KAREN CRISTINA LAURENTI

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. **Carlos Dias Maciel**

São Carlos

2007

Dedico

Aos meus amados pais: Lia e Antonio Luís.

AGRADEÇO:

Agradeço a DEUS que, acima de tudo, está sempre presente e torcendo pelo nosso sucesso.

Em especial à minha família: minha mãe Lia, meu pai Antonio Luís, minhas queridas irmãs Aline e Thaís, que nos momentos mais difíceis e mais importantes da minha trajetória sempre estiveram por perto, representando o meu porto seguro. Pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos permitindo a realização dos meus ideais.

Manifesto a minha gratidão e reconhecimento a todas as pessoas que contribuíram de várias maneiras pelo êxito deste trabalho. Várias pessoas contribuíram para abrilhantar esta dissertação: Rodrigo Nonato Petrilli, Embrapa-Sudeste e Cláudio Rodolfo Spers. Sem a sua ajuda, essa dissertação ficaria, na realidade, sensivelmente prejudicada.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia de São Carlos pelos ensinamentos nesta nova área de atuação na minha carreira.

Aos amigos do LIM e especialmente Ana Rosa Visnardi e Paulo Bossini pela ótima convivência e amizade.

Ao Núcleo de Termodinâmica e Fluidos (NETeF) pelos uso dos equipamentos e ao professor Dr. Antonio Carlos Moreira dos Santos.

Ao professor Orivaldo Lopes da Silva que além de excelente professor tornou-se um querido amigo.

A médica veterinária Karina Pontieri, por sua ajuda indispensável, pelo incentivo e pela amizade.

À Andrezza Furchim da Cruz, pelo incentivo, amizade e principalmente

paciência e ajuda.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia Janete e Bárbara pela colaboração.

A todos aqueles que acreditam que ousadia e erro são caminhos para todas as grandes realizações.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho por meio de críticas, elogios e principalmente reconhecimento.

Ao Alexander Munaiar, por ter me ajudado SEMPRE com os “problemas” com o computador.

Para concluir, "tiro o chapéu" para a Dra. Paula Manoel Crnkovic por seus incansáveis esforços no sentido de tornar este trabalho o melhor possível e por permitirem que uma fisioterapeuta aprendesse um pouco sobre a análise térmica.

*“Dai-me Senhor, a perseverança das ondas
do mar, que fazem em cada recuo um ponto de partida para um novo avanço”.*

Gabriela Mustrol

RESUMO

LAURENTI, Karen Cristina (2007). *Avaliação da Presença de Gordura em Tecido Muscular usando DTA e TG*. 83p. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Um dos principais fatores da qualidade de vida está relacionado a uma alimentação saudável. Uma alimentação saudável deve ser composta de uma série de nutrientes que sejam essenciais para o crescimento e para a manutenção dos tecidos e órgãos. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a presença de gordura intramuscular empregando-se a termogravimetria (TG) e análise térmica diferencial (DTA). Os testes preliminares por TG e DTA foram realizados em músculos de coelho, porco, frango, peixe e boi e suas respectivas gorduras. Realizaram-se experimentos com ratas, submetidas a uma dieta enriquecida com 20% de gorduras (grupo experimental) e dieta com 3,85% de gordura (grupo controle) e verificou-se por análises clínicas do sangue (grupo experimental: colesterol $77,75 \pm 5,90$ e triglicérides $110,25 \pm 29,95$ e grupo controle: $69,43 \pm 10,40$ e triglicérides $103,71 \pm 54,96$), poder calorífico do músculo quadríceps (grupo experimental $5615,2 \pm 576,60$ e grupo controle $5367 \pm 190,15$) e análise térmica diferencial que não houve alterações devido à dieta experimental. Na terceira etapa deste trabalho, utilizaram-se amostras de músculo de boi *vastus medialis* e gordura bovina pura do músculo (*vastus medialis*) empregando-se testes termogravimétricos. Na quarta etapa, compararam-se músculos de boi, porco e frango. A termogravimetria (TG) permitiu diferenciar e quantificar as regiões de perda de água, decomposição de colágeno e decomposição da gordura em músculos. Os eventos de perda de água, degradação do colágeno e decomposição da gordura apresentaram-se entre 26 e 200°C, 200 e 390°C e 400 e 480°C respectivamente. Conclui-se que os diferentes tipos de músculos apresentaram comportamento térmico semelhantes, porém, por esta metodologia não foi possível observar a gordura intramuscular.

Palavras-Chave: Termogravimetria, Análise Térmica Diferencial, Tecido Gorduroso.

ABSTRACT

LAURENTI, Karen Cristina (2007). *Assessment of Fat in Muscle Tissue using DTA and TG* 83p. Programa de Pós-Graduação de Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

One of the key factors associated to life quality is related to healthy alimentation. Well balanced and healthy nourishment should be made up of a series of nutrients essential to growth and sustenance of tissues and organs. Thus, the objective of the present work is to assess the presence of intramuscular fat by means of Thermogravimetry (TG) and Differential Thermal Analysis (DTA). The preliminary tests by TG and DTA were performed in the muscles of rabbits, pigs, chickens, fish and cows and their respective fat contents. Experiments were carried out on rats subjected to a diet enriched with 20% fat (experimental group) and a diet with 3,85% fat (control group) and was verified by clinical blood analyses (experimental group: cholesterol $77,75 \pm 5,90$ and triglyceride $110,25 \pm 29,95$ and the control group: cholesterol $69,43 \pm 10,40$ and triglyceride $103,71 \pm 54,96$) the calorific value of quadriceps muscles ($5615,2 \pm 576,60$ for experimental group and $5367 \pm 190,15$ for control group) and by differential thermal analysis that there was no alterations due to the experimental diet. The third phase of this study used samples of cow muscle *vastus medialis* and pure bovine fat from the muscle (*vastus medialis*) applying thermogravimetric tests. The fourth phase compared cow, pig and chicken muscles. Thermogravimetry (TG) enabled to differentiate and quantify the regions of water loss, collagen decomposition and fat decomposition in muscles. The events of water loss, collagen degradation and fat decomposition are at 26 and 200°C, 200 and 390°C and at 400 and 480°C, respectively. It was concluded that the different types of muscles presented similar thermal behavior; therefore, by this methodology it was not possible to observe intramuscular fat.

