

Propriedades físico-química e termofísicas do doce de leite pastoso com diferentes concentrações de liquor de cacau**Physical-chemical and thermophysical properties of sweet milk paste with different concentrations of cocoa liquor**

DOI:10.34117/bjdv6n9-350

Recebimento dos originais: 11/08/2020

Aceitação para publicação: 15/09/2020

Biano Alves de Melo Neto

Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia - UFBA Instituição:
Instituto Federal Baiano - IFBAIANO, Campus Uruçuca Endereço: Rua João Nascimento, s/n -
Centro, Uruçuca - BA, 45680-000
E-mail: biano.neto@ifbaiano.edu.br

Josué Oliveira de Souza

Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRP Instituição:
Instituto Federal Baiano - IFBAIANO, Campus Uruçuca Endereço: Rua João Nascimento, s/n -
Centro, Uruçuca - BA, 45680-000
E-mail: josue.souza@ifbaiano.edu.br

Elck Almeida Carvalho

Doutora em Biologia e Biotecnologia de Microbiologia pela Universidade Estadual de Santa
Cruz - UESC
Instituição: Instituto Federal Baiano - IFBAIANO, Campus Uruçuca Endereço: Rua Dr. João
Nascimento, S/N, Centro, Uruçuca-BA, 45680-000
E-mail: elck.carvalho@ifbaiano.edu.br

Durval Libânio Netto Mello

Mestre em Produção Vegetal com ênfase em Manejo de Solos Tropicais pela Universidade
Estadual de Santa Cruz - UESC
Instituição: Instituto Federal Baiano - IFBAIANO, Campus Uruçuca Endereço: Rua Dr. João
Nascimento, S/N, Centro, Uruçuca-BA, 45680-000
E-mail: durval.mello@ifbaiano.edu.br

Gabriel Jesus Alves de Melo

Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia - UFBA Instituição:
Instituto Federal da Bahia - IFBA, Campus Ilhéus Endereço: Rodovia Br 415 13km Vila
Cachoeira *Ilhéus* - BA CEP: 45650-015
E-mail: gabriel.uesc@gmail.com

Renata Cristina Ferreira Bonomo

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Campus Juvino Oliveira,
Endereço: Rodovia BR 415, km 03, s/n. *Itapetinga* - BA, CEP: 45700-000

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estudar as propriedades físico-químicas e termofísicas do doce de leite pastoso com concentrações de 0 %, 2 %, 3 % e 4 % de liquor de cacau (*Theobroma cacao* L.). A caracterização do doce foi realizada determinando pH, acidez total, sólidos solúveis, lipídeos totais, proteína, umidade, carboidratos e cinzas. As propriedades termofísicas determinadas foram: massa específica e a difusividade térmica. A influência da temperatura também foi avaliada, sendo a faixa de 10 a 70 °C, variando de 10 em 10 °C. As amostras apresentaram heterogeneidade em relação aos conteúdos analisados. O teor de lipídios oscilou entre 6 % e 9 %, dentro do esperado em doces de leite (8 %), o teor de proteína foi superior ao mínimo (5 %), umidade abaixo de 30 % (valor máximo permitido) e cinzas entorno de 2 %, sendo que a adição de liquor de cacau resultou em uma maior elevação desse teor. No tocante as propriedades termofísicas, o modelo quadrático, tanto para temperatura quanto para concentração, teve bom ajuste aos dados experimentais referentes à massa específica.

Palavras chave: Qualidade, Caracterização, *Theobroma cacao* L.

ABSTRACT

The objective of the present work was to study how physical-chemical and thermophysical properties of pasty dulce de leche with procedures of 0 %, 2 %, 3 % and 4 % of cocoa liquor (*Theobroma cacao* L.). The sweet characterization was performed by determining pH, total acidity, soluble solids, total lipids, protein, moisture, carbohydrates and ashes. The thermophysical properties determined were: specific mass and thermal diffusivity. The temperature capacity was also evaluated, being a range of 10 to 70 °C, varying from 10 to 10 °C. How to balance heterogeneity in relation to objects of use. The lipid content fluctuated between 6 % and 9 %, as expected in milk sweets (8 %), the protein content was higher than the minimum (5 %), moisture below 30 % (maximum allowed value) and surrounding ash 2 %, and the addition of cocoa liquor resulted in a higher increase in this content. Regarding thermophysical properties, the quadratic model, both for temperature and concentration, had a good adjustment to the experimental data regarding the specific mass.

Keywords: Quality, Characterization, *Theobroma cacao* L.

