

EFEITO DO TEOR DE GORDURA NA DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA DO LEITE DE COCO

César Augusto Canciam, UTFPR, ccanciam@hotmail.com

Resumo: A dilatação volumétrica está relacionada com a resposta dos materiais à aplicação de calor. O conhecimento do coeficiente de dilatação volumétrica permite avaliar os impactos no sistema de medição decorrentes da variação da temperatura. O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do teor de gordura sobre o coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco com diferentes teores de gordura. Para cada teor de gordura, o coeficiente de dilatação volumétrica foi estimado a partir da análise de regressão linear de dados da massa específica em função da temperatura. Para um intervalo de temperatura entre 60 e 80°C e teores de gordura de 20 a 35%, os valores encontrados para o coeficiente de dilatação volumétrica variaram de $4,7492 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$ (teor de gordura de 20%) a $4,7724 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$ (teor de gordura de 35%). Os resultados sugerem que com o aumento do teor de gordura, aumenta-se o coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco. A ausência na literatura de valores do coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco dificultou a comparação com os valores encontrados.

Palavras-chave: dilatação volumétrica; leite de coco; gordura; efeito; regressão linear.

EFFECT OF THE FAT CONTENT ON THE VOLUMETRIC EXPANSION OF THE COCONUT MILK

Abstract: The volumetric expansion is associated with response of materials to the application of heat. The knowledge of the volumetric expansion coefficient allows evaluating the impacts in the measuring system due to temperature variation. The objective of this work was to verify the effect of the fat content on the volumetric expansion coefficient of the coconut milk with different fat contents. For each fat content, the volumetric expansion coefficient was estimated from the linear regression of specific weight data as a function of temperature. For a temperature range between 60 and 80°C and the fat contents of 20 to 35%, the values for volumetric expansion coefficient ranged from $4.7492 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$ (20% fat content) to $4.7724 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$ (35% fat content). The results suggest that increasing the fat content, increases the volumetric expansion coefficient of the coconut milk. The absence in the literature of values of the volumetric expansion coefficient of the coconut milk made it difficult the comparing with the values found.

Keywords: volumetric expansion; coconut milk; fat; effect; linear regression.

1. INTRODUÇÃO

Os materiais tendem a reagir diferentemente a uma variação de temperatura. Alguns materiais apresentam grande variação nas suas dimensões com o aumento da temperatura, enquanto que outros praticamente não mudam suas dimensões.

A variação nas dimensões devido ao aumento de temperatura está relacionada com a composição química, a proximidade e a interação das espécies químicas e ao estado físico do material (JERÔNIMO; BALBINO; FERNANDES, 2012; JERÔNIMO, 2012; CANCIAM, 2008).

Jerônimo, Balbino e Fernandes (2012) comentam que o coeficiente de dilatação volumétrica está associado à energia de ligação química entre as espécies. De maneira que, materiais em que as ligações químicas são fortes apresentam baixos coeficientes de dilatação volumétrica. Isto porque a dilatação volumétrica está associada à variação assimétrica da energia de ligação com a distância entre as espécies. Durante o aquecimento, as espécies aumentam a frequência e a amplitude de vibração. Como as forças de repulsão são sempre maiores que as forças de atração, a distância média entre as espécies também aumenta.

A dilatação de um material devido à elevação da temperatura é uma consequência do aumento da sua energia interna, que determina uma maior amplitude das vibrações das espécies e, portanto, uma maior distância média entre elas (FRADE, 2010).

O leite de coco pode ser definido como uma emulsão do tipo óleo-água, obtida por trituração e prensagem do endosperma do coco, com ou sem adição de água. Essa emulsão é estabilizada por proteínas e provavelmente por alguns íons adsorvidos na interfase óleo-água. Sua composição é basicamente de água e gordura, porém contem pequenas quantidades de carboidratos, proteínas e minerais (TEIXEIRA *et al.*, 1989; ALCÂNTARA *et al.*, 2012).

De acordo com Schons (2008), o equilíbrio de uma emulsão pode ser compreendido através do balanço entre forças de atração e repulsão entre as partículas. A Teoria DLVO, elaborada pelos cientistas russos Derjaguin e Landau e pelos cientistas holandeses Verwey e Overbeek, sugere que a estabilidade de uma emulsão pode ser descrita com a interação entre suas forças atrativas e repulsivas. Essa interação ocorre através da aproximação das espécies químicas, chegando a chocarem-se entre si, devido ao movimento browniano. Dessa forma, ocorre atração devido às forças de Van der Waals e repulsão devido às forças eletrostáticas.

Teixeira, Coutinho e Gomes (2001) comentam que as forças de Van der Waals são originadas a partir da rápida flutuação da densidade eletrônica de cada espécie química, que induz a formação de um momento elétrico entre as espécies químicas vizinhas, fazendo com que essas se atraiam.