Keywords: *Thermogravimetry, Differential Thermal Analysis, Fatty Tissue.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curvas TG em atmosfera de nitrogênio de óleos de a) pacu prateado, b) pacu manteiga, c) piranha caju, d) aruanã e e) tucunaré (GARCIA et al., 2004).....	26
Figura 2: Curva de aquecimento: a) quando não houve nenhum evento térmico; b) processo exotérmico; c) igual a b; d) processo endotérmico; e) igual a d, sendo sistema térmico diferencial (Bernal et al., 2002).....	31
Figura 3: Curva Típica de DTA (Mothé e Azevedo, 2002).	32
Figura 4: Vista frontal da balança analítica para pesagem de amostras.....	34
Figura 5: (a) vista frontal e (b) vista lateral da balança Termogravimétrica Shimadzu TGA-51.	35
Figura 6: Sistema Termogravimétrico com aquisição de dados (modificado de CRNKOVIC, 2003).....	35
Figura 7: (a) vista frontal e (b) vista lateral do Analisador Térmico Diferencial – Shimadzu DTA 50.....	36
Figura 8: Calorímetro IKA C2000 (LEIVA, 2005).....	36
Figura 9: Suporte de amostra de alumínio.	37
Figura 10: Amostras de músculo (1), gordura pura (2) e músculo+gordura (3).	38
Figura 11: Gaiola de polipropileno com tampa metálica utilizada no experimento.	38
Figura 12: Curva TG (-) e DTG (-) representativa em função da Temperatura para amostra do músculo+gordura (patinho).....	42
Figura 13: Curvas TG de quadríceps (-) e gordura de coelho (-).	45
Figura 14: Curva DTA para quadríceps (-) e gordura de coelho (-).	46
Figura 15: Curva TG para peito de frango (-) e gordura de frango (-).....	46
Figura 16: Curva DTA para peito de frango (-) e gordura de frango (-).....	47
Figura 17: Curvas TG de lombo (-) e gordura suína (-).....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 18: Curva DTA para lombo (-) e gordura suína (-).	48
Figura 19: Curva TG para músculo dorsal (-) e gordura de peixe (-)	49
Figura 20: Curva DTA para músculo dorsal (-) e gordura de peixe (-).	49
Figura 21: Curva TG para patinho (-) e gordura bovina (-).	50
Figura 22: Curva DTA patinho (-) e gordura bovina (-).	51
Figura 23: Curvas TG dos músculos de coelho (-), porco (-), frango (-), peixe (-) e boi (-)	52
Figura 24: Curvas DTA de carnes de coxa de coelho (-), peito de frango (-), lombo de porco (-), peixe (-) e patinho bovino (-).	52
Figura 25: Curvas TG de diferentes gorduras animais: quadríceps de coelho (-), peito de frango (-), lombo de porco (-), peixe (-) e patinho bovino (-).	53
Figura 26: Curvas DTA de gorduras de quadríceps (-), peito de frango (-), lombo de porco (-), peixe (-) e patinho bovino (-).	54
Figura 27: Curvas DTA para rata do grupo controle (-) e rata do grupo experimental (-).	59
Figura 28: Curva de DTA de patinho bovino (-), gordura (-) e músculo + gordura (-) com variação de massa.	60
Figura 29: Curvas TG para patinho bovino (-), gordura (-) e gordura+músculo (-).	60
Figura 30: Curvas TG para diferentes músculos: cupim (-), lagarto (-), miolo de paleta (-), coxão-duro (-), picanha (-), ponta de peito (-), costela de boi (-) e gordura bovina (-).	62
Figura 31: Curva TG e DTG da carne coxão duro.	63
Figura 32: Curva TG para peito de frango (-).	63
Figura 33: Curva TG (-) e DTG para peito de frango (-).	64
Figura 34: Curvas TG para carnes de porco como lombo (-) e costela (-)	65
Figura 35: Curvas TG (-) e DTG (-) do lombo de porco.	65
Figura 36: Curvas TG de carnes: boi (coxão duro) (-), porco (lombo) (-) e frango (peito	

LISTA DE FIGURAS

de frango) (-).....	66
---------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química (g/100g) e conteúdo energético (Kcal/100g) médio da carne magra, crua e da gordura de alguns animais de abate (Modificado de Roça, 2006).	16
Tabela 2: Composição química (g/100g) e conteúdo energético (Kcal/100g) médio de alguns alimentos preparados (ROÇA, 2006).	17
Tabela 3: Composição em ácidos graxos e triacilgliceróis em depósitos de gordura subcutânea (em % do total de ácidos graxos ou % de triacilgliceróis (ROÇA, 2006).	19
Tabela 4: Ponto de fusão dos ácidos graxos integrantes das gorduras (PARDI et al., 2001).	20
Tabela 5: Comparação da presença de ácidos graxos nas vísceras comestíveis de bovino e suíno e a presença nos rins, coração e língua de bovino (PARDI et al. 2001).	20
Tabela 6: Parâmetro medido e técnica relacionada de análise térmica	29
Tabela 7: Composição da ração das ratas do grupo experimental.	40
Tabela 8 : Massa das amostras utilizadas nos experimentos TG e DTA.	41
Tabela 9: Ganho de peso das ratas mediante alimentação com ração acrescida de 20% de gordura (grupo experimental) e 3,85% (grupo controle) respectivamente em um período de 35 dias.	55
Tabela 10: Análises Clínicas do sangue (Colesterol e Triglicérides) das amostras do grupo controle (C) e do grupo experimental (E).	56
Tabela 11: Poder calorífico do músculo quadríceps da perna direita do grupo controle (C) e experimental (E).	58
Tabela 12: Perda de massa referente à etapa de decomposição das amostras: gordura, músculo e músculo mais gordura.	61

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	14
1.1. Introdução	14
1.2. Objetivos	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1. Técnicas básicas utilizadas.....	28
3.2. Termogravimetria (TG).....	29
3.3. Análise Térmica Diferencial (DTA).....	30
3.4. calorimetria.....	32
3.5. Materiais.....	34
3.5.1. Gases	34
3.5.2. Equipamentos Utilizados.....	34
3.6. Escolha das Amostras de Músculos para os testes.....	37
3.6.1. Criação das Ratas	38
3.7. Preparo da ração das ratas.....	40
3.8. Condições Experimentais nos Testes DTA e TG Preliminares.....	40
3.9. Condições Experimentais nos Testes com Ratas.....	40
3.10. Condições Experimentais nos Testes TG e DTA para Músculo e gordura bovina.....	41
3.11. Análises TG e DTA para diferentes tipos de Músculos.....	42
3.12. Nomenclatura dos Músculos	43
3.13. Análise Estatística	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Testes Preliminares em TG e DTA	44

4.2. Avaliação das Ratas Criadas em Biotério	54
4.2.1. Testes DTA com Ratas	58
4.3. Análise TG e DTA Músculo e Gordura Bovina	59
4.4 Curvas TG de Diferentes Músculos (Boi, Porco e Frango)	61
5. CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	73

Capítulo 1

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores da qualidade de vida atualmente está relacionado a uma alimentação saudável. Desta forma, muitos pesquisadores vêm dedicando muito esforço em determinar como deve ser uma alimentação saudável (DOMENE, 2002).

Uma alimentação saudável deve ser composta de fontes de nutrientes variadas e fibras dietéticas em proporções adequadas. Nutrientes como proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais, são essenciais ao crescimento e manutenção de tecidos e órgãos. As fibras por sua vez, apesar de serem importantes no processo de absorção de água e no trânsito intestinal, diminuindo a assimilação de lipídios, não possuem valor nutritivo e não são assimiladas pelo organismo (FELÍCIO, 2006).

FELÍCIO (2006) descreve a carne como um alimento que não possui fibras dietéticas (encontradas em grãos, frutas e hortaliças), pobre em carboidratos (podendo ser constituída de polissacarídeo como o glicogênio e monossacarídeos tais como glicose e frutose), porém é um alimento nutricionalmente rico devido a quantidade de proteínas completas (presença de todos os aminoácidos como fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano, valina (PARDI et al., 2001), associada a um baixo poder calorífico (15-20g de proteínas por 100 Kcal em carne magra grelhada), além de constituir uma excelente fonte de lipídios essenciais, vitaminas A, C, D, E, K e principalmente as do complexo B (tiamina, riboflavina, nicotinamida, piridoxina, ácido pantotênico, ácido fólico, cobalamina e biotina) e de

oligoelementos como o ferro e zinco em uma forma que é perfeitamente assimilável pelo organismo.

De acordo com LAWRIE (1974), entende-se como carne a matéria dos animais utilizados como alimentos. Todavia, essa é uma definição muito abrangente, envolvendo tanto a musculatura, gordura, bem como órgãos como fígado, rins, cérebro e outros. A grosso modo, pode-se limitar a definição de carnes para o tecido muscular entremeado de gordura, proveniente dos animais. Mesmo após a morte do animal, a musculatura permanece “viva”, sendo a que só após um conjunto de reações bioquímicas e biofísicas é que o músculo se transforma em carne (EMBRAPA¹).

A composição química da carne depende das proporções relativas entre os diversos tipos de tecidos. A água é o maior constituinte de todos os músculos utilizados como alimento e, em relação à proporção relativa, pode-se afirmar que a sua quantidade varia inversamente ao conteúdo de gordura (MORAN JR, 1996).

A Tabela 1 ilustra a pequena diferença encontrada na composição química e o conteúdo energético da carne magra dos diferentes animais para abate.

¹ EMBRAPA (Sudeste) – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Tabela 1: Composição química (g/100g) e conteúdo energético (Kcal/100g) médio da carne magra, crua e da gordura de alguns animais de abate (Modificado de Roça, 2006).

