

Propriedade Térmica de Calor Específico Medida em Iogurtes Comerciais

Thermal Property Of Specific Heat Measured In Commercial Yogurtes

Luciana Claudia Martins Ferreira Diogenes¹, Jéssica de Sales Silva²

¹ Departamento de Ciências Naturais e da Terra, Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)
Unidade Frutal, Av. Mário Palmério nº1.001, Bairro Universitário, 38.200-00, Frutal- MG.

² Aluna do curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)
Unidade Frutal, Av. Mário Palmério nº1.001, Bairro Universitário, 38.200-00, Frutal- MG.

Resumo

O calor específico é uma propriedade termofísica muito importante a ser medida nos alimentos. Diversos trabalhos relatam que essa propriedade foi medida em polpas, leite, iogurtes, xaropes, etc. Especificamente nesse trabalho foi empregado um método simples e barato para se medir o calor específico de três iogurtes comerciais utilizando-se garrafas térmicas como “calorímetros” e termômetros juntamente com a aplicação de princípios da Física como a Lei Zero da Termodinâmica e a Lei de Conservação de Energia. Primeiramente, foi medida a capacidade calorífica da garrafa térmica. Em seguida, foi obtida a temperatura de equilíbrio térmica entre o iogurte e uma quantidade de água aquecida ambas inseridas dentro da garrafa térmica. Um termômetro do tipo espeto fez a medição dessa temperatura. O calor específico dos iogurtes foi calculado utilizando os valores obtidos experimentalmente aplicados nas equações que envolvem conservação de energia.

Palavras-chave: calor específico, alimentos, lei zero da termodinâmica, lei de conservação de energia.

Abstract

Specific heat is a very important thermophysical property to be measured in food. Several studies report that this property was measured in pulps, milk, yogurts, syrups, etc. Specifically, in this work a simple and inexpensive method was used to measure the specific heat of three commercial yoghurts using thermal bottles such as "calorimeters" and thermometers together with the application of physics principles such as the Zero Law of Thermodynamics and the Conservation Law power. First, the heat capacity of the thermos flask was measured. Thereafter, the thermal equilibrium temperature between the yogurt and an amount of heated water both inserted into the heat bottle was obtained. A spit-type thermometer measured this temperature. The specific heat of the yogurts was calculated using the values obtained experimentally applied in the equations that involve energy conservation.

Keywords: specific heat, foods, zero law of thermodynamics, law of conservation of energy.

1. Introdução

A aprendizagem de física no ensino superior, em especial na área das ciências exatas e tecnológicas, é vista como um problema como é apontado em (1) sendo necessário encontrar essa qualidade do ensino superior. Uma solução proposta seria criar uma disciplina chamada de Fundamentos de Matemática que tem como objetivo abordar conteúdos básicos de matemática e física incluindo atividades práticas.

A importância das propriedades termofísicas é sempre citada em diversos trabalhos. Uma equação para o calor específico para um xarope constituído por glicose, açúcar, gordura, lecitina e canela para fabricar uma barra de cereal é citada em (2).

A importância de se conhecer o calor específico dos alimentos congelados é citada em (3). O alimento além de ser congelado precisa estar em um estado sólido adequado. Primeiramente, há necessidade em determinar a energia necessária para que o alimento baixe a temperatura até o seu ponto de fusão, o que envolve dados do calor específico do alimento. Em seguida, torna-se necessário conhecer a energia de congelamento, o que envolve calor latente e os dados do calor específico entram novamente ao retirar-se mais energia para o alimento baixa sua temperatura até a temperatura desejada na câmara de armazenamento.

O calor específico de iogurtes comerciais do tipo natural e desnatado foi determinado por (4) em sua tese mestrado.

Em (5) é mostrado como determinar a massa específica e o calor específico da polpa de amêndoa. Nesse artigo, a massa específica é medida por um densímetro digital de bancada variando-se a temperatura e o calor específico pelo método de mistura em um calorímetro utilizando o método de Hwang e Hayakawa.

