

## **AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE GORDURA EM TECIDO MUSCULAR USANDO DTA E TG**

### ***Karen Cristina Laurenti***

Universidade de São Paulo – USP - Avenida do Trabalhador São Carlense, 400 – Centro – São Carlos – SP – CEP:  
13566-590  
e-mail: karen\_laurenti@yahoo.com.br

### ***Carlos Dias Maciel***

Universidade de São Paulo – USP - Avenida do Trabalhador São Carlense, 400 – Centro – São Carlos – SP – CEP:  
13566-590  
e-mail: maciel@sel.eesc.usp.br

### ***Paula Manoel Crnkovic***

Núcleo de Engenharia Térmica e Fluidos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - Av. Trabalhador São-carlense, no. 400, 13566-590, São Carlos - SP, Brasil.  
e-mail: paulam@sc.usp.br

### ***Ivonete Ávila***

Núcleo de Engenharia Térmica e Fluidos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - Av. Trabalhador São-carlense, no. 400, 13566-590, São Carlos - SP, Brasil.  
e-mail: iavila@sc.usp.br

**Resumo.** *A carne é vista como a maior fonte de gordura na dieta humana, especialmente de ácidos gordurosos saturados e, quando associados com doenças da vida moderna acarretam em vários tipos de cânceres e doenças coronarianas. Este trabalho tem por objetivo avaliar e quantificar a presença de gordura entre as fibras musculares empregando-se a Análise Térmica. Os testes foram feitos utilizando técnicas TG (Termogravimetria) e DTA (Análise Térmica Diferencial). As amostras analisadas foram músculo e gordura bovina. Com a aplicação da termogravimetria (TG) determinou-se duas regiões de perda de massa que foram associadas à degradação de gorduras e de fibras musculares, e nas condições estudadas, os resultados mostraram-se promissores para a para a determinação quantitativa de gordura em fibras musculares. Complementarmente, as análises DTA permitiram observar picos endotérmicos referentes à fusão gordura presente nas amostras.*

*Palavras chave:* Termogravimetria, Análise Térmica Diferencial, Tecido Gorduroso.

## **1. Introdução**

Recentemente, muitas pesquisas têm sido feitas sobre avaliação da composição de gordura na carne. A carne é vista como a maior fonte de gordura na dieta humana, especialmente de ácidos gordurosos saturados e, quando associados com doenças da vida moderna acarretam em vários tipos de cânceres e doenças coronarianas. A gordura consumida está associada com ácidos graxos e está diretamente relacionado com a saúde humana (Moran Jr, 1996). Por outro lado, esses componentes influenciam diretamente na firmeza do tecido gorduroso, tempo de cozimento, sabor, maciez e suculência (Lebas, 1979; Wood, 2003). O tecido gorduroso é um tipo especial de tecido conjuntivo, que foi modificado para permitir o armazenamento de gordura neutra. É encontrado em uma camada abaixo da pele, entre os músculos, nos espaços entre diversos órgãos e em quase todos os espaços do corpo que não são cheios (Guyton, 1988).

Para se avaliar a presença de gordura entre as fibras musculares, as técnicas analíticas empregadas neste estudo foram a Termogravimetria (TG) e Análise Térmica Diferencial (DTA). O método termogravimétrico é basicamente um método de natureza quantitativa na qual a mudança na massa da amostra pode ser determinada com precisão. Entretanto, as faixas de temperatura na qual a variação de massa ocorre são qualitativas e dependem do equipamento utilizado e das características da amostra (Stabursvik e Martens, 1980). A TG é largamente utilizada em quase todas as áreas da química e áreas correlatas, sendo definida como: a técnica na qual a massa de uma substância é medida em função da temperatura, enquanto a substância é submetida a uma programação controlada de temperatura (Tornberg, 2004; Moran Jr, 1996).

A DTA é uma técnica térmica em que se mede a diferença de temperatura entre a amostra e uma substância inerte durante o processo de aquecimento/resfriamento (Bernal *et al*, 2002; Wendlandt, 1985). Mudanças da temperatura da amostra são ocasionadas pelas transições ou reações entálpicas (endotérmica ou exotérmica). Geralmente, efeitos

endotérmicos são produzidos por transições de fase, desidratações, reduções e algumas reações de decomposição (Wendlandt, 1985).

