalagem, é importante para a determinação do adequado espaço livre a ser deixado na etapa de enchimento e para a verificação da necessidade e do dimensionamento de uma contrapressão na autoclave durante o processamento térmico, que garanta a integridade da embalagem e a eficiência de troca térmica do processo. Este trabalho objetivou a determinação do ponto de deformação permanente e do perfil de deformação de cinco tipos de embalagens cilíndricas metálicas comerciais, com volumes de 200, 307, 340, 908 e 2700 mL. Funções polinomiais ajustadas aos dados experimentais da variação do volume em função da pressão efetiva apresentaram altos coeficientes de correlação e valores de desvios padrões residuais abaixo de 10%, indicando que as mesmas podem prever adequadamente esse comportamento.

Palavras-chave: *Enlatamento; Esterilização; Deformação de embalagens; Pressão efetiva; Controle de pressão.*

■ Summary

Cans are widely used to sterilize food products in retorts using conventional processing techniques. Their construction material and the design of the rippled body lead to changes in the internal volume during thermal processing. This change in internal volume is due to the effective pressure, which is the difference between the pressures inside and outside the package. Knowledge of this variation in volume with respect to the pressure is important for the correct calculations of the package filling, head space, and to determine an appropriate over pressure to guarantee integrity of the cans and efficiency of the heat exchange process. The goal of this work was to determine the profile of the internal volume changes as a function of the effective pressure for five types of cylindrical commercial cans with the following capacities: 200, 307, 430, 908 and 2700 mL. Polynomial functions were fitted to the experimental data with residual standard values below 10% and high values for the correlation coefficients, indicating that they could be applied to predict volume changes according to the effective pressure.

Key words: *Canning; Sterilization; Package deformation; Effective pressure; Pressure control.*

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

BERTO, M. I. et al.

1 Introdução

As latas metálicas têm seu uso amplamente difundido nas indústrias por possuírem algumas características que, em conjunto, não são encontradas em outras embalagens, como flexibilidade, resistência a choques mecânicos e baixa interação com o produto, obtida esta pela impermeabilização interna com verniz (SARON et al., 2007). Além disso, essas embalagens têm um tempo de decomposição relativamente pequeno em comparação com outros tipos de embalagens, fato que vem ao encontro da crescente preocupação ambiental do mundo moderno e que reflete diretamente nas ações do setor produtivo.

Na indústria alimentos, as latas são amplamente utilizadas em processos de esterilização, que consistem em submeter o produto acondicionado em embalagens hermeticamente fechadas por tempo e temperaturas pré-determinados (ITAL, 1990). Esses processos são realizados em autoclaves e proporcionam variações consideráveis na pressão interna da embalagem. O desenvolvimento dessa pressão interna é em função das características do produto/embalagem e das condições de enchimento. A diferença entre a pressão interna da embalagem e a pressão da autoclave recebe o nome de pressão eficaz (REICHERT, 1988). Durante a fase de aquecimento, o produto sofre dilatação e ocorre expansão dos gases incondensáveis, gerando uma pressão eficaz positiva, já que a pressão interna é superior à pressão da autoclave, que é a do vapor de água saturada na mesma temperatura. O adequado dimensionamento do espaço livre no processo de enchimento é fundamental para absorver essa variação de volume; entretanto, dependendo das condições, a pressão eficaz positiva ainda pode ser suficiente para provocar o estufamento da embalagem, visível principalmente pela deformação da tampa e do fundo da mesma. Esse fato é agravado no início do resfriamento, quando a pressão da autoclave cai bruscamente. Nessa fase, a aplicação de uma contrapressão com ar comprimido na autoclave é um procedimento adotado para evitar tal estufamento; entretanto, a descompressão deve ocorrer adequadamente para evitar a situação reversa, que seria o apainelamento ou o colapso da embalagem (BERTO e VITALI, 2009).