Polpas de frutas, por exemplo, estão sujeitas a processos de resfriamento e aquecimento e dessa forma, é importante analisar as suas propriedades termodinâmicas. Em (6) mediu-se o calor específico do suco de laranja utilizando-se o método proposto por Hwang e Hayakawa, através da modificação de uma garrafa térmica como calorímetro.

O calor específico da polpa de cajá, uma fruta muito extraída na região Norte e Nordeste também foi medido baseado no método das misturas, onde primeiramente determina-se a capacidade calorífica do calorímetro e posteriormente, o calor específico da polpa. No trabalho de (7) é relatado o problema da perda dos componentes voláteis que conferem aroma e sabor característico da fruta durante o processamento da polpa. Dessa forma, há a necessidade de que o processamento e congelamento da polpa possam ocorrer rapidamente. Diante desses relatos, os autores se propuseram a determinar o calor específicos da polpa de cajá nas temperaturas de congelamento: -18, -35, -70, -100, -180 e -196°C.

Suponha que um metal, como um bloco de alumínio, a temperatura ambiente seja aquecido. A variação de temperatura ΔT que ocorre no bloco é proporcional a quantidade de calor, Q , transferida a ele. Essa constante de proporcionalidade que relaciona Q e ΔT é chamada de capacidade térmica, C , e a fórmula dessa relação é dada por (8):

$$Q = C\Delta T \quad (1)$$

A capacidade térmica está relacionada com a massa do material:

$$C = cm \quad (2)$$

onde c = o calor específico dado no SI em unidades de [J/kg.K] ou também em [cal/g.K].

Com essa definição, a eq. (3) pode ser reescrita como:

$$Q = mc\Delta T \quad (3)$$

sendo m = massa [kg], ΔT : variação de temperatura [K].

Para exemplificar os valores de calor específico de algumas substâncias, a tabela 1.1 (8) mostra os valores dessa propriedade para o chumbo, aço, cobre, alumínio, vidro, gelo, água e vapor. O valor do calor específico da água mostrado nessa tabela foi utilizado para determinar o calor específico dos iogurtes comerciais.

Tabela 1.1: Exemplo de calor específico para algumas substâncias.

Material	kJ/(kg K)	cal/(g K)
Chumbo	0,129	0,0308
Cobre	0,386	0,0922
Aço	0,448	0,107
Alumínio	0,900	0,215
Vidro	0,840	0,20
Gelo	2,06	0,500
Água	4,19	1,00
Vapor	2,01	0,48

Fonte: Adaptação de (8).

1.2 Experimento

A capacidade térmica do calorímetro é determinada pela aplicação da Lei de Conservação de Energia, onde o calor fornecido pela massa m de água é transferido a massa m e ao calorímetro:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{perdido}} = 0 \quad (4)$$

Desprezando a troca de calor entre calorímetro e meio-ambiente, o calor cedido pela água quente é igual a soma do calor ganho pela água fria e o calor ganho pelo calorímetro (9):

$$m_{AQ}c_A(T_e - T_{iQ}) + m_{AF}c_A(T_e - T_{iF}) + C(T_e - T_{iF}) = 0 \quad (5)$$

$$C = - \frac{m_{AQ}c_A(T_e - T_{iQ}) + m_{AF}c_A(T_e - T_{iF})}{(T_e - T_{iF})} \quad (6)$$

onde: C é a capacidade calorífica do calorímetro, m_{AQ} é a massa de água quente, m_{AF} é a massa de água fria, c_A é a calor específico da água, T_{iQ} é a temperatura inicial da água quente, T_{iF} é a temperatura inicial da água fria e T_e é a temperatura de equilíbrio (final).