Este trabalho tem por objetivo propor um método rápido para quantificar a presença de gordura entre as fibras musculares empregando-se a Análise Térmica. Será empregada a técnica TG para se determinar as regiões de perda de massa associadas à degradação de gorduras e fibras musculares. Complementarmente, serão feitas análises em DTA para observar transições entálpicas relacionadas aos fenômenos de degradação de amostras de músculo e gordura bovina.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Materiais

Utilizaram-se amostras de músculo e gordura bovina comercial, sendo analisadas sem receber qualquer tratamento prévio, isto é, os ensaios foram realizados em base úmida. As amostras foram pesadas na balança marca Mettler Toledo, modelo AG 245. As massas das amostras variaram de 27,8 a 57,7 mg, conforme mostradas na Tab. 1.

Tabela 1: Massa das amostras utilizadas nos experimentos TG e DTA

Amostras	TG (mg)	DTA (mg)
Gordura	45,4	51,0
Músculo	36,3	27,8
Músculo + Gordura	(28 + 28,1)	(29 + 28,7)

### 2.1. Ensaios em TG

Os experimentos TG foram realizados em uma Balança Termogravimetria (TG) Shimadzu – TGA-51H. Utilizaram-se amostras de músculo e gordura bovina comercial e suporte de amostra (cadinho) de alumínio (6 Ø x 5 mm). O gás de arraste empregado foi nitrogênio (atmosfera inerte) com vazão de 50 mL min<sup>-1</sup> e razão de aquecimento de 10 °C min<sup>-1</sup> até a temperatura de 600°C.

A Figura 1 mostra o esquema do módulo termogravimétrico, sistema de aquisição de dados e trajeto do gás até o forno da balança TG. Através do sistema da balança flui apenas o gás de arraste controlado por um rotâmetro interno da balança TG. A amostra é submetida a um gradiente de temperatura dentro do forno e a variação da massa da amostra devido à degradação ou volatilização é detectado pelo sistema da balança.

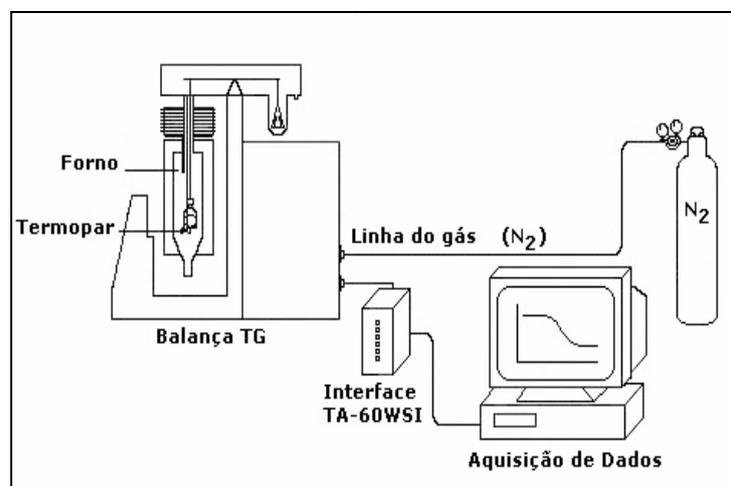


Figura 1: Sistema Termogravimétrico: linhas do gás de arraste e sistema de aquisição.

A Fig. 2 mostra uma curva típica em um ensaio TG em tecidos musculares. São mostrados os perfis TG (linha contínua) e DTG (linha pontilhada). Os indicadores (1) e (2) sobre a curva TG indicam os eventos de perda de massa observada em um ensaio utilizando-se uma amostra de músculo mais gordura bovina. O critério de corte para se definir as regiões (1) e (2) foram feitas com base na curva DTG, isto é, o final da etapa (1) corresponde ao ponto no qual a inflexão retorna ao ponto máximo. Todos os ensaios TG foram avaliados num intervalo de tempo de 0 a 3500 s que correspondem à temperatura de 25 a 600 °C.