1 INTRODUÇÃO

O doce de leite é um importante alimento produzido e comercializado principalmente na Argentina, Uruguai e no Brasil, mas seu consumo está em expansão na Europa e nos Estados Unidos (ROCHA et al., 2017). Trata-se de um produto obtido pelo cozimento de leite adicionado de sacarose, que adquire coloração, consistência e sabor característicos em função de reações de escurecimento não enzimático, sendo muito apreciado pelos consumidores (RANALLI et al., 2012; MELO NETO et al., 2014).

É amplamente empregado como ingrediente para a elaboração de alimentos como confeitos, bolos, biscoitos, sorvetes e consumido diretamente na alimentação como sobremesa ou acompanhado de pão, torradas ou de queijo (DEMIATE et al., 2001). Conforme a legislação, o doce de leite pastoso deve conter teores máximos de umidade de 30% e de cinzas de no máximo

2% (p/p). O teor mínimo de proteínas deve ser de 6,0% (p/p) e o conteúdo de gordura mínimo de 2% (BRASIL, 1997).

De acordo com Oliveira et al. (2012), o processamento do doce de leite é realizado por empresas, incluindo as caseiras, e utiliza formulações e processos produtivos personalizados, o que acarreta diferenças consideráveis na composição desses produtos, além disso, novos ingredientes têm sido investigados no processamento do doce de leite, com a finalidade de melhorar a qualidade reológica, sensorial e nutricional (MELO NETO et al., 2014).

Para o desenvolvimento industrial da produção de doce de leite, é imprescindível o conhecimento das propriedades termofísicas do produto, pois assim, pode-se realizar o dimensionamento, otimização e o aperfeiçoamento periódico do processo (GABAS et al., 2012). Segundo Silva (1997), as propriedades termofísicas de maior interesse são densidade, a condutividade térmica, o calor específico, a difusividade térmica, e a entalpia, pois são as mais comumente utilizadas no processo de resfriamento e aquecimento de alimentos.

Existem no mercado, diversos doces de leite saborizados. Entre os produtos utilizados, pode-se destacar o coco, amendoim, cupuaçu, bacuri, café e chocolate (ROCHA et al., 2017; SANTOS et al., 2020). Dentre os potenciais agregadores de sabores em produtos alimentícios, pode-se destacar os derivados do cacau, principalmente o liquor de cacau ou massa de cacau, que é o componente mais importante do chocolate, tendo uma grande influência nas características reológicas (ESCRIVÁ et al., 1998, SANTANA et al., 2020, REIS et al., 2020).

Em função dessa diversidade e demanda de mercado pelo doce de leite saborizado, este trabalho teve como objetivo elaborar e estudar as propriedades termofísicas do doce de leite com diferentes concentrações de liquor de cacau, um produto obtido das amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) torradas, com *comportamento reológico único, a temperatura ambiente ele é duro e frágil, com curva de fusão é bem acentuada* (EFRAIM et al., 2010).

2 METODOLOGIA

Os doces de leite pastosos contendo diferentes concentrações de liquor de cacau (0, 1, 2, 3 e 4 %) foram produzidos na Fábrica Piloto do Centro de Tecnologia de Alimentos - CTA do Instituto Federal Baiano, Uruçuca - BA e mantidos sob refrigeração até a realização das análises no Laboratório de Engenharia de Processos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga - BA.

2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Foram realizadas análises físico-químicas de pH (potenciometria), acidez total titulável - ATT (titulometria), umidade - UM (gravimetria), cinza (gravimetria), açúcar redutor - AR e açúcar não redutor - ANR (titulometria de Lane-Eynon), proteína - PTN (micro Kjeldahl) e lipídios - LIP (butirométrico de Gerber), conforme estabelecido pelo Brasil (2008).

2.2 PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

2.2.1 Massa Específica

A determinação da massa específica foi feita por método picnométrico, em triplicata e em três repetições nas temperaturas 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70° C. Utilizou-se picnômetros previamente calibrados com água destilada, com capacidade de 25 mL. A densidade da amostra foi calculada através da razão entre a massa e o volume da mesma (Equação 1).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Onde:

ρ = massa específica da amostra (kg/m³)

m = massa da amostra (kg)

V = volume do picnômetro (m³)