Após se determinar a capacidade calorífica do calorímetro C , o calor específico das polpas pode ser calculado utilizando-se a eq. (7), onde inicialmente a polpa e o calorímetro possuem a mesma temperatura T_{ip} . Ao se inserir a água aquecida a temperatura inicial T_{iA} , o sistema entra em equilíbrio térmico a temperatura T_e :

$$c_I = - \frac{m_Ac_A(T_e - T_{iA}) + C(T_e - T_{il})}{m_I(T_e - T_{il})} \quad (7)$$

onde: c_I é o calor específico do iogurte, m_I é a massa do iogurte, T_{Ia} é a temperatura inicial da água e T_{Ii} é a temperatura inicial do iogurte.

2. Metodologia

As metodologias usadas para as medições da propriedade física de calor específico dos iogurtes estão descritas nessa secção. Primeiramente, a metodologia descrita lista os passos necessários para se obter a capacidade calorífica da garrafa térmica. Posteriormente, são listados os passos para se obter o calor específico de cada iogurte.

Para a realização de ambos os experimentos, os seguintes materiais deverão ser usados:

- Balança,
- Béquer,
- Termômetro,
- Garrafas térmicas,
- Água,
- Três iogurtes comerciais,
- Chapa aquecedora.

Considerando a garrafa térmica como calorímetro foi adotado o procedimento que descreve os passos para determinar a capacidade calorífica do calorímetro.

Procedimento para Determinar a Capacidade Calorífica do Calorímetro

- Coloque a uma massa de água na garrafa térmica à temperatura ambiente. Meça a massa na balança (m_{AF}) e a temperatura T_{iF} através do uso de um termômetro.
- Meça na balança outra quantidade de água (m_{AQ}). Anote o valor.
- Aqueça a água e anote o valor T_{iQ} .
- Coloque a água aquecida no calorímetro contendo a água à temperatura ambiente.
- Agite a água dentro da garrafa utilizando o termômetro digital.
- Espere alguns minutos até o sistema entrar em equilíbrio. Anote a temperatura de equilíbrio T_e .
- Calcule a capacidade térmica (equivalente em água), através da eq. (6), repita esse experimento por duas ou três vezes, utilizando valores semelhantes de massa e temperaturas iniciais para calcular a média da capacidade térmica.
- Repita esse procedimento para a segunda garrafa térmica.
- Preencha a tabela 2.1 para cada calorímetro.

Tabela 2.1: Capacidade térmica da garrafa térmica (1 ou 2).

Garrafa Térmica 1 ou 2						
Medição	m_{AF} (kg)	m_{AQ} (kg)	T_{iF} (K)	T_{iQ} (K)	T_e (K)	C (kJ/ K)
1						
2						
3						

A capacidade térmica C foi determinada pelo valor médio dos valores obtidos na tabela 2.1, ou seja, o valor foi apresentado em uma tabela semelhante a tabela 2.2:

Tabela 2.2: Massa específica da água utilizando análise estatística.

Substância	Média C (kJ/K)
GT* 1	
GT* 2	

GT: garrafa térmica.

O calor específico de cada iogurte pode ser obtido após a medição da capacidade térmica das garrafas térmicas, adotando-se o procedimento a seguir.

Procedimento para Determinar o Calor Específico dos Iogurtes

- Coloque na garrafa térmica uma quantidade m_I de iogurte à temperatura T_{II} . Anote os valores de massa e de temperatura.
- Aqueça uma quantidade de água m_A até a temperatura T_{IA} . Anote os valores de massa e de temperatura.
- Coloque a água aquecida dentro da garrafa térmica rapidamente para evitar trocas de calor com o ambiente.
- Agite a mistura contendo água e iogurte para que atinjam o equilíbrio térmico e espere alguns minutos. Anote a temperatura de equilíbrio T_e .
- Calcule o calor específico pela eq. (7). Esse procedimento deverá ser repetido mais uma vez para os outros iogurtes.