Carnes	Água	Proteína	Gordura	Minerais	Cont. energético
Suína	75,1	22,8	1,2	1,0	112
Bovina	75,0	22,3	1,8	1,2	116
Vitelo	76,4	21,3	0,8	1,2	98
Cervo	75,7	21,4	1,3	1,2	103
Frango – peito	75,0	22,8	0,9	1,2	105
Frango – Coxa	74,7	20,6	3,1	-	116
Peru – peito	73,7	24,1	1,0	-	112
Peru – coxa	74,7	20,5	3,6	-	120
Pato	73,8	18,3	6,0	-	132
Ganso	68,3	22,8	7,1	-	161
Coelho	70	21	7		160
Gordura de suíno	7,7	2,9	88,7	0,7	812
Gordura de bovino	4,0	1,5	94,0	0,1	854
Coelho	70	21	7	-	160

A água é o maior constituinte, e sua proporção é inversamente proporcional ao conteúdo de gordura. Divide-se em duas categorias: água livre e água ligada. O total de água da carne é importante em todos os processamentos que a carne pode sofrer, como resfriamento, congelamento, salga, cura, enlatamento, entre outros. Quanto maior o teor de água ligada, maior é a capacidade de retenção de água (WHC – water holding capacity) do tecido muscular. A capacidade de retenção de água está relacionada com as perdas durante o processamento, principalmente cozimento, e com a estabilidade dos produtos emulsionados (PRATA e FUKUDA, 2001).

Durante o ciclo pós-morte do músculo o pH decresce até o ponto isoelétrico das proteínas, ao redor de 5,5. Nesse pH as proteínas da carne apresentam carga neutra, isto é, estão ocupadas, sendo portanto mínima a capacidade de retenção de água pela liberação de cargas das proteínas

(PRATA, 2001).

O preparo culinário de carnes cozidas ou assadas provocam a perda de água, porém, aumenta a fração percentual do teor de gordura e proteínas como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Composição química (g/100g) e conteúdo energético (Kcal/100g) médio de alguns alimentos preparados (ROÇA, 2006).

Alimentos	Água	Proteínas	Gordura	Cont. energético
Carne bovina magra, assada	58,4	30,4	9,2	213
Carne suína magra, assada	59,0	27,0	13,0	233
Carne de cordeiro magra, assada	60,9	28,5	9,5	207
Carne de vitelo magra, assada	61,7	31,4	5,6	184
Queijo edam	42,0	24,8	28,3	369
Ovo cozido	74,6	12,1	11,2	158
Leite pasteurizado	87,6	3,2	3,5	63
Pão de centeio	38,5	6,4	1,0	239

A determinação de gordura da carne é motivada pelo receio sobre a possibilidade de desenvolvimento ao agravamento de doenças coronarianas. Na carne estão presentes também substâncias indesejáveis, como o colesterol e as purinas, cujos consumos, em elevadas concentrações devem ser evitados (ROÇA, 2006).

Alimentos ricos em gorduras saturadas e colesterol são apontados por Domene (2002) como possíveis causadores das doenças cardiovasculares, tidas como as doenças crônicas com maior número de mortes.

O colesterol é uma substância encontrada na membrana celular de toda célula animal. A carne magra possui, em média 70 mg de colesterol por 100g de carne crua. As vísceras apresentam elevados teores de colesterol. Os teores médios de colesterol da carne bovina e suína são de 70 mg/100g e a carne de ave é cerca de 75 mg/100g (ROÇA, 2006). Por outro lado, o colesterol é um composto necessário para o organismo e é envolvido com a síntese de hormônios e sais biliares. Contudo, a elevação dos níveis de colesterol é

preocupante, pois está demonstrada a sua associação com doenças crônicas da circulação, como aterosclerose (ÁGUILA e LACERDA, 2001).

Na carne também podem ser encontradas substâncias como as purinas. As purinas são pouco solúveis em água em pH neutro, sendo o ácido úrico o principal metabólito de sua degradação. Altas concentrações de ácido úrico, devido à degradação podem ocasionar a hiperuricemia. As funções da purina, além de terem participação na síntese de DNA (ácido desoxirribonucléico) e RNA (ácido ribonucléico), são constituintes essenciais de várias moléculas como o ATP (adenosina trifosfato), GTP (guanosina trifosfato), AMPc (adenosina monofosfato cíclico), NADH (nicotinamida adenina dinucleotídeo) e Coenzima A².

A carne tem sido classificada como um alimento rico em gorduras. Os ácidos graxos encontram-se armazenado no tecido animal de quatro modos: extracelular, constituída dos depósitos de tecido adiposo subcutâneo e demais depósitos no organismo animal; a intermuscular: entre os músculos; a intramuscular que faz parte do tecido que constitui os músculos sob a forma de fibras muito finas no tecido muscular. Os diversos tipos de gordura citados acima estão intercalados no tecido conjuntivo (PARDI et al., 2001).

Os ácidos graxos saturados são destituídos de qualquer dupla ligação em suas moléculas e ácidos graxos insaturados são constituídos de uma, duas ou várias ligações duplas em suas moléculas. Os ácidos graxos também são classificados como essenciais e não-essenciais. Os ácidos graxos não-essenciais são sintetizados pelo organismo e representados pelos saturados e monoinsaturados. Os ácidos graxos essenciais devem ser fornecidos pela dieta como o ácido linoléico e ácido linolênico que são necessários para a manutenção das estruturas celulares, para as funções normais de todos os tecidos e são partes integrantes das membranas celulares na qual une-se às moléculas que contêm fósforo na sua composição (fosfolípidos). O resultado dessa união confere as membranas permeabilidade, permitindo a passagem de nutrientes entre o meio intra e extracelular. A composição dos ácidos graxos e triacilgliceróis em depósitos de gordura subcutânea em músculos de frango,

² Disponível em: www.wikipedia.org/wiki/Purina. Acesso em: 02 agosto 2007.

suíno, bovino e ovino³ estão ilustradas na Tabela 3.

Tabela 3: Composição em ácidos graxos e triacilgliceróis em depósitos de gordura subcutânea (em % do total de ácidos graxos ou % de triacilgliceróis (ROÇA, 2006).

Componente	Frango	Suíno	Bovino	Ovino
Ácidos graxos				
Láurico	-	traços	0.1	0.1
Mirístico	0.1	1.3	4.5	3.2
Palmítico – C16	25.6	28.3	27.4	28.0
Esteárico – C18	0.7	11.9	21.1	24.8
Saturados Totais				
Palmítico – C16:1 (ω7)	7.0	2.7	2.0	1.3
Oléico – C18:1(ω9)	20.4	47.5	41.6	36.4
Linoleico – C18:2 (ω6)	-	0.2	0.4	0.5
Linolênico – C18:3 (ω3)	21.3	6.0	1.8	3.5
Insaturados Totais				
Triacilgliceróis				
Totalmente saturados				
Tripalmitina		1	3	Traços
Dipalmitoestearina		2	8	3
Palmitodiestearina		2	6	2
Mono-oleo-dissaturados				
Oleodipalmitina		5	15	13
Oleopalmitoestearina		27	32	28
Oleodiestearina		-	2	1
Di-oleo-monossaturados				
Palmitodioleína		53	23	46
Estearodioleína		7	11	7
Trioleína		3	0	0

Para que se possa avaliar a participação dos ácidos graxos nas

³ Disponível em: www.azeite.com.br. Acesso em: 09 julho 2007.

gorduras, observa-se o ponto de fusão de cada um deles na Tabela 4. Tais valores irão influenciar no ponto de fusão das diversas gorduras que sofrem variações não somente nas diversas espécies animais como, também, dentro de cada espécie, conforme a localização anatômica, a idade, o sexo, a raça, o clima do local de criação, tipo de alimentação e tipo de confinamento (regime de pasto e regime de estabulação) (PARDI et al. 2001).

Tabela 4: Ponto de fusão dos ácidos graxos integrantes das gorduras (PARDI et al., 2001).