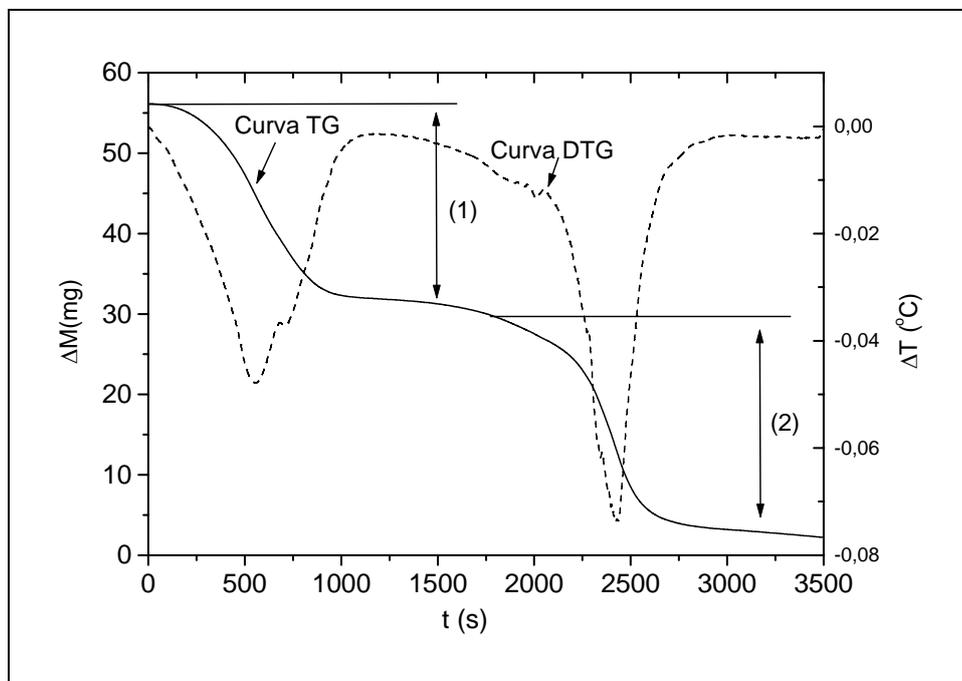


Figura 2. Curvas de variação de massa ( $\Delta M$  ou Curva TG) e razão de aquecimento ( $\Delta T$ ) em função do tempo (t) para um dos ensaios TG.

A temperatura de 600 °C foi adotada para os testes, pois atende aos propósitos deste trabalho que é avaliar a presença de gordura no músculo. Além disso, nota-se que a amostra está praticamente decomposta nesta temperatura.

Os ensaios DTA foram feitos em um aparelho DTA da marca Shimadzu, modelo DTA-50. Os testes foram feitos nas mesmas condições experimentais daqueles descritos para os testes TG, porém como referência utilizou-se o cadinho de alumínio vazio.

### 3. Resultados e Discussão

As Fig. 3 e 4 apresentam as curvas TG e DTA respectivamente, obtidas em ensaios para as amostra de gordura bovina. Na curva TG observa-se claramente os dois eventos de perda de massa. O primeiro evento (1) ocorreu entre as temperaturas de 63 e 175 °C e pode ser atribuído à perda de água da amostra de gordura. O segundo evento (2) ocorreu entre as temperaturas de 175 a 500 °C, sendo atribuído a degradação da gordura. Nota-se também que praticamente toda a amostra foi degradada, restando aproximadamente 2 % de resíduo (inorgânicos).