As embalagens metálicas que, por redução de custos, vêm sendo construídas com folhas metálicas com espessuras cada vez menores devem absorver essa variação de pressão para garantir a segurança e a vida de prateleira do produto nelas acondicionado (KOUTCHMA et al., 2009).

Na literatura, vários trabalhos estudaram o perfil de deformação; entretanto, além de esse comportamento ser específico de cada embalagem, algumas abordagens importantes não foram contempladas pelos mesmos.

Apesar de a variação do volume em função da pressão efetiva não ser linear, Reichert (1988) fez essa consideração para simplificação dos cálculos, fato que pode levar a dimensionamentos equivocados, com conseqüente perda de embalagens durante processamento. Körmendy et al. (1995) estudaram o comportamento da pressão interna de latas de 3,23 L (156,5 × 177,8 mm) e utilizaram equações distintas para representar o comportamento em função de pressões efetivas negativas e positivas. Okada e Quast (1975) estudaram o comportamento adimensional da variação de pressão $\Delta P/P_0$ versus variação de volume $\Delta V/V_0$ de latas cilíndricas de 0,5, 1 e 3 kg. Neste trabalho, foi verificado que nas três dimensões a curva tem uma porção linear para valores de $\Delta P/P_0 < 0,3$; na faixa de $0,3 < \Delta P/P_0 < 0,80$, ocorre uma grande variação de volume com aumento relativamente pequeno de pressão, causado pela deformação elástica da tampa e do fundo da embalagem; e, em valores de $\Delta P/P_0 > 0,8$ são detectadas as deformações permanentes e o comportamento volta a ser linear. Foi definido como ponto de detecção da deformação permanente o momento do desvio da segunda porção da curva, referente à de deformação elástica, para a terceira porção cujo comportamento volta a ser linear.

Dantas et al. (1990) compararam o perfil de deformação de latas de folha de flandres de 0,5 kg com corpo liso e ondulado em função da variação de pressão positiva e negativa. Não encontraram diferença estatisticamente significativa entre os mesmos; entretanto, concluíram que as ondulações absorvem maior variação de volume, fazendo com que a pressão correspondente ao início da deformação permanente seja maior para a lata com ondulação no corpo.

Pela carência de informações a respeito do comportamento de deformação de embalagens utilizadas, atualmente, no mercado nacional, este projeto consistiu em determinar o ponto de deformação irreversível e o perfil de deformação de cinco embalagens utilizadas nas indústrias brasileiras processadoras de alimentos.

2 Material e Métodos

2.1 Material

2.1.1 Latas

Para facilitar a compreensão e a identificação das mesmas, as latas encontradas no mercado nacional foram identificadas pelo nome do produto que usualmente acondicionam: 1) Lata de seletas, também utilizada para acondicionar milho e ervilhas; 2) Latas de atum em conserva; 3) Latas de feijoada pronta, que também são encontradas com frutas em calda; 4) latas troncopiramidais de 12 oz que acondicionam *corned beef*,

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

BERTO, M. I. et al.

um produto produzido exclusivamente para exportação; 5) Lata de 6 libras, utilizada para armazenar carne em cubos com molho (*cubed beef with broth*), produto também de exportação. As dimensões e o material de fabricação de cada tipo de lata são descritos a seguir.

- Seletas (307 mL): Latas cilíndricas de folha de flandres, dimensões 73 × 84 mm, com espessuras do corpo de 0,19 mm e da tampa de 0,21 mm (Companhia Metalúrgica Prada);
- Atum (200 mL): Latas cilíndricas de alumínio, dimensões 83 × 38 mm, espessuras do corpo de 0,17 mm e da tampa de 0,21 mm (Metalúrgica Prada);
- Feijoada (908 mL): Latas cilíndricas de folha de flandres, dimensões de 99 × 118 mm, espessuras do corpo 0,26 mm e da tampa de 0,30 mm (Mococa Metalúrgica);
- Tronco piramidal 12 oz (340 mL): Latas troncopiramidais de folha de flandres, dimensões de tampa maior 770 × 600 mm, tampa menor 730 × 500 mm, altura de 870 mm, espessuras do corpo de 0,26 mm e da tampa de 0,34 mm (JBS);
- 6 libras (2700 mL): Latas cilíndricas de folha de flandres, dimensões de 155 × 152 mm, espessuras do corpo de 0,28 mm e da tampa/fundo de 0,43 mm (Metalgráfica Rojek).