Ácidos graxos saturados		Ácidos graxos insaturados	
Ácido	Ponto de Fusão °C	Ácido	Ponto de Fusão °C
Burítico	-8,0	Palmitoléico	13,0
Capróico	-3,4	Oléico	39,0
Caprílico	16,4	Vaccênio	-5,0 a -5,2
Cáprico	31,6	Linoléico	-11,0 a -11,3
Láurico	44,2	Linolênico	-49,5
Mirístico	54,4	Araquidônico	-1,0
Palmítico	62,6		
Esteárico	69,9		
Araquídico	75,4		
Behênico	83,0		

A literatura cita diferenças na quantidade dos componentes em ácidos graxos dos bovinos que nos suínos. Do mesmo modo, acentua a possibilidade do conteúdo de ácidos graxos do fígado ser influenciado pela alimentação dirigida, através do uso de determinados alimentos (PARDI et al., 2001). A Tabela 5 mostra as comparações da presença de ácidos graxos nas vísceras de boi e porco.

Tabela 5: Comparação da presença de ácidos graxos nas vísceras comestíveis de bovino e suíno e a presença nos rins, coração e língua de bovino (PARDI et al. 2001).

Órgão	Ácidos graxos saturados			Ácidos graxos insaturados				Dosoxihexaênico (C _{22:6})
	Mirístico	Palmítico	Esteárico	Oléico	Palmitoléico	Linólico	Araquidônico	
Fígado bovino	< 1,0	12,7	33,9	33,9	1,0	11,2	7,3	6,3
Fígado suíno	< 1,0	21,2	26,4	26,4	0,9	13,0	12,0	<1,0
Rim de bovino	< 1,0	16,8	18,6	18,6	1,3	18,6	13,8	< 1,0
Coração de bovino	< 1,0	13,0	13,0	16,8	1,0	25,3	11,1	< 1,0
Língua de bovino	3,7	28,0	28,0	10,8	3,4	3,6	2,0	< 1,0

Na Tabela 5, o ácido linólico comparece em maior quantidade no coração e nos rins dos bovinos do que nos suínos, enquanto o ácido aracdônico predomina nos rins dos bovinos. Na gordura presente no fígado, enquanto o ácido palmítico é mais acentuado na gordura de suínos, predominando nesta também o ácido oléico, o ácido esteárico é mais presente no fígado de bovinos (PARDI et al. 2001).

As graxas de bovinos possuem maior proporção de ácidos graxos saturados, enquanto que em suínos e aves predomina os ácidos insaturados (ROÇA, 2006).

As gorduras inter e intramusculares, ou gorduras inter ou intrafibrilares caracterizam o marmóreo da carne, também chamado “gordura entreverada”, é desejável na carne, desde que não haja em excesso. Contribui para a suculência, firmeza e sabor da carne (ROÇA, 2006; PARDI et al. 2001).

O consumo moderado de carne bovina é recomendável para a dieta de crianças, adultos e idosos. Estudos comprovam até mesmo que pode ser de algum benefício para a prevenção de doenças crônicas típicas de idosos, como o mal de Alzheimer (DOMENE, 2002).

As mudanças na dieta no consumo de pequena ou nenhuma quantidade de carne podem trazer implicações importantes para o estado nutricional, especialmente no que se refere ao fornecimento de proteínas e oligoelemento ferro, e devem ser combatidas (STOCKDALE, 2002).

São descritas na literatura várias técnicas utilizadas na avaliação dos componentes da carne como, por exemplo, o ultra-som (GHAEDIAN *et al.*, 1997, pesquisaram as propriedades do ultra-som na composição na carne de peixe; MÖRLEIN *et al.*, 2005 investigaram o uso dos parâmetros acústicos obtidos pela análise espectral de sinais do eco do ultra-som em gordura intramuscular de músculo de porco) e análise térmica (AMAKO e XIONG, 2000 estudaram por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) a estabilidade térmica da carne de frango e de proteínas miofibrilares; TORNBERG, 2005, pesquisou as transições térmicas do músculo; POSPIECH *et al.*, 2001, investigaram por DSC as propriedades térmicas da proteína *tintin*; BRUNTON

et al., 2005, estudaram as propriedades dielétricas de músculo de boi; GARCIA *et al.*, 2004, avaliaram a estabilidade térmica de óleos de cinco espécies de peixes; FARIA *et al.*, 2002, avaliaram por termogravimetria (TG), termogravimetria derivada (DTG), análise térmica diferencial (DTA) a estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais; SASAKI *et al.*, 2006, utilizaram DSC para determinar o ponto de fusão em tecido subcutâneo, intermuscular e tecido adiposo do rim de porco e SZÁBO *et al.*, 2006), investigaram por DSC a desnaturação térmica de amostras de músculos de coelhos).

No presente trabalho avaliou-se a quantidade de gordura entre as fibras musculares por meio das técnicas termoanalíticas: Termogravimetria (TG) e Análise Térmica Diferencial (DTA). Baseou-se principalmente no trabalho de Garcia *et al.*, (2004), em que se avaliou a estabilidade térmica de gordura animal.

A termogravimetria (TG) é definida como: a técnica na qual a massa de uma substância é medida em função da temperatura, enquanto a substância é submetida a uma variação controlada de temperatura (WENDLAND, 1988; 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 e resfriamento (BERNAL *et al.*, 2002; WENDLANDT, 1988).

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo geral, observar o comportamento térmico da gordura intramuscular em músculos de diferentes animais empregando-se análise térmica diferencial (DTA) e termogravimetria (TG). Apresentam-se testes preliminares para a determinação das regiões de perda de massa associadas à degradação de gorduras e músculos. Estes testes foram feitos com gordura bovina e músculos de diversas procedências (coelho, rata, boi, porco, peixe e frango).

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliar a presença de gordura intramuscular nos músculos de diferentes animais.
- Identificar a presença de picos endotérmicos e exotérmicos nas diferentes amostras de carnes caracterizando as regiões de fusão e degradação da gordura;
- Avaliar o impacto de uma dieta enriquecida com gordura e comparar os valores de colesterol e triglicérides nos grupos controle e experimental;
- Determinar o poder calorífico de amostras de músculos das ratas do grupo controle e experimental;
- Empregar a termogravimetria para determinar as frações de água e gordura presentes nas diferentes amostras de músculos.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos anos foram realizados muitas pesquisas com o objetivo de analisar a qualidade de alimentos.

A composição dos materiais pode ser determinada através das variações de suas propriedades termodinâmicas (ROOS, 1995). A Termogravimetria e a Análise Térmica Diferencial são duas das técnicas mais utilizadas na análise térmica. Tais técnicas como a análise térmica diferencial ou calorimetria exploratória diferencial fornecem informações quantitativas e qualitativas sobre processos endotérmicos e exotérmicos associados a variações químicas e físicas, ou a variações na capacidade calorífica (COLEMAN e CRAIG, 1996). A termogravimentria se reporta à perda de massa da amostra ou material analisado.

AMAKO e XIONG (2000) estudaram por Calorimetria exploratória diferencial (DSC) a estabilidade térmica da carne de frango e proteínas miofibrilares misturadas com três tipos de polissacarídeos em duas diferentes concentrações de NaCl. Esses polissacarídeos são usados nas indústrias alimentícias para manter as boas condições para comercialização de carnes. O estudo térmico foi feito no intervalo de 25-100°C e com razão de aquecimento de 10°C/min. Normalmente 3 transições características são observados em músculos não tratados da coxa e peito: miosina (63,3; 62,2°C) proteína sarcoplasmática (67,7; 68,6°C) e actina (78,3; 81,4°C). Este estudo revelou um efeito insignificante destes polissacarídeos em proteínas musculares de frango livres de sal.

TORNBERG (2005) observou que as transições térmicas do músculo ocorrem em 3 etapas. A primeira transição ocorre entre 54 e 58°C e pode ser

designada a proteína miosina (proteína muscular de ação enzimática fornece energia para a contração muscular). A segunda transição ocorre entre 65 e 67°C sendo atribuído ao colágeno (proteína fibrosa, constituinte principal do tecido conjuntivo) e proteínas sarcoplasmáticas. A terceira transição pode ser designada para a actina (proteína contráctil do músculo) e ocorre entre 80 e 83°C.