As forças de Van der Waals apresentam raio de ação curto, atuando unicamente entre regiões de uma e outra espécie química, que se encontram em contato mútuo, ou seja, as forças de Van der Waals atuam apenas entre as superfícies das espécies químicas (MORRISON; BOYD, 1996).

O coeficiente de dilatação volumétrica (β) ou expansão térmica indica a variação do volume (V) provocada pela variação de temperatura (T), enquanto a pressão (P) permanece constante. A Equação (1) define matematicamente esse coeficiente (CALLISTER, 2002).

$$\beta = \frac{1}{V} \cdot \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (1)$$

Segundo Canciam (2005), a Equação (1) pode ser reescrita na forma de:

$$\ln \left(\frac{V}{V_0} \right) = \beta \cdot (T - T_0) \quad (2)$$

Em que V e T correspondem, respectivamente, ao volume e à temperatura finais; enquanto V_0 e T_0 correspondem, respectivamente, ao volume e à temperatura iniciais.

Em função da massa específica, a Equação (2) é reescrita na forma de (CANCIAM, 2005):

$$\ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) = \beta \cdot (T - T_0) \quad (3)$$

Em que ρ e ρ_0 correspondem, respectivamente, à massa específica na temperatura final e à massa específica na temperatura inicial.

Para a determinação do coeficiente de dilatação volumétrica (β), Canciam (2012) propõe que se faça a análise de regressão linear de dados $\ln\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)$ em função de $(T - T_0)$. O gráfico de $\ln\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)$ versus $(T - T_0)$ fornece uma reta, em que o coeficiente angular é numericamente igual ao coeficiente de dilatação volumétrica (β).

O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do teor de gordura sobre o coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco com diferentes teores de gordura. Para tanto, foi realizada uma análise de regressão linear de dados estimados da massa específica do leite de coco de diferentes teores de gordura em função da temperatura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A determinação do coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco seguiu a metodologia proposta por Canciam (2012).

Para tanto, utilizou-se a modelagem matemática obtida por Tansakul e Chaisawang (2006) e indicada pela Equação (4). Esses autores estudaram o efeito da temperatura e do teor de gordura sobre a massa específica do leite de coco, entre 60 e 80°C e o teor de gordura variando de 20 a 35%.

$$\rho = 1018 - 31,7 \cdot X_F - 0,465 \cdot T \quad (4)$$

Em que X_F corresponde ao teor de gordura e T , a temperatura.

Com base na Equação (4), foram estimados os valores da massa específica do leite de coco para as temperaturas de 60, 62, 65, 68, 70, 72, 75, 78 e 80°C e para os teores de gordura de 20, 25, 30 e 35%.

A Tabela 1 relaciona os valores estimados da massa específica do leite de coco nos teores de gordura de 20, 25, 30 e 35%.

Tabela 1 – Valores estimados da massa específica do leite de coco em função da temperatura.

T (°C)	ρ (kg.m ⁻³)			
	20%	25%	30%	35%
60	983,76	982,18	980,59	979,01
62	982,83	981,25	979,66	978,08
65	981,44	979,85	978,27	976,68
68	980,04	978,46	976,87	975,29
70	979,11	977,53	975,94	974,36
72	978,18	976,60	975,01	973,43
75	976,79	975,20	973,62	972,03
78	975,39	973,81	972,22	970,64
80	974,46	972,88	971,29	969,71

Na realização da análise de regressão linear foram utilizadas as Equações (5) e (6). Essas equações foram obtidas do trabalho de Canciam (2012).

A Equação (5) obtém o coeficiente de dilatação volumétrica (β), enquanto que a Equação (6), o coeficiente de correlação (R^2).

$$\beta = \frac{\left\{ n \cdot \left[\sum (T - T_0) \cdot \ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) \right] \right\} - \left[\sum (T - T_0) \right] \cdot \sum \ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)}{\left\{ n \cdot \left[\sum (T - T_0)^2 \right] - \left[\sum (T - T_0) \right]^2 \right\}} \quad (5)$$

$$R^2 = \frac{\left\{ n \cdot \left[\sum (T - T_0) \cdot \ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) \right] \right\} - \left[\sum (T - T_0) \right] \cdot \sum \ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)}{\sqrt{\left\{ n \cdot \left[\sum (T - T_0)^2 \right] - \left[\sum (T - T_0) \right]^2 \right\} \cdot \left\{ n \cdot \left[\sum \ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) \right]^2 \right\} - \left[\sum \ln \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) \right]^2}} \quad (6)$$

A determinação do coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco consistiu na aplicação dos dados indicados na Tabela 1 nas Equações (5) e (6).

Nos cálculos, a temperatura inicial (T_0) foi considerada a temperatura de 60°C e a massa específica inicial (ρ_0), ao valor correspondente, de acordo com a Tabela 1.