Para acoplamento do sistema de medição da pressão interna das embalagens, foram utilizadas conexões Ecklund (ECKLUND-HARRISON, 2007). Essas conexões permitiram o encaixe de um tubo de plástico por onde foi realizado vácuo ou aumento de pressão interna, necessários para realização dos ensaios.

2.1.2 Bancada para determinação do perfil de deformação e do ponto de deformação irreversível em latas menores que 400 mL

A bancada mostrada na Figura 1 foi utilizada para determinação do perfil de deformação e do ponto de deformação permanente das latas de seleta, atum e troncopiramidal. A embalagem (1) foi colocada em uma cuba de vidro (2) com sistema de vedação da tampa por borracha de silicone e graxa de alto vácuo. Mangueiras de silicone conectaram a embalagem ao manômetro de coluna de mercúrio (3) e este às bombas de vácuo (Cenco, Hyvac 14) (4) e de pressão (Fabbe/Primmar, modelo 141) (5). As válvulas de esfera (6A, 6B) foram posicionadas para permitir a formação do vácuo ou da pressão no sistema independentemente, e a válvula de esfera (7) permitiu o isolamento do sistema cuba/embalagem das bombas. Uma válvula agulha (8) foi utilizada para controlar o fluxo de ar no sistema, proporcionando um melhor ajuste do vácuo ou da pressão.

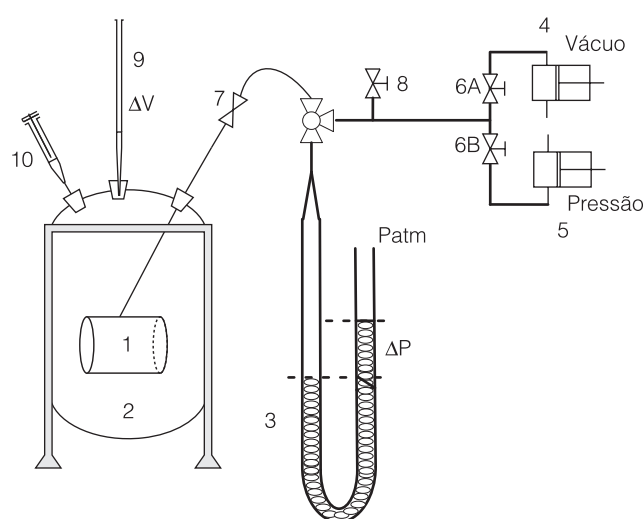


Figura 1. Esquema do equipamento utilizado para realização dos experimentos.

Uma bureta graduada de 50 mL (9) foi encaixada na tampa da cuba, permitindo a leitura da variação de volume. O ajuste da graduação da bureta no início dos ensaios foi realizado por uma seringa graduada de 60 mL (10), fixada na tampa da cuba. A hermeticidade do sistema foi garantida por conexões de rolhas de silicone perfuradas encaixadas nos furos da tampa da cuba. A variação de pressão operacional imposta pelas bombas, para cada tipo de embalagem, está descrita juntamente com os resultados dos experimentos (Tabelas 1 e 2).

2.1.3 Bancada para determinação do perfil de deformação e do ponto de deformação irreversível de latas maiores que 400 mL

Pela limitação volumétrica da cuba da bancada esquematizada na Figura 1, a bancada, esquematizada na Figura 2, foi montada para realização de estudos de deformação das latas de feijoada e de 6 libras.