POSPIECH *et al.*, (2001) investigaram por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) as propriedades térmicas da proteína *tintin* isolada de músculo *Longissimus dorsi* de porco e boi. Um pico único com temperatura média entre 75,6 e 78,4°C caracterizados para a desnaturação de *tintin* de porco e boi, respectivamente. Os valores de entalpia da desnaturação de *tintin* (1,6 - 2,6 J/g) correspondem a aproximadamente metade do valor total de entalpia do músculo e também inferior que o determinado previamente para a miosina, actina ou colágeno. Os autores sugerem que a temperatura de desnaturação do *tintin* pode ser parcialmente responsável pelo amolecimento da carne quando o tecido muscular é aquecido acima de 60°C.

BRUNTON *et al.* (2005) estudaram as propriedades dielétricas de músculo de boi (*bíceps femoris*) durante o aquecimento de 5 – 85°C para avaliar as ligações nas mudanças de fases por DSC e reologia⁴. As temperaturas entre 56 e 81°C por DSC correspondem à desnaturação da actina, colágeno e miosina. A principal observação em constante dielétrica aumentou em 65 e 66°C, embora, provavelmente devido à liberação do fluído ocorrido na desnaturação do colágeno. O líquido da desnaturação do colágeno mais o líquido de desnaturação da miosina são provavelmente devido à liberação da maioria dos íons durante a desnaturação da miosina. No entanto, deve ser notado que a estrutura de desnaturação da proteína da carne está relacionada com o encolhimento físico que também pode influenciar as propriedades dielétricas. Os parâmetros reológicos do músculo aquecido em 5 – 85°C indicam mudanças que se relacionam com a estrutura de desnaturação de proteínas.

⁴ É o ramo da física que estuda a viscosidade, plasticidade, elasticidade e o escoamento da matéria. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Reologia> - acesso em 30 de novembro de 2006.

GARCIA et al. (2004) avaliaram a estabilidade térmica de óleos de cinco espécies de peixes do rio Araguaia (Goiás-Brasil) por TG. Os peixes estudados foram das espécies *Cichla ocellaris* (tucunaré), *Metynnis hypsaurchen* (pacu prateado), *Mylossomus duriventris* (pacu manteiga), *Osteoglossum bicirrhosum* (aruanã) e *Pygocentrus nattereri* (piranha-caju). As condições experimentais foram: razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, intervalo de temperatura de 25 a 600°C e atmosfera de nitrogênio com vazão de 50 mL min^{-1} . Retiraram-se os filés de três peixes de cada espécie. Os filés foram triturados usando um liquidificador e, então, pesou-se 50g do tecido triturado. Em seguida, a massa foi transferida para uma cápsula de porcelana e levada para aquecimento em estufa a uma temperatura de 100°C até a obtenção de uma massa constante (período de aproximadamente 8 horas). O tecido seco foi transferido para um erlenmeyer de 500 mL, onde adicionou-se 10g de sulfato de sódio anidro e 200 mL de hexano, agitando-se por uma hora. Logo após, foram realizadas a filtração e evaporação do solvente em rotaevaporador. Os resultados obtidos por termogravimetria mostraram que o comportamento térmico dos óleos de peixes assemelha-se ao comportamento térmico observado para óleos vegetais, tais como, os óleos de araticum, buriti e dendê. Os autores concluíram que as curvas TG dos óleos de peixes analisados apresentaram-se semelhantes com perda de massa entre 290 e 490°C relativos à decomposição e volatilização como mostra a Figura 1.

Figura 1: Curvas TG em atmosfera de nitrogênio de óleos de a) pacu prateado, b) pacu manteiga, c) piranha caju, d) aruanã e e) tucunaré (GARCIA et al., 2004).

FARIA et al. (2002) avaliaram por TG/DTG e DTA a estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais extraídos de sementes de plantas do Cerrado como araticum (*Anona classiflora* Mart.), babaçu (*Orbignya oleifera* Burret.), buriti (*Mauritia flexuosa* Linn. F.), guariroba (*Syagrus olearacea* Mart. Becc.) e murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich). Utilizaram uma faixa de temperatura entre 30 e 650°C, atmosfera de nitrogênio (100mL min⁻¹) e razão de aquecimento de 10°C min⁻¹. Os resultados obtidos evidenciaram o comportamento térmico dos óleos brutos analisados. Observaram um patamar de estabilidade térmica dos óleos entre 180 e 321°C, e o processo de decomposição térmica segundo a curva TG, ocorreu em uma única etapa, finalizando-se entre 433 e 478°C. Estes métodos possibilitaram a determinação da estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais, como controle de qualidade e suas viabilidades industriais, pois os óleos analisados apresentaram a seguinte ordem crescente de estabilidade: babaçu, murici, guariroba, araticum e buriti.

SASAKI et al. (2006) utilizaram DSC para determinar o ponto de fusão em tecido subcutâneo, intermuscular e tecido adiposo do rim de porco. Para estes testes foi utilizada uma razão de aquecimento 5°C/min⁻¹, na faixa de temperatura de 4 a 90°C. O ponto de fusão para o tecido adiposo bem como a gordura extraída dos tecidos por clorofórmio-metanol foi originada usando DSC. Os principais picos das curvas DSC são similares entre os tipos de tecido adiposo mas as temperaturas do pico de aquecimento e conclusão diferiram entre os tipos de tecido adiposo. A aparência visual das amostras de gordura mostra que o principal pico da curva DSC corresponde para a fase de transição da gordura. A técnica pode ser usada devido à simplicidade do método e a similaridade na determinação das curvas DSC entre níveis de tecido e da gordura extraída.

SZABÓ et al. (2006) investigaram por DSC a desnaturação térmica de amostras de músculos de coelhos. Na análise por DSC mostraram-se picos de transições nas temperaturas 52,2; 59,2 e 67,8°C para músculo saudável intacto: 53,5; 56,8 e 61,6°C para tendão e 52; 56,8 e 62,6°C para músculo desnervado. Pelos resultados, concluíram claramente por DSC que há diferenças definitivas presentes entre os músculos normais e tendões.

Capítulo 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. TÉCNICAS BÁSICAS UTILIZADAS

As técnicas básicas utilizadas neste trabalho são a Termogravimetria (TG) e a Análise Térmica Diferencial (DTA). MACKENZIE (1979) define a análise térmica como um grupo de técnicas nas qual uma propriedade física de uma substância ou seus produtos de reação é medida em função da temperatura enquanto a substância é submetida a uma variação controlada de temperatura.

Esta definição foi aceita pela Confederação Internacional de Análise Térmica (ICTA) em 1992. No Brasil, a ABRATEC (Associação Brasileira de Análise Térmica e Calorimetria) é responsável pela tradução dos termos técnicos em acordo com as instruções dadas pela ICTA.

Os métodos de análise térmica fornecem resultados na forma de curvas (chamadas de termogramas), nas quais contêm informações a respeito da variação do parâmetro medido.

A análise térmica é uma técnica destrutiva, com pouca necessidade de preparo de amostra e podem-se utilizar pequenas quantidades do material a ser analisado. A análise térmica não só implica na análise química e de composição, mas também é uma ferramenta para estudos de processos como catálise, corrosão, avaliação das propriedades térmicas e mecânicas (expansão térmica ou amolecimento), equilíbrio de fases e transformações e identificação qualitativa e quantitativa de substâncias gordurosas (MOTHÉ e AZEVEDO, 2002).

Na Tabela 6 estão indicados os parâmetros medidos e os instrumentos utilizados para as diferentes técnicas relacionadas com a análise térmica.

Tabela 6: Parâmetro medido e técnica relacionada de análise térmica (MOTHÉ e AZEVEDO, 2002).