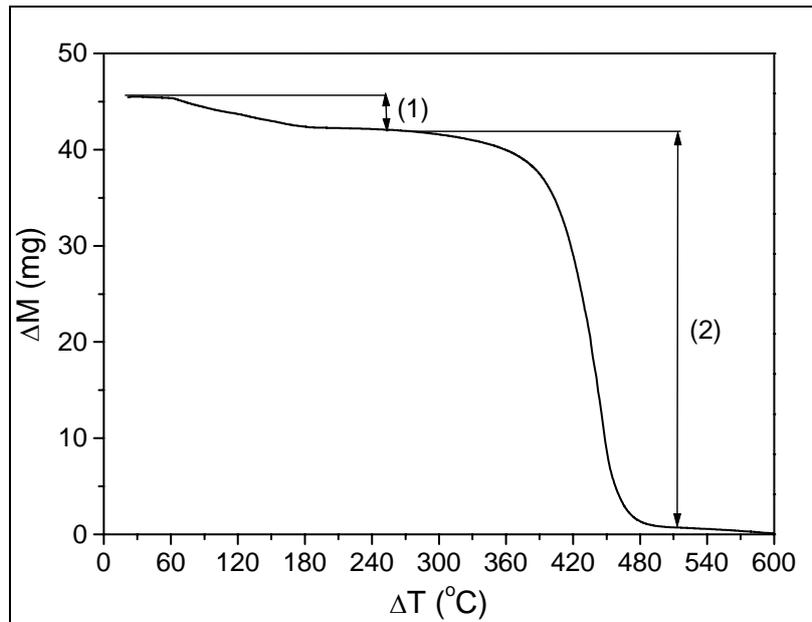


Figura 3: Curva de variação de massa ( $\Delta M$ ) em função da temperatura ( $\Delta T$ ) para amostra de gordura bovina.

Na curva DTA (Fig. 4), nota-se um pico (1) característico de fusão de gordura em torno de 147 °C, atribuído à fusão de gordura, porém nesta região de temperatura estão presentes outros picos indefinidos sobrepostos, assim há impossibilidade de se definir a linha base e conseqüentemente há dificuldade de se quantificar, com base na região de fusão, a gordura separadamente. Nesta curva DTA observa-se também outros picos endotérmicos em torno de 430 °C (2), isto é, região correspondente ao segundo evento de perda de massa da curva TG. Estes eventos são atribuídos à degradação da gordura presente, da mesma forma, por impossibilidade da definição da linha base e caracterização dos eventos com distinção, esta técnica apresenta-se qualitativa para os propósitos deste trabalho.

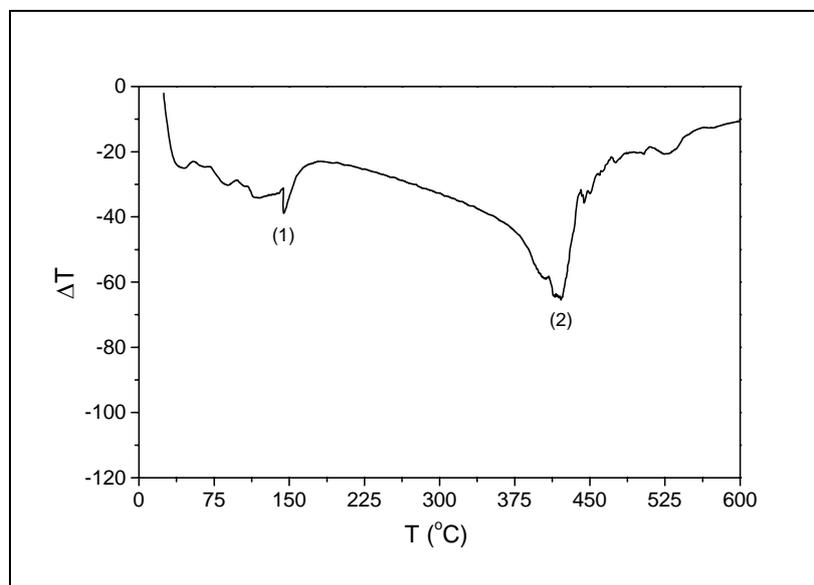


Figura 4: Curva de DTA em função da temperatura (T) para amostra de gordura bovina

Assim como na Curva TG para a amostra de gordura bovina (Fig.3), também para a amostra de músculo bovino observa-se claramente dois eventos de perda de massa. As Fig. 5 e 6 apresentam as curvas obtidas em ensaio TG e DTA para os testes utilizando-se as amostra de músculo bovino. Na curva TG, o primeiro evento (1) ocorreu entre as temperaturas de 23 e 220°C que também pode ser atribuído à perda de água da amostra. O segundo evento indicado entre as temperaturas de 220 e 480 °C (2), ocorreu devido à degradação da fibra muscular. Ao final do experimento obteve-se um resíduo de aproximadamente de 3 % da massa da amostra inicial.