Nessa bancada, a lata (1) posicionada sobre uma balança semianalítica (And, EK, 12 kg) (2) foi conectada a um kitassato com água (9), interligado a outro kitassato vazio (10), que foi conectado ao mesmo conjunto de coluna de mercúrio (3), bombas de vácuo (Cenco, Hyvac 14) (4) e de pressão (Fabbe/Primmar, modelo 141) (5), utilizado na bancada anterior. A contração ou a expansão da lata foi proporcionada por saída ou entrada de água, imposta pelas bombas de vácuo ou pressão, respectivamente. O kitassato vazio teve como finalidade assegurar que em nenhum momento a água passasse para o sistema coluna-bombas. A alteração de volume da embalagem foi determinada indiretamente pela variação de massa acusada pela balança. A faixa de pressão imposta pelo sistema em cada embalagem é mostrada nas Tabelas 1 e 2, juntamente com resultados do experimento.

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

BERTO, M. I. et al.

Tabela 1. Pontos de deformação permanente das latas comerciais.

Deformação permanente	Latas de atum (83 x 38)	Latas de seleta (73 x 84)	Latas de feijoada (99 x 118)	Latas de 6 libras (155 x 152)	Latas troncopiramidais (770 x 600, 730 x 500 e 870)
Faixa de pressão (bar)	-0,93 a 1,27	-0,94 a 1,00	-0,91 a 1,44	-0,48 a 0,88	0 a 1,28
Embicamento (bar)	1,12 bar	Não apresentou	1,12 bar	0,80 bar	1,10 bar
Colapso (bar)	Não apresentou	Não apresentou	Não apresentou	Não apresentou	Não testado

Tabela 2. Funções ajustadas aos dados de variação de volume em função da pressão efetiva.

Lata	Faixa pressão operacional (bar)	Função ajustada	RSD (%)	R ²
Atum	-0,50 a 1,00	$\Delta V \text{ (mL)} = -102,90 p^6 + 177,50 p^5 - 20,93 p^4 - 84,92 p^3 \dots + 15,75 p^2 + 30,67 p + 0,20$	1,30	0,9940
Seleta	-0,94 a 1,15	$\Delta V \text{ (mL)} = -2,913 p^6 + 5,855 p^5 + 3,667 p^4 - 11,21 p^3 \dots - 0,107 p^2 + 14,75 p - 0,084$	1,34	0,9982
6 libras	-0,48 a 0,64	$\Delta V \text{ (mL)} = 306,30 p^5 + 367,00 p^4 - 616,40 p^3 \dots - 48,74 p^2 + 371,30 p + 0,34$	0,30	0,9990
Feijoada	-0,48 a 0,96	$\Delta V \text{ (mL)} = 94,54 p^5 - 100,70 p^4 - 38,47 p^3 \dots + 44,45 p^2 + 31,40 p + 1,64$	8,85	0,9886
Tronco piramidal	0 a 0,73	$\Delta V \text{ (mL)} = -25,78 p^2 + 49,30 p + 0,08$	3,84	0,9951

RSD: Desvio Padrão Residual, R²: Coeficiente de Correlação.