Nas Equações (5) e (6), n corresponde ao número de dados emparelhados da massa específica em função da temperatura. Isto é, com base na Tabela 1, n corresponde a 9.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 relaciona os valores encontrados para o coeficiente de dilatação volumétrica (β) e o coeficiente de correlação (R^2) do leite de coco nos diferentes teores de gordura.

Tabela 2 – Valores obtidos para os coeficientes de dilatação volumétrica e de correlação do leite de coco nos diferentes teores de gordura.

Teor de gordura	β (°C ⁻¹) x 10 ⁻⁴	R^2
20%	4,7492	0,9999
25%	4,7569	0,9999
30%	4,7647	0,9999
35%	4,7724	0,9999

Na Tabela 2 pode-se observar a proximidade entre os valores do coeficiente de dilatação volumétrica (β) para os diferentes teores de gordura do leite de coco.

Com relação ao coeficiente de correlação (R^2), observa-se na Tabela 2 que existe uma proximidade com a unidade.

Pinheiro e coautores (2009) comentam que o coeficiente de correlação (R^2) mede a interdependência linear entre as variáveis e avalia a qualidade do ajuste, ou seja, quanto mais próximo o coeficiente de correlação for da unidade, melhor é o ajuste da reta em relação aos pontos da dispersão.

Lira (2004) considera que a correlação linear pode ser classificada como muito forte quando os valores do coeficiente de correlação são maiores ou iguais a 0,90 e menores que 1,0.

Dessa forma, pode-se observar na Tabela 2, que para os teores de gordura do leite de coco estudados, a correlação linear é classificada como muito forte para os dados de $\ln\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)$ em função de $(T - T_0)$.

O coeficiente de dilatação volumétrica mede a variação relativa do volume devido à alteração da temperatura, mantendo-se a pressão constante. Dessa forma, se o coeficiente de dilatação volumétrica de um material é igual a $1,0 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ significa que o acréscimo de 1 grau tem como resultado o aumento do volume em 1% (NETZ; ORTEGA, 2008).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, para cada 1 grau de acréscimo de temperatura, o aumento do volume do leite de coco varia de 0,0475 a 0,0477%. Esses valores podem parecer pequenos, mas se comparados com a água ($\beta = 2,07 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) (NETZ; ORTEGA, 2008); o aumento do volume do leite de coco equivale a 2,295 a 2,304 vezes mais que o aumento do volume da água.

Com relação aos coeficientes de dilatação volumétrica encontrados, pode-se observar que à medida em que se aumenta o teor de gordura no leite de coco, os valores do coeficiente de dilatação volumétrica também aumentam. Isto provavelmente está associado ao equilíbrio da emulsão óleo-água, ou seja, ao balanço entre forças de atração e repulsão entre as espécies químicas.

Quanto maior o teor de gordura, maior a concentração das espécies químicas e consequentemente maior a probabilidade de choques entre elas. Com o aumento do número de choques entre as espécies químicas, as forças de repulsão (forças eletrostáticas) prevalecem em relação às forças de atração (forças de Van der Waals). Assim, como as ligações químicas entre as espécies químicas são fracas, maiores são os coeficientes de dilatação volumétrica. Isto provavelmente explica a proporcionalidade direta entre o teor de gordura e o coeficiente de dilatação volumétrica.

A Figura 1 ilustra o gráfico do coeficiente de dilatação volumétrica (β) em função do teor de gordura do leite de coco.

Pode-se observar na Figura 1 que existe uma correlação linear entre o coeficiente de dilatação volumétrica e o teor de gordura do leite de coco.

A análise de regressão linear dos dados do coeficiente de dilatação volumétrica em função do teor de gordura do leite de coco indicou, como coeficiente linear da reta, o valor de $4,7182 \times 10^{-4}$. Enquanto que o valor do coeficiente angular da reta equivale a $1,5480 \times 10^{-7}$. O coeficiente de correlação equivale a 0,9999.

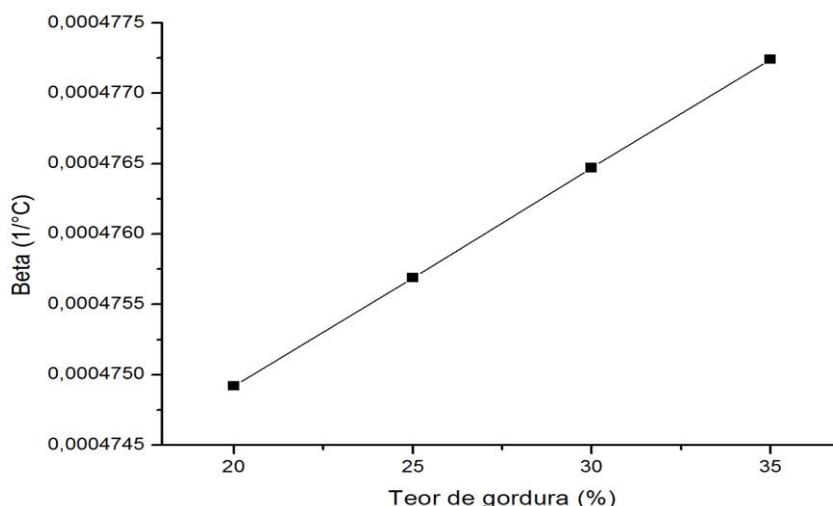


Figura 1 – Gráfico do coeficiente de dilatação volumétrica em função do teor de gordura do leite de coco.