Técnica	Abreviatura	Parâmetro Medido	Instrumento
Termogravimetria	TG	Variação de massa (Δm)	Termobalança
Análise Térmica Diferencial	DTA	Variação de temperatura (ΔT)	Célula de ATG
Calorimetria Exploratória Diferencial	DSC	Variação de Entalpia (dH/dt)	Calorímetro
Análise Mecânica Térmica	TMA	Variação do comprimento ou volume (ΔL)	Dilatômetro
Análise Mecânica-Dinâmica	DMA	Variação de Frequência (Δf)	Aparelho de DMTA
Determinação/Análise de Gás Envolvido	EGD/EGA	Condutividade Térmica	Célula de Condutividade Térmica
Análise de Volatilização Térmica	TVA	Volatilização Térmica	Aparelho de TVA

3.2. TERMOGRAVIMETRIA (TG)

A termogravimetria (TG) é definida como uma técnica na qual a variação da massa de uma substância é medida em função da temperatura (IONASHIRO e GIOLITO, 1980 e 1988).

Os fatores que afetam as curvas TG são: atmosfera do forno, composição do conteúdo da amostra, geometria do forno e do suporte de amostra, razão de aquecimento, registro e a sensibilidade do mecanismo de registro. As características da amostra são: condutividade térmica, empacotamento da amostra, natureza da amostra, quantidade de amostra, e tamanho da partícula (MOTHÉ e AZEVEDO, 2002).

3.3. ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (DTA)

A análise térmica diferencial (DTA) mede a diferença de temperatura entre a amostra e uma substância inerte (referência). Ambas são controladas por um único aquecedor e dois termopares acompanham as temperaturas de cada uma. A diferença de temperatura entre a amostra e a referência é registrada em função da temperatura, vindo daí o termo diferencial (IONASHIRO e GIOLITO, 1980).

Mudanças de temperaturas da amostra são ocasionadas pelas transições de fase ou reações entálpicas (endotérmicas ou exotérmicas). Geralmente transições de fase, desidratação, redução e algumas reações de decomposição produzem efeitos endotérmicos, enquanto que a cristalização, oxidação e algumas reações de decomposição, produzem efeitos exotérmicos (MOTHÉ e AZEVEDO, 2002).

As curvas de aquecimento indicam na Figura 2 (BERNAL et al, 2002) acompanham a variação na temperatura de uma amostra em função do tempo, enquanto a mesma é aquecida. Caso não ocorra nenhum fenômeno físico ou químico com a amostra observa-se uma reta para a variação de temperatura em relação ao tempo, como mostra na Figura 2a. Havendo liberação de calor (processo exotérmico) verifica-se um aumento na temperatura durante o processo, representada por uma inflexão da curva temperatura x tempo, como representada na Figura 2b. Para um processo com absorção de calor (endotérmico), observa-se à diminuição na temperatura da amostra e a inflexão na curva, representada pela Figura 2d.

Figura 2: Curva de aquecimento: a) quando não houve nenhum evento térmico; b) processo exotérmico; c) igual a b; d) processo endotérmico; e) igual a d, sendo sistema térmico diferencial (Bernal *et al.*, 2002).

A diferença de temperatura (ΔT) é dada pela temperatura da amostra (T_a) menos a temperatura de referência (T_r):

$$\Delta T = T_a - T_r \quad [1]$$

Assim, pela leitura das curvas obtidas na DTA pode-se convencionar que um processo exotérmico é representado por um pico para cima, Figura 2c; enquanto um processo endotérmico é representado por um pico para baixo, Figura 2e.

Para reprodutibilidade dos resultados experimentais em Análise Térmica, é importante reportar todos os parâmetros empregados tais como: características físicas da amostra, massa da amostra, suporte da amostra, gás de arraste, vazão do gás de arraste, razão de aquecimento e as características do equipamento utilizado.

Uma curva típica de DTA é ilustrada na Figura 3. Observam-se quatro tipos de transição: (I) Transição de segunda ordem (ex.: transição vítrea em

polímeros, temperatura de desnaturação em proteínas); (II) pico endotérmico agudo (ex.: fusão, ebulição e redução); (III) pico endotérmico largo (ex.: decomposição ou dissociação); (IV) pico exotérmico (ex.: mudança de fase cristalina, oxidação).

Figura 3: Curva Típica de DTA (Mothé e Azevedo, 2002).

Como a área do pico é proporcional à mudança de calor envolvido no processo, a técnica pode ser utilizada na identificação qualitativa e quantitativa de compostos orgânicos e inorgânicos. Também por esse motivo, a técnica é útil para determinações semiquantitativas do calor da reação (MOTHÉ e AZEVEDO, 2002).

3.4. CALORIMETRIA

A calorimetria é utilizada para estudar a energia química potencial acumulado nas substâncias. Uma das reações estudadas pela calorimetria é a combustão, onde um composto reage completamente com o oxigênio em excesso. As reações de combustão são estudadas utilizando-se bomba calorimétrica. A substância a ser analisada é colocada em um cadinho dentro de um recipiente lacrado chamado bomba. A bomba, resistente a altas temperaturas, tem como válvula de entrada por onde são adicionados oxigênio

e contatos elétricos para dar início à combustão. Após a colocação da amostra na bomba, ela é fechada e pressurizada com oxigênio. Em seguida é colocada no calorímetro, que é um recipiente isolado, e coberta com uma quantia de água medida de maneira precisa. Quando todos os componentes dentro do calorímetro alcançarem a mesma temperatura, inicia-se a reação de combustão com a passagem de uma corrente elétrica através de um fio fino em contato com a amostra. Quando o fio esquenta o suficiente, a amostra entra em combustão, e o calor liberado promoverá a elevação da temperatura no sistema calorimétrico.

Para calcular o calor da combustão a partir do aumento da temperatura medido na bomba calorimétrica, deve-se saber a capacidade calorífica do calorímetro, C_{cal} . Essa quantidade é determinada pela combustão de uma amostra que libera uma quantidade de calor conhecida e pela medida da variação de temperatura resultante. Para se calcular o valor o calor liberado na reação utiliza-se a equação:

$$q_r = -C_{cal} \times \Delta T \quad [2]$$

As reações em uma bomba calorimétrica são realizadas sob condições de volume constante, o calor transferido corresponde mais propriamente à variação da energia interna, ΔE , do que à variação de entalpia, ΔH (BROWN et al. 2005).

A medição do valor de combustão e poder calorífico estão de acordo com as normas DIN 51900, BS 1016 parte S 1077, ASTM D3286-91, ASTM 240-87, ASTM E711-87, ISO 1928-1976, ASTM D1989-91 E BSI⁵. Os testes foram feitos em triplicata e realizou-se a média desses valores.

⁵ Manual de Instrução IKA Sistema Calorimétrico C 5000 Control – IKA LABORTECHNIK.

3.5. MATERIAIS

3.5.1. GASES

Cilindro de gases especiais fornecidos pela White Martins padrão-primário: ar sintético (Composição: 20% de oxigênio e 80% de nitrogênio) e N₂.

3.5.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos e instrumentos utilizados neste trabalho são:

Balança Analítica

Balança analítica METTLER TOLEDO – modelo AG 245 (Figura 4)

Figura 4: Vista frontal da balança analítica para pesagem de amostras.

Balança Termogravimétrica

Analizador Termogravimétrico SHIMADZU – modelo TGA-51 (Figura 5).

(a)

(b)

Figura 5: (a) vista frontal e (b) vista lateral da balança Termogravimétrica Shimadzu TGA-51.

A Figura 6 refere-se ao esquema do módulo termogravimétrico, sistema de aquisição de dados e trajeto do gás de arraste até o forno da balança TG. Pelo sistema da balança flui apenas o gás de arraste que é 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 é devido à degradação ou volatilização sendo detectado pelo sistema da balança.

Figura 6: Sistema Termogravimétrico com aquisição de dados (modificado de CRNKOVIC, 2003).

Analizador Térmico Diferencial

Analizador Térmico Diferencial (DTA) SHIMADZU – modelo DTA-50 (Figura 7).

(a)

(b)

Figura 7: (a) vista frontal e (b) vista lateral do Analizador Térmico Diferencial – Shimadzu DTA 50.

Calorímetro IKA C 2000

Figura 8: Calorímetro IKA C2000 (LEIVA, 2005)

Sistema de Aquisição de Dados

Computador COMPAQ K6II 450 MHz com *hard disk* com 160 MB e *software* de interface TA-50WSI para o acoplamento da balança termogravimétrica (TG) e analisador térmico diferencial (DTA).