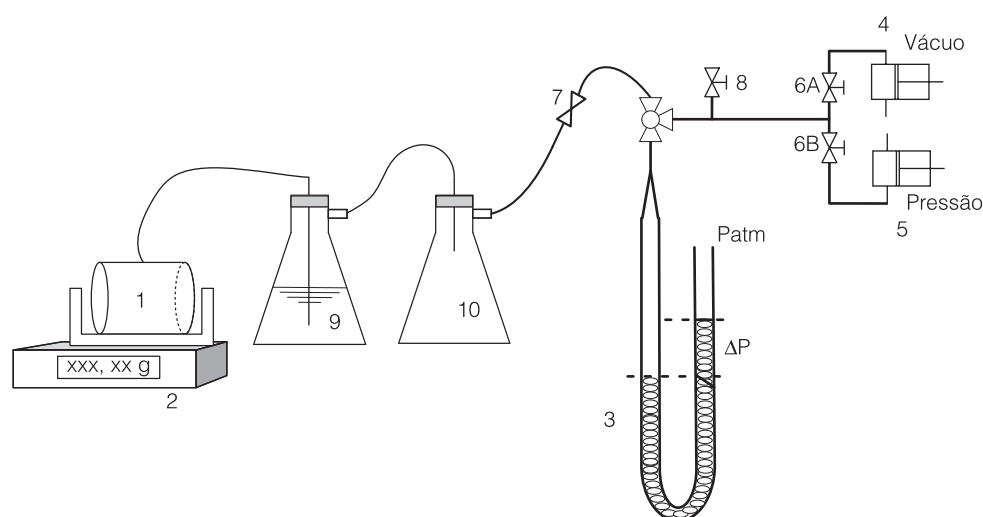


Figura 2. Bancada utilizada para determinação do perfil de deformação das latas maiores que 400 mL.

2.2 Métodos

2.2.1 Determinação do ponto de deformação permanente

2.2.1.1 Experimentos realizados com latas de volume menor que 400 mL

Nesse experimento, realizado em triplicata, a lata conectada ao tubo de plástico ligado às bombas foi imersa na cuba preenchida com água destilada (Figura 1). O conjunto cuba/lata/tampa foi fechado hermeticamente. No início do experimento, ajustou-se com a seringa o volume da graduação da bureta em 35 mL para latas de atum e em 25 mL para as latas de seleta.

Na verificação do ponto de deformação permanente, foram intercalados aumento de pressão e vácuo no sistema, anotando-se o volume da bureta

na passagem pela pressão ambiente. Para isso, foi escolhido o intervalo de aproximadamente 0,16 bar, ou seja, a pressão era aumentada em 0,16 bar e diminuída até vácuo (-0,16 bar), passando pelo ponto de pressão ambiente para verificação da alteração de volume. A faixa de pressão imposta pelo sistema em cada embalagem é mostrada na Tabela 1, juntamente com resultados do experimento.

O ponto de deformação permanente foi verificado por meio da constatação de embicamento, colapso ou formação de vincos na embalagem. A partir dessa condição, constatou-se que a variação de volume da embalagem não retornou mais ao zero quando a pressão ou o vácuo do sistema foram retirados. Com essa verificação, determinou-se a pressão operacional de cada lata, definida como a faixa de pressão à qual a mesma pode ser submetida sem que ocorra a deformação permanente.

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

BERTO, M. I. et al.

2.2.1.2 Experimentos realizados com latas de volume maior que 400 mL

A bancada esquematizada na Figura 2 foi utilizada para a determinação do ponto de deformação permanente das embalagens com volume maior que 400 mL (feijoada e 6 libras), sendo realizado em triplicata. Para garantir a retirada de todo ar da embalagem e o seu enchimento com água, um tubo de cobre contendo uma válvula foi acoplado à embalagem, através de uma perfuração próxima à tampa, com sua extremidade posicionada no lado oposto da perfuração, faceando a tampa da embalagem (Figura 3a). Com a lata inclinada a 45°, a válvula foi aberta e realizou-se uma leve pressão no sistema provocando a entrada de água na lata (Figura 3b). Assim que água começou a sair pelo tubo de cobre, a pressão foi interrompida e a válvula fechada, garantindo o preenchimento total da lata com água.

A lata já preparada foi colocada em um suporte na posição horizontal, posicionado na balança, para evitar que deformações no seu fundo ou na tampa afetassem a medida ou a sua estabilidade na balança. O procedimento do experimento foi análogo ao realizado na cuba, isto é, pressão e vácuo foram impostos à embalagem, passando pelo ponto de pressão atmosférica para anotação da leitura, em intervalos de aproximadamente $\pm 0,16$ bar.