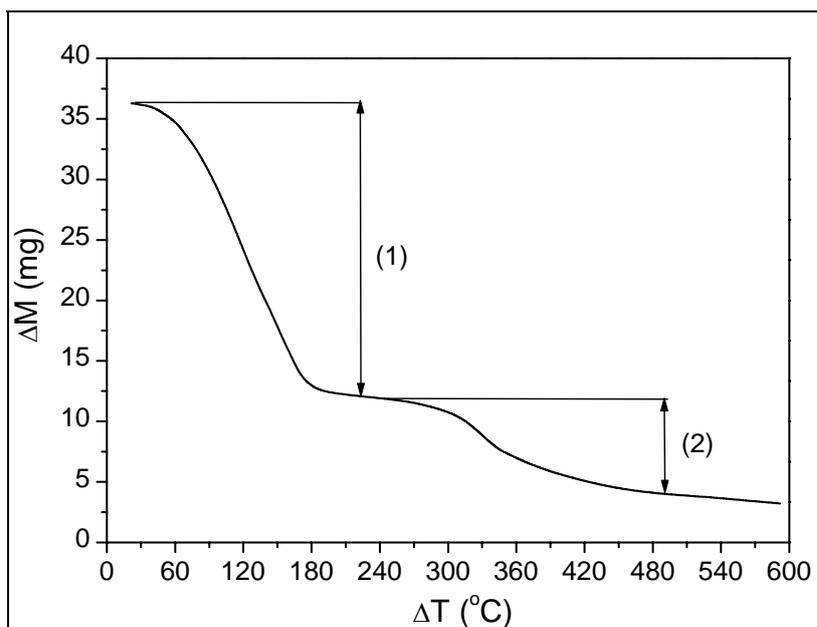


Figura 5: Curva de variação de massa ( $\Delta M$ ) em função da temperatura ( $\Delta T$ ) para amostra de músculo bovino.

Na curva DTA (Fig. 6) da amostra de músculo bovino não foi possível observar o pico de fusão da gordura (próximo a  $147^{\circ}\text{C}$  como observado na Fig.4), mas sim um pico endotérmico intenso próximo a  $100^{\circ}\text{C}$  e este pico foi atribuído à perda de água. Foram observados picos endotérmicos menores entre  $300$  e  $400^{\circ}$  e estes ocorreram devido à degradação da fibra muscular.

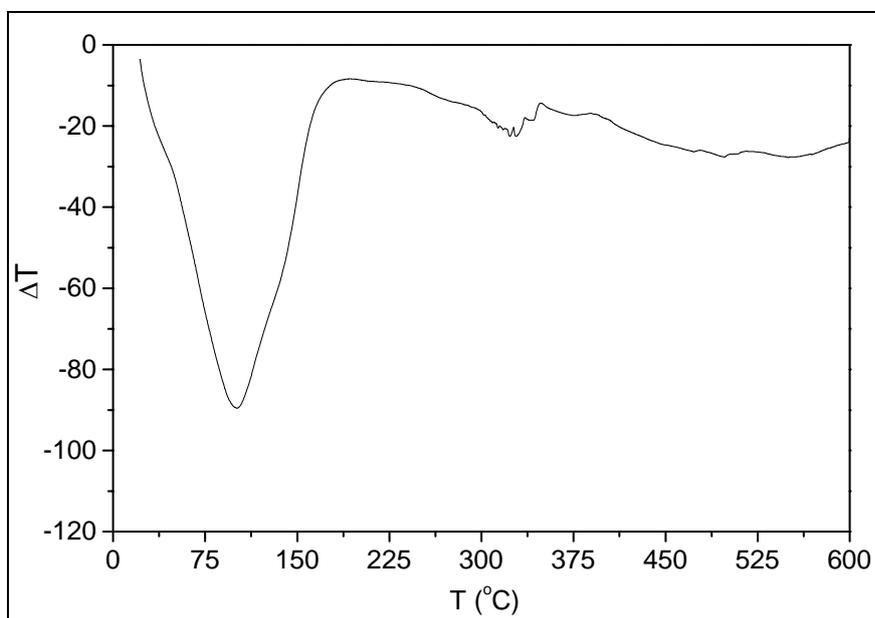


Figura 6: Curva DTA em função da temperatura ( $T$ ) para amostra de músculo bovino.