2.2.2 Difusividade Térmica

Para determinação experimental da difusividade térmica, utilizou-se a metodologia proposta por DICKERSON (1965). O aparato utilizado consistiu em um cilindro de aço inoxidável (3,8 cm de diâmetro, 25,5 cm de altura e 1,0 mm de espessura) isolado termicamente nas extremidades, com dois termopares acoplados, sendo um na sua superfície externa e o outro disposto no plano central do mesmo. O cilindro foi totalmente preenchido com a amostra, e então mergulhado em um banho térmico cinemático, a uma temperatura de 5°C, aguardou-se que o equilíbrio térmico entre a célula e o banho fosse alcançado. Nesse momento iniciou-se o aquecimento no banho até que a temperatura interna da cápsula chegasse a aproximadamente 80°C. Foram registrados os valores da temperatura dos dois termopares, em intervalos de 2 minutos até o fim do experimento. Calculou-se então a difusividade térmica para a amostra dentro da cápsula pela Equação 2.

$$\alpha_A = \frac{4R^2}{4(T_{ext} - T_{int})} \quad (2)$$

Onde: α_A é a difusividade térmica da amostra (m^2/s), A é a taxa de aquecimento do banho ($^{\circ}C/s$), R é o raio da célula (m) e $(T_{EXT} - T_{INT})$ é a diferença entre a temperatura externa e a temperatura interna da célula ($^{\circ}C$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas do doce de leite pastoso com liquor de cacau estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análises físico-químicas do doce de leite com diferentes concentrações de liquor.

Liquor (%)	UM (%)	ATT (%)	pH	Cinzas (%)	AR (%)	ANR (%)	PTN (%)	LIP (%)
0	11,00 ±0,09	0,190 ±0,01	6,70 ±0,01	1,57 ±0,02	3,69 ±0,08	14,48 ±0,50	11,45 ±0,50	7,75 ±0,10
2	26,20 ±0,50	0,295 ±0,03	6,56 ±0,01	2,90 ±0,01	8,81 ±0,10	15,24 ±0,30	11,52 ±0,50	8,75 ±0,10
3	24,90 ±0,50	0,232 ±0,03	6,77 ±0,01	2,51 ±0,01	7,03 ±0,05	16,99 ±0,10	10,22 ±0,10	8,00 ±0,50
4	27,06 ±0,60	0,562 ±0,02	6,79 ±0,01	2,10 ±0,02	6,86 ±0,05	19,33 ±0,10	10,75 ±0,10	7,25 ±0,10

As amostras apresentaram heterogeneidade em relação aos conteúdos analisados. O teor de lipídios oscilou entre 6 % e 9 %, dentro do esperado em doces de leite (8 %), o teor de proteína foi superior ao mínimo (5 %), umidade abaixo de 30 % (valor máximo permitido) e cinzas entorno de 2 %, sendo que a adição de liquor de cacau resultou em uma maior elevação desse teor, o que já era esperado. Independente da concentração de liquor de cacau, os doces de leite pastosos desenvolvidos encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação (BRASIL, 1997).

Em relação aos valores obtidos em relação a acidez e pH, os mesmos também encontram-se pertinentes aos valores exigidos pela legislação, pH entre 6,60 - 6,80 e acidez entre 0,14 - 0,18 % (BRASIL, 2011). No tocante aos carboidratos, o aumento da concentração de liquor de cacau, implicou no aumento do valor desse parâmetro. A legislação brasileira não estabelece valor de carboidratos como requisito obrigatório.

3.2 MASSA ESPECÍFICA

Observou-se que com o aumento da temperatura houve um decréscimo da massa específica do doce de leite pastoso, o que está relacionado à expansão volumétrica sofrida devido ao aumento do fornecimento de energia ao sistema o que faz as moléculas vibrarem com velocidades maiores, ficando cada vez mais afastadas umas das outras. Este fato está de acordo com RAMOS e IBARZ (1998), CEPEDA e VILLARÁN (1999), PEREIRA et al. (2002), LIMA et al., (2003), JÚNIOR et al. (2007) e SOUZA (2008), que estudaram o comportamento da massa específica com o aumento da temperatura para suco e purê de pêssego, suco de maçã, polpa de açaí, polpa de umbu, polpa de manga espada e polpas e néctares de pequenos frutos, respectivamente.

Em uma mesma concentração de liquor, à medida que a temperatura aumenta a densidade diminui. Segundo LEWIS (1993) a adição de qualquer sólido, exceto gorduras na água aumentará sua massa específica. Esta afirmação não está de acordo com os dados encontrados no presente trabalho, uma vez que houve redução da massa específica com o aumento da concentração de liquor no doce de leite.