Porta-amostra

Foi utilizado porta-amostra de alumínio com dimensões: 6 Ø x 5 mm (Figura 9), por ser de custo relativamente baixo e disponibilidade para uso. Este material permite trabalhar até 600°C. O alumínio corresponde a esta necessidade, sendo que o seu ponto de fusão é 660,2°C (WENDLANT, 1988).

Figura 9: Suporte de amostra de alumínio.

3.6. ESCOLHA DAS AMOSTRAS DE MÚSCULOS PARA OS TESTES

Para este trabalho foram selecionados músculos de animais como: boi, coelho, porco, frango, ratas e peixe. Os testes foram feitos com músculo e gordura. A Figura 10 ilustra as partes das amostras coletadas para serem utilizadas: (1) músculo puro, (2) gordura pura e (3) músculo mais gordura.

Figura 10: Amostras de músculo (1), gordura pura (2) e músculo+gordura (3).

3.6.1. CRIAÇÃO DAS RATAS

Somente as ratas foram criadas em biotério durante um período de 35 dias e divididos em dois grupos (experimental e controle). Esse trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da USP – Ribeirão Preto, Parecer 024/2005 (ANEXO B).

Foram utilizadas neste experimento catorze ratas adultas da raça Wistar (*Rattus norvegicus*), fornecidas pelo Biotério Central da Unesp de Araraquara. Todas as ratas foram criadas no Biotério do Laboratório de Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos – USP – e tiveram acesso livre à água e ração durante o procedimento experimental. As gaiolas utilizadas foram as de polipropileno com tampa metálica, sendo mantidas duas ratas por gaiola. A Figura 11 mostra a gaiola onde as ratas foram alojadas.

Figura 11: Gaiola de polipropileno com tampa metálica utilizada no experimento.

A composição da ração foi balanceada seguindo as exigências da espécie em questão. Porém, como o intuito foi engorda das ratas, aumentou-se a quantidade de gordura, energia da ração, principalmente de componentes como milho e óleo. A composição da dieta está demonstrada na Tabela 7.

As ratas (6) que receberam a dieta nutricionalmente enriquecida com 20% de gordura este grupo foi denominado “grupo experimental” (E).

As demais ratas (5) que receberam uma dieta com ração própria para roedores MP77, marca Moinho Primor® S/A, com 3,85% de gordura foram denominadas por “grupo controle” (C). As ratas do grupo controle (C) e as ratas do grupo experimental (E) foram submetidas à eutanásia para estudar o efeito da alimentação no acúmulo de gorduras em músculos e sangue.

Para a realização do procedimento cirúrgico, o músculo selecionado foi o músculo quadríceps da perna traseira direita por apresentar localização anatômica estratégica e de fácil acesso cirúrgico.

O método de sedação profunda para o sacrifício das ratas, foi utilizado o Francotar (Cloridrato de Quetamina) 1g em 10 ml de veículo e Virbaxyl (Cloridrato de Xilazina) 0,2g em 10 ml de veículo. As marcas são de propriedades da Virbac do Brasil. As ratas foram sedadas com uma associação de 1:1, a via de administração foi intramuscular e para os procedimentos cirúrgicos utilizou-se 1,0 ml por quilograma de peso corpóreo. O peso médio das ratas apresentou em média 300 g, logo a superdosagem atendeu o objetivo: óbito sem dor ou desconforto para os animais.

Após a sedação profunda, os músculos foram retirados por meio de uma incisão longitudinal. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, lacrados e etiquetados.

Tabela 7: Composição da ração das ratas do grupo experimental.

Composição da ração	Quantidade (%)
Milho	27,0
Farelo de soja	30,7
Farelo de trigo	30,7
Óleo	7,7
Premix	3,9

3.7. PREPARO DA RAÇÃO DAS RATAS

Os ingredientes são colocados no misturador em funcionamento, primeiro o milho moído, ou o ingrediente de maior quantidade indicado na fórmula, depois o segundo ingrediente em quantidade e assim sucessivamente. A seguir, o Premix (cálcio, fósforo e sódio, além das vitaminas e micro-minerais) é adicionado ao núcleo previamente misturado com o milho. O tempo de mistura, após colocar todos os ingredientes, deve ser o indicado pelo fabricante do misturador (EMBRAPA-Sudeste⁶).

3.8. CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NOS TESTES DTA E TG PRELIMINARES

Na primeira etapa foram feitos testes preliminares empregando-se a DTA e TG com razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ desde a temperatura ambiente até 300°C . O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio com vazão de 50 e 100 mL min^{-1} . Os músculos utilizados foram: quadríceps (coelho), peito de frango (frango), lombo (porco), dorsal (peixe) e patinho (boi).

3.9. CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NOS TESTES COM RATAS

Na segunda etapa foram analisados os seguintes parâmetros: colesterol e triglicérides do sangue, poder calorífico e DTA em amostras de músculo quadríceps da perna traseira direita. Para os testes DTA utilizaram-se as mesmas condições experimentais descritas para os testes da primeira etapa.

⁶Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/nutricao.html>>

Acesso em 05 jul 2007.

Para as análises clínicas, coletaram-se amostras de 3 mL de sangue através da punção cardíaca. Nestes testes foi possível avaliar o aumento de colesterol e triglicérides no sangue das ratas, devido à dieta proposta. A análise de sangue só foi possível com nove ratas, pois nas demais, a quantidade de sangue coletada, foi insuficiente. Essas amostras foram levadas para o laboratório de Análises Clínicas Deltha⁷, e os resultados em duplicata de colesterol e triglicérides foram realizados nos soros das ratas utilizando-se o equipamento Seletra, modelo Selectra II e marca Bayer®.

3.10. CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NOS TESTES TG E DTA PARA MÚSCULO E GORDURA BOVINA

Na terceira etapa deste trabalho utilizaram-se amostras de músculo patinho e gordura bovina. Os gases de arraste empregados foram nitrogênio (atmosfera inerte) e ar com vazão de 50 mL min⁻¹ e razão de aquecimento de 10°C min⁻¹ até a temperatura de 600°C. As amostras foram colhidas com Punch de 5 mm.

As massas utilizadas nos testes TG e DTA em amostras de músculo patinho e gordura bovina estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 : Massa das amostras utilizadas nos experimentos TG e DTA

Amostras	TG (mg)	DTA (mg)
Gordura	45,4	51,0
Músculo (patinho de boi)	36,3	27,8
Músculo + Gordura	56,1	57,7

A Figura 12 mostra uma curva típica em ensaio TG em tecidos musculares. São mostrados os perfis TG e DTG. Os indicadores (1) e (2) sobre

⁷ Laboratório Deltha – Análises Clínicas - Rua José Bonifácio, n° 1825, Centro – CEP: 13560-610 -São Carlos/SP Fone/Fax (16) 3371-3126. Farmacêutico: Dr. José Maria Silveira de Souza (CRF 11.017).

a curva TG indicam os eventos de perda de massa observada em um ensaio utilizando-se uma amostra de músculo patinho mais gordura bovina do músculo (patinho). 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 à linha base. Todos os ensaios TG foram avaliados à temperatura de 25 a 600°C.

Figura 12: Curva TG (-) e DTG (-) representativa em função da Temperatura para amostra do músculo+gordura (patinho).

3.11. ANÁLISES TG E DTA PARA DIFERENTES TIPOS DE MÚSCULOS

Na quarta etapa utilizaram-se três tipos de carnes escolhidas aleatoriamente de diferentes procedências: boi, porco e frango com o propósito de se avaliar a presença de gordura intramuscular. Utilizaram-se as mesmas condições experimentais descritas para os testes da terceira etapa.

3.12. NOMENCLATURA DOS MÚSCULOS

Os nomes dos músculos estão descritos no ANEXO G.

3.13. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizado um estudo estatístico dos resultados obtidos no peso das ratas, análises clínicas (colesterol e triglicérides) e poder calorífico do grupo controle e experimental para determinar se houve ou não aumento da presença de gordura no sangue e no músculo devido à dieta proposta.