2.2.2 Determinação do perfil de deformação das latas

A determinação do perfil de deformação das embalagens menores que 400 mL foi conduzida na bancada esquematizada na Figura 1, enquanto que, para latas maiores, foi utilizada a bancada da Figura 2. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Nesses experimentos, a alteração de pressão foi inicialmente só positiva, em intervalos de 0,16 bar até pouco antes do ponto de deformação permanente; e, em seguida, só negativa, em intervalos de 0,16 bar, até o vácuo máximo da bomba ou até o vácuo de colapso da embalagem, constatado este em alguns casos na primeira etapa do trabalho. Para cada imposição da pressão, a variação de volume foi anotada e, após a imposição de toda pressão ou vácuo, o sistema era retornado à pressão ambiente para verificação e anotação da variação de volume da lata após o ensaio.

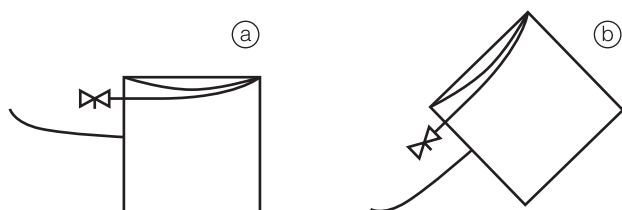


Figura 3. Procedimento para garantir o preenchimento total da embalagem com água.

A escolha dessa metodologia de alteração de pressão, começando do seu aumento e posterior vácuo, foi baseada no processamento industrial no qual primeiramente o produto é aquecido e depois resfriado, gerando respectivamente o aumento e a diminuição da pressão interna.

Funções polinomiais foram ajustadas aos dados experimentais para prever o comportamento da variação de volume das latas. A capacidade de predição dessas funções foi avaliada pelo coeficiente de correlação (R^2) e pelo desvio padrão residual, usualmente referenciado com a sigla RSD (*residual standard deviation*), mostrado nas Equações 1 e 2. Valores de RSD até 10% indicam que as funções são adequadas para prever o comportamento estudado (ATALA et al., 2001).

$$RSD = \frac{1}{np} \sum_{p=1}^{np} (d_p - x_p)^2 \quad (1)$$

$$RSD(\%) = \left(\frac{\sqrt{RSD}}{d_p} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

em que: d_p = valor experimental; \bar{d}_p = média do módulo dos valores experimentais; RSD = desvio padrão residual; x_p = valor simulado ou predito pelo sistema; np = número total de pontos experimentais.

3 Resultados e Discussão

3.1 Determinação do ponto de deformação permanente

A Tabela 1 resume os resultados dos experimentos para determinação do ponto de deformação permanente. Dentro da faixa de variação de pressão aplicada, foi constatado ponto de deformação permanente por aplicação de pressão nas latas de atum, 6 libras, feijoada e troncopiramidal. Essa deformação foi verificada pelo embicamento, caracterizado pelo estufamento da lata e pela formação de vincos na tampa, alterando sua configuração original. Esse ponto também foi constatado por meio do gráfico da variação do volume da embalagem *versus* a pressão efetiva aplicada na mesma, ilustrado na Figura 4 para os três experimentos realizados na lata de feijoada. Nessa embalagem, a variação de pressão de 1,12 bar causou uma variação de volume irreversível da embalagem de 3,10 mL.

Dentro da faixa operacional de pressão e vácuo, a lata de seleta não apresentou ponto de deformação permanente. O vácuo imposto não foi suficiente para colapsar nenhuma das embalagens testadas. Por limitações experimentais de falta de amostras de embalagens, a lata troncopiramidal não foi submetida a vácuo.

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

BERTO, M. I. et al.

3.2 Determinação do perfil de deformação da embalagem

A Tabela 2 mostra as funções polinomiais ajustadas aos dados experimentais, juntamente com os valores dos parâmetros estatísticos calculados. O termo p representa a pressão efetiva do sistema, isto é, a diferença entre a pressão interna (P_i) e a pressão externa da embalagem (P_A) que, nas condições do experimento, corresponde à pressão atmosférica ($p = P_i - P_A$). Nesses experimentos, foi imposta a faixa de pressão operacional que se refere ao intervalo de vácuo máximo obtido pelo sistema até pouco antes da pressão de deformação permanente de cada embalagem apresentada na Tabela 1.