Para o terceiro ensaio, utilizando-se uma amostra contendo uma mistura de músculo mais gordura bovina (Fig.7), observou-se o evento de perda de água (1) no intervalo de temperatura de  $26$  a  $200^{\circ}\text{C}$ . A degradação da amostra (2) foi observada no intervalo de temperatura entre  $200$  e  $480^{\circ}\text{C}$ .

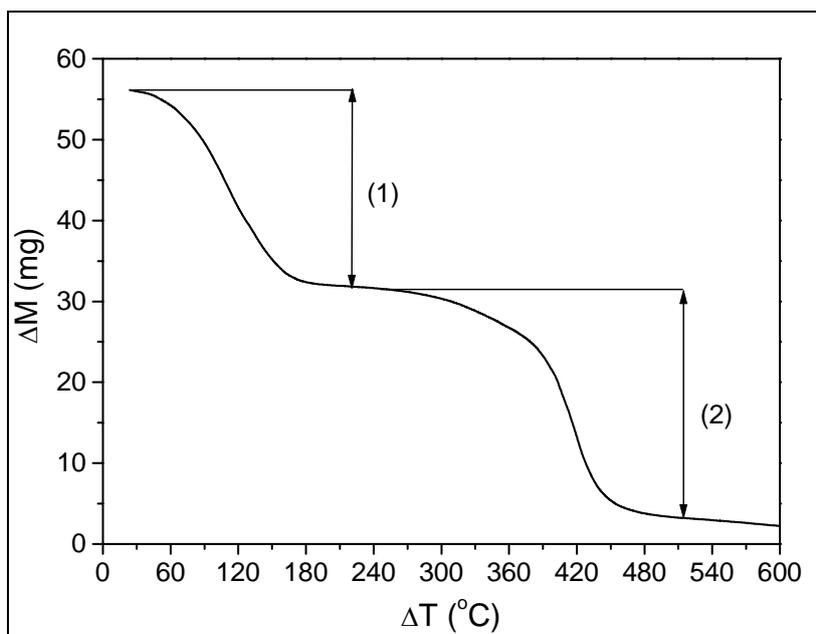


Figura 7: Curva de variação de massa ( $\Delta M$ ) em função da temperatura ( $\Delta T$ ) para amostra de gordura e músculo bovino.

Na Fig. 8 observa-se que a DTA da amostra de tecido muscular com gordura apresentou-se como a combinação dos gráficos de DTA anteriores (Fig. 4 e Fig. 6).

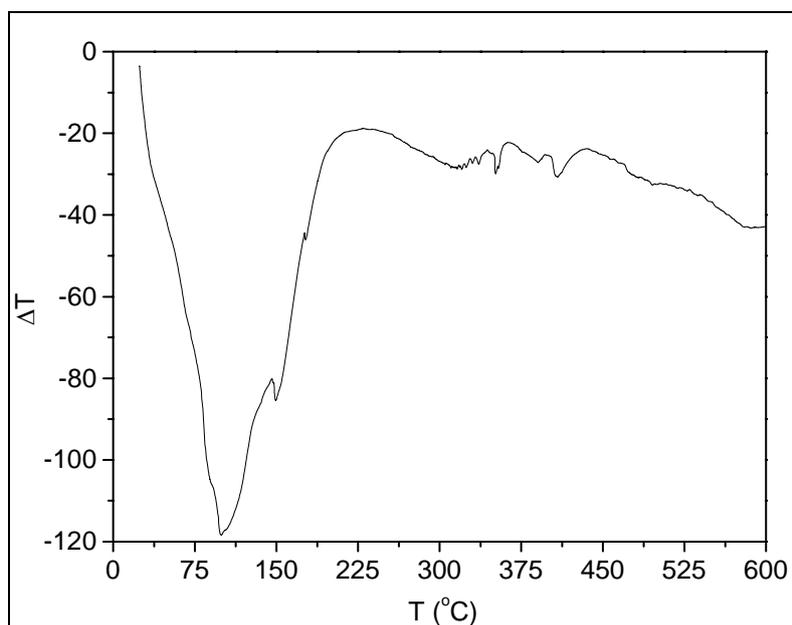


Figura 8: Curva DTA em função da temperatura ( $T$ ) para gordura e músculo bovino.