A tabela 2.3 deverá ser preenchida para cada um dos iogurtes (1, 2 e 3) com os dados medidos de massa e temperatura, para que em cada última coluna seja apresentado o calor específico c_p calculado pela eq. (7):

Tabela 2.3: Calor específico do iogurte (1, 2 ou 3).

Iogurte 1, 2 ou 3						
C (kJ/K)	m_A (kg)	m_I (kg)	T_{IA} (K)	T_{II} (K)	T_e (K)	c_p (kJ/ kg.K)

3. Resultados experimentais

As capacidades térmicas encontradas para cada uma das garrafas térmicas semelhantes fisicamente, utilizando-se a eq. (6), foram de 53,73 J/K e 87,04 J/K, respectivamente para as garrafas 1 e 2.

O calor específico encontrado no arranjo experimental com o calorímetro (garrafa térmica), encontra-se expresso na tabela 3.1. A eq. (7) foi utilizada para o cálculo.

Tabela 3.1: Calor específico dos fluídos utilizando-se calorímetro.

Fluido	T_e [K]	c [J/kg. K]
Iogurte de Morango	303,2	3.949
Coalhada	303,2	4.219
Leite Fermentado de Limão	310,3	4.528

4. Conclusão

A capacidade calorífica para cada garrafa térmica esteticamente idêntica foi obtida pelo método experimental devidamente descrito na seção de metodologia e apresentou os seguintes valores 53,73 J/K e 87,04 J/K, respectivamente.

Os valores de calores específicos para cada iogurte obtido foram $c_{\text{morango}} = 3.949$ J/kg.K, $c_{\text{coalhada}} = 4.219$ J/kg.K e $c_{\text{leitefermentado}} = 4.528$ J/kg.K.

Suspeita-se que o uso da garrafa térmica para o experimento de termodinâmica, a qual não é um calorímetro adequado que isole os fluidos das trocas de calor com o ambiente, possa ter influenciado nos valores obtidos devido a troca de temperatura com o meio externo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro dado pela FAPEMIG sendo o projeto aprovado no edital 09/2015 Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica - PIBIC / UEMG / FAPEMIG.

Referências

- [1] QUARTIERI, M. T.; BORRAGINI, E. F.; DICK, A. P.; Superação de Dificuldades no Início dos Cursos de Engenharia: Introdução ao Estudo de Física E Matemática. In: XL Congresso de Educação em Engenharia, COBENGE, Belém, 2012.
- [2] MAESTRI, B; FERREIRA, C. S. P.; PASQUALI, D.; Anteprojeto de indústria de barra de cereais. Universidade de Santa Catarina- UFSC. Florianópolis, 2012.
- [3] GAVA, Altanir Gava; SILVA, Carlos Alberto Bento, FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. Tecnologia de Alimentos: Princípios e Aplicações. Nobel, 2008.
- [4] OLIVEIRA, Edilma Pereira. Estimação da Difusidade Térmica de Iogurtes Comerciais – Aplicação do Método Flash. Tese de mestrado. Universidade Federal da Paraíba, UFPA, agosto, 2009.
- [5] SANTOS, Taline Amorim, et al. Determinação de Massa Específica e do Calor Específico da Polpa de Amêndoa (*Terminalia Catappa* Linnz). Sociedade Veterinária do Rio Grande do Sul, SOVERGS, 2011.
- [6] OLIVEIRA, L. V. D.; OLIVEIRA, N. R., SILVA, M. B. Determinação experimental do calor específico do suco de laranja. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, p. 1-8, out./out. 2014.
- [7] DUARTE, Maria Elita Martins; MATA, Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcante. Calor Específico da Polpa de Cajá a Temperaturas Criogênicas e Diferentes Concentrações De Sólidos Solúveis: Métodos das Misturas. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.1-7, 2003.

[8] BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Hélio. Física para Universitários - Relatividade, Oscilações, Ondas e Calor. Mc Graw Hill, 2013.

[9] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física: Gravitação, ondas e termodinâmica. 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 185-194, 2012.