A Equação (7) indica o modelo matemático que relaciona o coeficiente de dilatação volumétrica (β) com o teor de gordura do leite de coco (X_F).

$$\beta = (1,5480 \times 10^{-7} \cdot X_F) + 4,7182 \times 10^{-4} \quad (7)$$

Buscando na literatura trabalhos associados com a dilatação volumétrica do leite de coco, constatou-se a ausência desse estudo; o que dificultou as análises dos resultados obtidos nesse trabalho.

4. CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito do teor de gordura sobre o coeficiente de dilatação volumétrica do leite de coco com diferentes teores de gordura.

Para um intervalo de temperatura entre 60 e 80°C e teores de gordura de 20 a 35%, os valores encontrados para o coeficiente de dilatação volumétrica variaram de $4,7492 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (teor de gordura de 20%) a $4,7724 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ (teor de gordura de 35%).

Para os teores de gordura do leite de coco estudados, as correlações lineares foram classificadas como muito fortes.

Os resultados sugerem que:

- À medida em que se aumenta o teor de gordura no leite de coco, os valores do coeficiente de dilatação volumétrica também aumentam. Isto provavelmente está associado ao equilíbrio da emulsão óleo-água;
- Existe uma correlação linear entre o coeficiente de dilatação volumétrica e o teor de gordura do leite de coco.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, L.A.P.; FONTAN, R.C.I.; BONOMO, R.C.F.; LEMOS, A.R. *Efeito da temperatura e teor de gordura nas propriedades termofísicas do leite de coco. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 14, n. 1, p.21-30, 2012.

CALLISTER, W.D. *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2002, 450p.

CANCIAM, C.A. *Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de algodão. Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias*, v.11, n.3, p.27-31, 2005.

CANCIAM, C.A. *Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de soja (Glicine max). Revista Tecnológica*, v.17, p.13-18, 2008.

CANCIAM, C.A. *Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de girassol através da aplicação da análise de regressão linear. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.6, n.2, p.852-863, 2012.

FRADE, J.M.C.B.C. *Conformação automática de formas complexas em vidro de mesa*. Aveiro: UA, 2010. 327p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – UA, 2010.

JERÔNIMO, C.E.M. *Predição do coeficiente de dilatação térmica de naftas pela curva de destilação ASTM. Revista Virtual de Química*, v. 4, n. 4, p.405-412, 2012.

JERÔNIMO, C.E.M.; BALBINO, C.P.; FERNANDES, H.G. *Coeficiente de dilatação volumétrica determinados pela curva ASTM em frações de petróleo. Scientia Plena*, v. 8, n. 9, p.1-8, 2012.

LIRA, S.A. *Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicação*. Curitiba: UFPR, 2004. 196p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – UFPR, 2004.

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. *Química Orgânica*. Fundação Calouste Gulbekian, Lisboa. 1996, 1394p.

NETZ, P.A.; ORTEGA, G.G. *Fundamentos de físico-química: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas*. Ed. Artmed, Porto Alegre. 2008, 299p.

PINHEIRO, J.I.D.; CUNHA, S.B.; CARVAJAL, S.R.; GOMES, G.C. *Estatística básica: a arte de trabalhar com dados*. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro. 2009, 295p.

SCHONS, E.M. *Desestabilização de emulsões visando a redução do teor de óleo em água*. Ouro Preto: UFOP, 2008. 168p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – UFOP, 2008.

TANSAKUL, A.; CHAISAWANG, P. *Thermophysical properties of coconut milk. Journal of Food Engineering, n. 73, p.276-280, 2006.*

TEIXEIRA, E.A.M.; MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F.; OLIVEIRA, G.S.F.; GASPAR JÚNIOR, J.C.; FIGUEIREDO, R.W. *Processo alternativo para conservação do leite de coco produzido para consumo comercial. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 24, n. 6, p.761-768, 1989.*

TEIXEIRA, V.G.; COUTINHO, F.M.B.; GOMES, A.S. *Principais métodos de caracterização de resinas à base de divinilbenzeno. Química Nova, v. 24, n. 6, p.808-818, 2001.*