Com o propósito de se comparar o comportamento de degradação térmica das três amostras, a Fig. 9 apresenta as três curvas TG simultaneamente, para isto a variação de massa é apresentada na forma percentual.

Comparando-se os resultados de perda de massa para cada uma das amostras, nota-se que na região referente à degradação da gordura, os valores estão coerentes com a característica de cada uma das amostras, isto é, para gordura pura, o valor é de 91% enquanto que para a mistura gordura mais músculo, a perda de massa é de aproximadamente 50%.

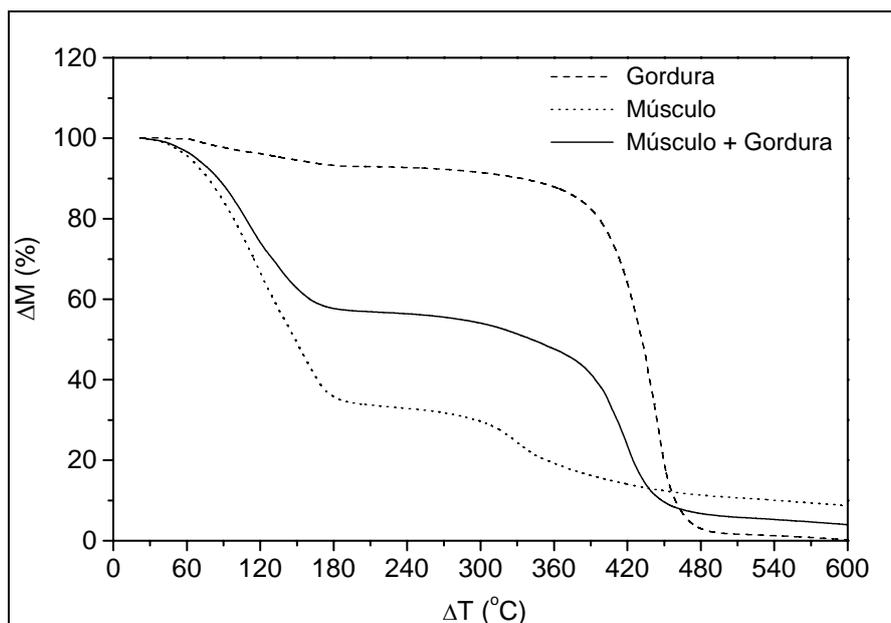


Figura 9: Curvas de variação de massa percentual ( $\Delta M$ ) em função da temperatura ( $\Delta T$ ) para todas as amostras.

A Tab.2 mostra os resultados obtidos dos ensaios TG para as três amostras analisadas os valores percentuais de perdas de massa ocorridos nos eventos observados.

Tabela 2: Massa das amostras utilizadas nos experimentos TG e DTA

Amostras		Gordura	Músculo	Gordura mais Músculo
Perda de Água	T (°C)	63 a 175	23 a 220	26 a 200
	Massa (%)	7	70	45
Degradação da Amostra	T (°C)	175 a 500	220 a 480	200 a 500
	Massa (%)	91	27	53
Resíduo	T (°C)	500 a 600	480 a 600	500 a 600
	Massa (%)	2	3	2

#### 4. Conclusões

Os testes TG possibilitaram determinar e quantificar gordura nas amostras estudadas (músculo e gordura bovina). Os testes com DTA apresentaram-se como uma técnica promissora para se determinar a presença de gorduras, além de se apresentar como uma técnica complementar à TG por indicar picos endotérmicos entre 200 e 480°C.

A termogravimetria apresentou-se eficiente por permitir distinguir duas regiões: perda de água e degradação de gordura. Os cálculos de perda de massa para ambas as regiões foram feitos para as 3 amostras (músculo, gordura e gordura+ músculo) e estão apresentados na Tabela 2. Complementarmente, os testes feitos em DTA indicaram as transições entálpicas por meio de picos endotérmicos nos respectivos intervalos de temperatura.