Como ilustração desses ajustes, a Figura 5 mostra a função polinomial ajustada aos dados experimentais de variação de volume *versus* pressão efetiva das latas de atum.

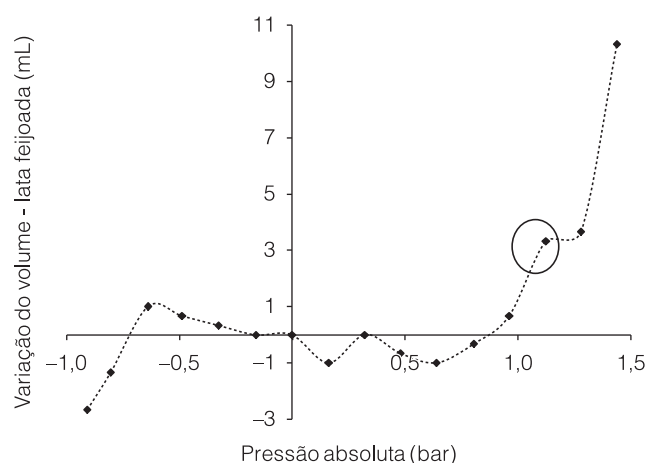


Figura 4. Determinação do ponto de deformação permanente para latas de feijoada.

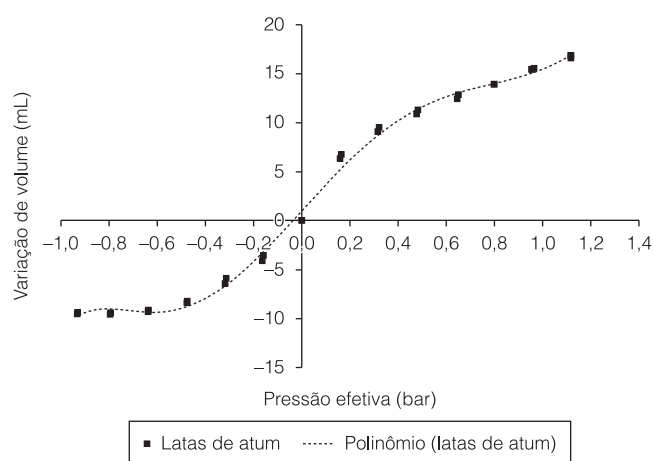


Figura 5. Variação de pressão com a variação de volume para latas de atum (83 x 38 mm).

Esses resultados têm como diferencial terem sido obtidos com latas comerciais fabricadas e processadas por indústrias brasileiras, e não simplificarem o ajuste do perfil para uma equação linear (REICHERT, 1988; PATEL et al., 1991; KÖRMENDY e FERENCZY, 1989), sendo que tal ajuste pode gerar erros consideráveis na predição do volume durante o processamento térmico.

Essas equações são fundamentais para prever a variação volumétrica da embalagem em tempo real durante um processamento térmico (BERTO e VITALI, 2008), complementando o software de controle em tempo real da letalidade do produto (BERTO e VITALI, 2009).

4 Conclusões

Diferentes latas comerciais foram caracterizadas quando à variação de volume em função da pressão efetiva do sistema. Latas de seleta (307 mL) não sofreram embicamento ou colapso na faixa de pressão aplicada de -0,94 a 1,00 bar. As latas de atum (200 mL) e feijoada (908 mL) sofreram deformação permanente com uma pressão efetiva positiva de 1,12 bar, enquanto que a lata troncopiramidal (340 mL) e de 6 libras (2700 mL) deformaram nas pressões de 1,10 e 0,80 bar, respectivamente. Dentro da faixa de pressão negativa aplicada, nenhuma dessas latas colapsou.