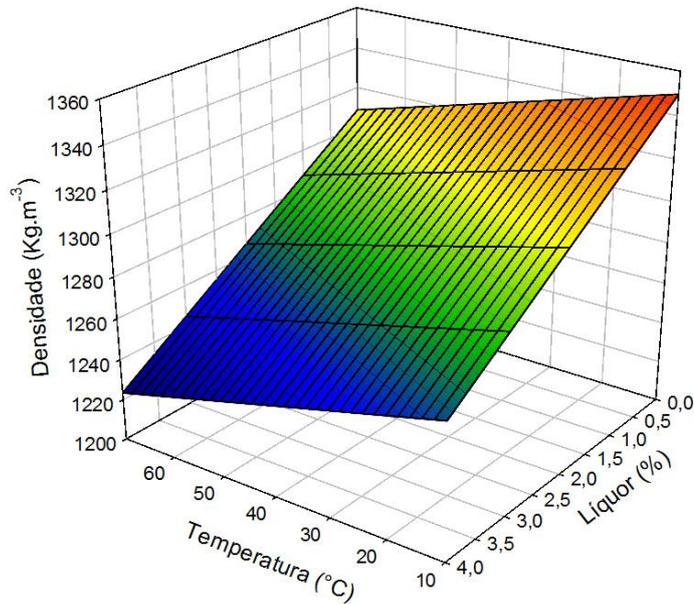
Segundo COHEN e JACKIX (2004) o liquor tem em média 54,20 % de gordura, isso explica o fato de no presente trabalho com aumento da concentração ter ocorrido a redução da massa específica. Após a análise de regressão foram obtidos os parâmetros para modelos de 1º e 2º ordem com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), a fim de se escolher o modelo que melhor se ajustasse aos dados experimentais (Equação 4).

$$\rho = 1356,4803 - 0,6859T - 21,2454C$$

$$R^2 = 0,924$$

O R^2 referente a Equação 4 indica que 92,4 % da variação da densidade foi em função das variáveis independentes temperatura (T) e concentração (C), ou seja apenas 7,6 % da variância da regressão não depende das variáveis estudadas. A Figura 1, construída a partir da equação obtidas do modelo ajustado, ilustra a variação da densidade do doce de leite pastoso, respectivamente, com as variáveis independentes significativas.

Figura 1. Variação da densidade em função da temperatura e concentrações de liquor de cacau.



3.3 DIFUSIVIDADE

Para difusividade térmica verificou-se que com o aumento da temperatura e com o aumento da concentração de liquor houve redução da difusividade (Tabela 2).

Tabela 2. Difusividade do doce de leite em diferentes concentrações de liquor de cacau.

Temperatura (°C)	Concentração de liquor de cacau (%)			
	0	2	3	4
15	2,93633E-07	1,951E-07	1,39284E-07	1,41769E-07
25	2,42247E-07	1,8623E-07	1,27172E-07	1,35421E-07
35	2,48459E-07	1,0114E-07	1,21873E-07	1,26208E-07
45	2,93633E-07	1,1445E-07	1,29042E-07	1,3804E-07
55	3,58885E-07	1,3381E-07	1,39284E-07	1,42493E-07
65	4,40449E-07	1,6107E-07	1,62497E-07	1,69895E-07
75	5,69993E-07	2,4851E-07	2,19099E-07	2,32488E-07

Materiais com elevados valores de difusividade responderão rapidamente a mudanças nas condições térmicas impostas a ele, no contrário responderão lentamente, levando um tempo maior para atingir uma nova condição de equilíbrio (INCROPERA e DEWITT, 2003). Esta propriedade é requerida para estabelecer a rapidez que o calor se difunde no alimento e conhecer as relações de tempo-temperatura que podem causar mudanças de nutrientes, textura e viscosidade (SILVA, 1997). O comportamento da difusividade estimadas se assemelham com a medida instrumental

realizada por Barbosa et al. (2013), onde os valores difusividade térmica aumentaram de acordo que aumentou-se a temperatura.