Embora outros autores tenham empregado técnicas termo analíticas (tais como DSC) para o estudo de gorduras animais (Benedito *et al.*, 2001; Tomberg, 2005) estes trabalhos mostraram transições referentes à desnaturação de proteínas presentes nas amostras, portanto as temperaturas empregadas foram até 200°C. No presente estudo foi possível quantificar a gordura presente nos tecidos musculares por empregar temperaturas mais altas, até 600°C. Portanto, tanto a técnica que mostra as transições entálpicas (DTA) quanto a técnica termogravimétrica apresentaram-se eficientes nos propósitos deste trabalho.

## 5. Agradecimentos

À médica veterinária Dra. Karina Pontieri.

Ao Núcleo de Engenharia Térmica e Fluidos (NETeF) da Escola de Engenharia de São Carlos (USP/EESC) pela disponibilidade dos equipamentos para os ensaios TG e DTA.

Ao CNPq, CAPES e FAPESP pelo suporte financeiro.

## 6. Referências

- Benedito, J., Carcel, J.A., Rossello, C. e Mullet, A. (2001). Composition assessment of raw meat mixtures using ultrasonics. *Meat Science*, 57, 365-370.
- Bernal, C., Couto, A. B. , Breviglieri, S. T., Cavalheiro, E.T.G.(2002). Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais – DSC. *Quim. Nova*, Vol. 25, No. 5, 849 – 855.
- Guyton, A.C., Fisiologia Humana, 6a. edição, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1988.
- Lebas, F. *Cuniculture*, 1979, 6, 159.
- Martens, H., Vold, E. (1976). DSC studies of muscle protein denaturation. In *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> European meeting of meat research workers*, Malmö, Sweeden (p. J 9.3).
- Mitruka, B.M. e Rawnsley, H.M. (1977) Clinical Biochemical and Hematological Reference Values in Normal Experimental Animal. *New York: Masson Publishing*
- Moran Jr, E.T. (1996). Fat modification of animal products for human consumption. Poultry Science Department, Auburn University. USA
- Mothé, C.G. Azevedo, A. D., in: Análise Térmica de Materiais, Capítulo 4, pág. 115.
- Stabursvik, E., e Martens, H. (1980) Thermal denaturation of protein in post rigor muscle tissue as studies by differential scanning calorimetry. *Journal of Science Food and Agriculture*, 31, 1034 – 1042.
- Tomberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science* 70, 493-508.
- Wendlandt, W.W., Thermal Analysis, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley: New York, 1985, p. 213 - 460.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66, 21-32.
- Wright, D.J., Leach, I. B., and Wilding, P. (1977). Differential scanning calorimetric studies of muscle and its constituents. *Journal of Science Food Agriculture*, 28, 557.

## **EVALUATION OF THE PRESENCE OF MUSCULAR FAT IN TISSUE USING DTA AND TG**

### ***Karen Cristina Laurenti***

Program of Interunidades in Bioengineering - School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense 400, 13566-590, São Carlos - SP, Brazil.  
e-mail: karen\_laurenti@yahoo.com.br

### ***Carlos Dias Maciel***

Department Electrical Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense 400, 13566-590, São Carlos - SP, Brazil.  
e-mail: maciel@sel.eesc.usp.br

### ***Paula Manoel Crnkovic***

Group and Thermal and Fluids Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense 400, 13566-590, São Carlos - SP, Brazil.  
e-mail: paulam@sc.usp.br

### ***Ivonete Ávila***

Group and Thermal and Fluids Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense 400, 13566-590, São Carlos - SP, Brazil.  
e-mail: iavila@sc.usp.br

***Abstract: The meat is a major source of fat in human alimentation, especially in saturated fat and, when combined with the stree in modern life, people may be suffering from many kind of cancer or coronary diseases. This work has an objective to quantify the fat presence of the fat in muscular fibres using it Thermal Analysis. The analyses had been made by Termogravimety and Differential Thermal Analysis and for the preliminary tests it has using bovine muscle and fat. In Termogravimetry the loss of mass muscular associated with the degradation of fats and fibres have been determined. From the studied conditions, the results of the experiment found in the tests made in Termogravimetry had revealed viable quantitative determination of fat in muscular fibres. The Termogravimetry tests has quantified the present of fat in the samples. The Differential Thermal Analyss had complemented this work, where it was observed decurrent peaks of fusing of the fat presence.***

***keywords: Termogravimetry, DifferentialThermal Analysis, Fat Tissue.***