A variação de volume das embalagens em função da pressão efetiva do sistema, denominada de perfil de deformação da embalagem, pôde ser estimada por funções polinomiais que apresentaram altos coeficientes de correlação e valores de RSD inferiores a 10%.

Este estudo é fundamental na área de processamento térmico de produtos embalados, pois subsidia para o dimensionamento do espaço livre a ser deixado na embalagem e orienta acerca da necessidade e do dimensionamento de uma contrapressão na autoclave durante o processo de esterilização.

Agradecimentos

À FAPESP (04/01997-0 e 04/01998-6) e ao CNPq/PIBIC, pelo aporte financeiro para a realização deste trabalho.

Referências

ATALA, D. I. P.; COSTA, A. C.; MACIEL, R.; MAUGERI, F. Kinetics of ethanol fermentation with high biomass concentration considering the effect of temperature. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Totowa, v. 91-93, n. 19, p. 353-366, 2001. <http://dx.doi.org/10.1385/ABAB:91-93:1-9:353>

BERTO, M. I.; VITALI, A. A. **Sistema de Controle em Tempo Real da Pressão da Autoclave Durante Processamento Térmico**. BR n. PI-0900630-3, 27 fev. 2009.

Perfil de deformação de embalagens em função da variação da pressão efetiva

BERTO, M. I. et al.

- BERTO, M. I.; VITALI, A. A. Controle em tempo real de um processo de esterilização convencional. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.11, n. 4, p. 252-262, 2008.
- DANTAS, S. T.; GARCIA, A. E.; SOLER, R. M.; ANJOS, V. D. D. A. Estudo preliminar em latas de folha de flandres duplamente reduzidas: determinação da deformação elástica e adaptação de sistema de injeção de nitrogênio líquido. **Coletânea do Itai**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 172-183, 1990.
- ECKLUND-HARRISON TECHNOLOGIES. Disponível em: <<http://www.ecklund-harrison.com/index.htm>>. Acesso em: 10 maio 2007.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ITAL. **Alimentos Enlatados - Princípios de Controle do Processo Térmico, Acidificação e Avaliação do Fechamento de Recipientes**. Campinas: ITAL 1990. 239 p.
- KÖRMENDY, I.; FERENCZY, I. Results of measurements of deformation versus load relations in tin cans. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 18, n. 4, p. 333-351, 1989.
- KÖRMENDY, I.; KONCZ, L.; SÁRKÖZI, I. Measured and calculated pressures and pressures differences of tinplate cans under sterilization conditions. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 24, n. 1, p. 3-22, 1995.
- KOUTCHMA, T.; SONG, Y.; SETIKAITE, I.; JULIANO, P.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; DUNNE, C. P.; PATAZCA, E. Packaging evaluation for high-pressure high temperature sterilization of shelf-stable foods. **Journal of Food Process Engineering**, Malden, v. 33, n. 6, p. 1097-1114, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00328.x>
- OKADA, M.; QUAST, D. G. Deformação de latas em função da diferença de pressão. **Coletânea do Itai**, v.6, p.133-149, 1975.
- PATEL, P. N.; CHANDARANA, D. I.; GAVIN III, A. Internal pressure profile in semi rigid food packages during thermal processing in steam/air. **Journal of Food Science**, Malden, v. 56, n. 3, p. 831-834, 1991. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05393.x>
- REICHERT, J. E. **Tratamiento Térmico de los Productos Carnicos: Fundamentos de los Calculos y Aplicaciones**. Tradução de Jaime Esain Escobar e Santiago Condon Uson. Zaragoza: Acribia, 1988. 175 p.
- SARON, E. S.; DANTAS, S. T.; MENEZES, H. C. D.; SOARES, B. M. C.; NUNES, M. F. Estabilidade sensorial de suco de maracujá pronto para beber acondicionado em latas de aço. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 772-778, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000400016>