4 CONCLUSÃO

Independente da concentração de liquor de cacau, os doces de leite pastosos desenvolvidos encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação. O aumento da concentração do liquor de cacau, implicou no aumento da quantidade de carboidratos. Tanto o aumento da concentração de liquor quanto o aumento da temperatura favoreceram a redução da densidade do doce de leite e conseqüentemente as propriedades termofísicas estudadas.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, V. C.; GARCIA-ROJAS, E. E.; COIMBRA, J. S. D. R.; CIPRIANO, P. D. A.; OLIVEIRA, E. B. D.; TELIS-ROMERO, J. Thermophysical and rheological properties of dulce de leche with and without coconut flakes as a function of temperature. **Food Science and Technology**, pg 93-98, Campinas – SP, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Portaria N° 354, de 4 de setembro de 1997**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/das/dipoa/port354.html> Acesso em: 29 de janeiro de 2020.
- BRASIL, IAL-Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 2008.
- CEPEDA, E.; VILLARÁN, M.C. Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of concentration and temperature. **Journal of Food Engineering**, New York, v.41, n.2, p.103-107, 1999.
- COHEN, K. O.; JACKIX, M. N. H. Obtenção e Caracterização Física, Química e Físico-Química de Liquor de Cupuaçu e de Cacau. **Brazilian Journal of Food Technology**. Vol. 7. n° 1, p. 57-67, jan./ jun., 2004
- DEMIATE, I. M.; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso-composição química. **Food Science and Technology**, 21(1), 108-114, 2001.
- DICKERSON, R. W. An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods, **Food Technology**, Chicago, v.19, n.5, p.198-204, 1965.
- EFRAIM, P.; PEZOA-GARCÍA, N. H.; JARDIM, D. C. P.; NISHIKAWA, A.; HADDAD, R.; EBERLIN, M. N. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. **Food Science and Technology**, 30, 142-150, 2010.
- GILABERT ESCRIVÁ, M., PEZOA GARCÍA, N. H.; MARSAIOLI JR, A. Comparação das propriedades reológicas da massa de cacau torrada convencionalmente e por microondas. **Food Science and Technology**, 18(2), 218-223, 1998.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 5ª edição, LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A., rio de janeiro, Brasil, 698p., 2003.
- JÚNIOR, E. E.; QUEIROZ A. J. M.; FIGUEIREIDO R. M. F. Determinação e Elaboração de Modelos de Predição da Massa Específica da Manga Espada. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.22, n.1, pp. 39-42, 2007.

- LEWIS, M. J. **Propriedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado**. Zaragoza: ACRIBIA, 494p., 1993.
- LIMA, I. J. E.; QUEIROZ A. J. M.; FIGUEIREIDO R. M. F. Propriedades Termofísicas da Polpa de Umbu”, Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, nº 1, pp. 31-42, 2003.
- PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREIDO, R. M. F., Massa Específica da Polpa de Açaí em Função do Teor de Sólidos Totais e da Temperatura, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6. n. 2, pp. 526-530, 2003.
- RAMOS, A.M.; IBARZ, A. Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature. **Journal of Food Engineering**, New York, v.35, n.1, p.57-63, 1998.
- REIS, N. S.; MORAES, M. O. B.; LINS, R. P.; SENA FILHO, E.; CARVALHO, E. A.; DA ROCHA, S. A. S.; MELO NETO, B. A. Produção de chocolate 70% massa de cacau enriquecido com óleo essencial das folhas de *Mentha Arvensis*. **Brazilian Journal of Development**, 6(7), 2020. 51107-51123. DOI:10.34117/bjdv6n7-669
- SANT’ANA, C. S.; PEREIRA, I. O.; FERREIRA, A. C. R.; SILVA, A. V.; SANTOS, L. S. Influência do período de colheita na qualidade de cacau da Indicação Geográfica Sul da Bahia. **Brazilian Journal of Development**, 6, 8295-8306, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-221>
- SANTOS, D. B.; AGUIAR, R. O.; CRUZ, W. P.; SILVA BERNARDINO, P. D. L.; SILVA MARTINS, L. H.; CARVALHO, F. I. M.; SILVA, P. A. Desenvolvimento e caracterização de doces de leite bubalino pastosos saborizados com doces de bacuri e Cupuaçu. **Brazilian Journal of Development**, 6(8), 2020.
- SILVA, S. B. **Propriedades termofísicas de Polpa de Abacaxi**. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Janeiro/1997.
- SOUZA, M. A. **Estudos da Propriedades Físicas de Polpa e Néctares de Pequenos Frutos**, Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2008.
- RANALLI N.; ANDRÉS, S. C.; CALIFANO, A. N. Physicochemical and rheological characterization of ‘Dulce de leche’. **Journal of Texture Studies**, 43 (2), 115-123, 2012.
- ROCHA, L. D. O. F.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R.; PIMENTA, C. J. Storage time effect on ‘Dulce de leche’ characteristics with coffee and whey. **Acta Scientiarum. Technology**, 39(4), 503-510, 2017.
- OLIVEIRA, A. R. C.; OLIVEIRA, R. M. E.; ABREU, P. S.; FERREIRA, L. O.; DOMICINIANO, D.; PINTO, S. M. Qualidade microbiológica de doces de leite comercializados no sul de Minas Gerais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 388, p. 11-14, 2012.