Para comparação dos resultados utilizou-se o teste *Fisher* para a análise de variância e o teste *t* de *Student* para amostras (VIEIRA, 1980).

Capítulo 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes preliminares foram realizados com a finalidade de se observar o comportamento térmico da gordura intramuscular presente nas amostras. Para a definição das condições operacionais utilizaram-se músculo e gordura de coelho, frango, porco, peixe e boi.

Devido aos resultados obtidos pelos testes preliminares, posteriormente fizeram-se estudos com as análises térmicas (DTA e Calorimetria) no tecido muscular (quadríceps) em dois grupos de ratas com dietas diferenciadas. Complementarmente, avaliou-se a presença de gordura em sangue destas ratas por meio de análises clínicas (colesterol e triglicérides).

Neste trabalho observa-se também o comportamento térmico da presença de gorduras em três tipos de músculos de animais diferentes (boi, porco e frango) utilizando-se a técnica termogravimétrica (TG).

4.1. TESTES PRELIMINARES EM TG E DTA

Os testes preliminares feitos por TG e DTA representam o comportamento térmico de músculo e gordura de cinco animais (coelho, frango, porco, peixe e boi).

A Figura 13 e a Figura 14 mostram respectivamente as curvas TG e DTA do músculo da coxa e gordura de coelho. A perda de massa do músculo mostrou-se em torno de 80% entre 25 e 200°C. Na curva TG da gordura nota-se um evento de perda de massa aproximadamente em 50 % entre 25 e 200°C. A curva DTA da carne (Figura 14) apresentou um pico endotérmico em aproximadamente em 100°C, sendo que este evento está relacionado com a

perda de água e ocorre desde a temperatura ambiente até a temperatura em torno de 200°C. Na curva que representa a gordura observaram-se picos na faixa de temperatura entre 25 e 175°C. Embora na literatura não haja trabalhos que comprovem e justifiquem este comportamento térmico, no presente estudo atribui-se essa seqüência de picos à fusão dos diferentes ácidos graxos presentes na gordura. Esses picos não foram caracterizados como desnaturação de proteínas, pois de acordo com TORNBERG (2005) a proteína miosina se desnatura entre 54 e 58°C; colágeno entre 65 e 67°C e actina entre 80 e 83°C. Esta observação é válida também para as Figuras 16, 18 e 28.

Figura 13: Curvas TG de quadríceps (-) e gordura de coelho (-).

Figura 14: Curva DTA para quadríceps (-) e gordura de coelho (-).

A Figura 15 e a Figura 16 mostram respectivamente as curvas TG e DTA para o músculo peito de frango e gordura do músculo peito de frango. A perda de massa do músculo de peito de frango está em torno de 70% entre 25 e 200°C.

Figura 15: Curva TG para peito de frango (-) e gordura de frango (-).

A Figura 16 que ilustra a curva DTA para peito e gordura de frango com perda de massa entre 25 e 175°C.

Figura 16: Curva DTA para peito de frango (-) e gordura de frango (-).

A Figura 17 e a Figura 18 mostram respectivamente as curvas TG e DTA do músculo lombo e gordura do lombo suína. A curva DTA do músculo apresentou um pico endotérmico em torno de 100°C, este evento pode ser observado também na curva TG com perda de massa em torno de 70% entre 25 e 200°C, referente à perda de água. A curva DTA para gordura suína mostrou picos sequenciais entre as temperaturas de 25 e 125°C possivelmente caracterizados devido à fusão de diferentes ácidos graxos presentes na gordura.

Figura 17: Curvas TG de lombo (-) e gordura suína (-).

Figura 18: Curva DTA para lombo (-) e gordura suína (-).

Os perfis das curvas TG e DTA do músculo dorsal e a gordura de peixe estão ilustradas na Figura 19 e na Figura 20, respectivamente. Tanto a curva TG da carne quanto à curva TG da gordura do músculo de peixe

apresentaram-se iguais. A perda de massa de ambas as amostras é em torno de 80% entre 25 e 175°C. Observa-se nas curvas DTA picos endotérmicos entre esta mesma faixa de temperatura, portanto, pode-se atribuir esse evento principalmente à perda de água das amostras.

Figura 19: Curva TG para músculo dorsal (-) e gordura de peixe (-) .

Figura 20: Curva DTA para músculo dorsal (-) e gordura de peixe (-).

As curvas TG e DTA do patinho e gordura bovina do patinho estão ilustradas na Figura 21 e na Figura 22. A curva TG do músculo patinho apresenta perda de massa em torno de 70% entre 25 e 200°C. A perda de massa da gordura apresentou-se na faixa de temperatura entre 25 e 160°C sugerindo a fusão de diferentes ácidos graxos presentes na gordura. A curva DTA do músculo patinho apresentou um pico endotérmico aproximadamente em 125°C referente à perda de água. Nesta figura também está ilustrada a curva de gordura bovina que apresentou picos entre 25 e 150°C referente à fusão de diferentes ácidos graxos.

Figura 21: Curva TG para patinho (-) e gordura bovina (-).

Figura 22: Curva DTA patinho (-) e gordura bovina (-).

Para comparação da perda de massas dos músculos dos diferentes animais como coelho (coxa), frango (peito de frango), porco (lombo), peixe (músculo dorsal) e boi (patinho) referem-se na Figura 23. As perdas de massas das amostras são próximas. A perda de água na faixa de 25-200°C para os músculos de coelho foi de 70%, porco 70%, frango 75%, peixe 80% e boi 70% essas perdas estão próximos dos valores da Tabela 1.

Figura 23: Curvas TG dos músculos de coelho (-), porco (-), frango (-), peixe (-) e boi (-).

As curvas DTA dos músculos de coelho (quadríceps), frango (peito de frango), porco (lombo), peixe e boi (patinho) estão mostradas na Figura 24. Nota-se que a perda de água das amostras está em torno de 100°C devido à presença de água nas amostras.

Figura 24: Curvas DTA de carnes de coxa de coelho (-), peito de frango (-), lombo de porco (-), peixe (-) e patinho bovino (-).

A Figura 25 refere-se as curvas de perda de água da gordura dos músculos de coelho, frango, porco, peixe e boi. As perdas de água presente nas gorduras apresentaram perdas de 50%, 20%, 15%, 80% e 10% respectivamente.

Figura 25: Curvas TG de diferentes gorduras animais: quadríceps de coelho (-), peito de frango (-), lombo de porco (-), peixe (-) e patinho bovino (-).

A Figura 26 ilustra as curvas DTA das gorduras coletadas dos músculos dos diferentes animais como coelho (coxa), frango (peito de frango), porco (lombo), peixe (músculo dorsal) e boi (patinho) apresentaram picos agudos podendo possivelmente ser atribuído à fusão dos diferentes ácidos graxos presentes na gordura dos diferentes animais, situando-se na faixa de temperatura entre 25 e 150°C.

Figura 26: Curvas DTA de gorduras de quadríceps (-), peito de frango (-), lombo de porco (-), peixe (-) e patinho bovino (-).

4.2. AVALIAÇÃO DAS RATAS CRIADAS EM BIOTÉRIO

Avaliou-se o efeito da dieta das ratas dos diferentes grupos (controle e experimental). A Tabela 9 mostra o peso inicial, peso final e ganho de peso por um período de 35 dias.

Tabela 9: Ganho de peso das ratas mediante alimentação com ração acrescida de 20% de gordura (grupo experimental) e 3,85% (grupo controle) respectivamente em um período de 35 dias.

Rata	Peso Inicial/g	Peso Final/g	Ganho de Peso/g
C1	260	270	10
C2	310	330	20
C3	310	330	20
C4	280	310	30
C5	260	280	20
C6	330	360	30
C7	270	300	30
C8	310	370	60
E1	270	300	30
E2	300	340	40
E3	270	300	30
E4	250	270	20
E5	270	300	30
E6	270	290	20

Nota-se que em média, o grupo controle ($304,52 \pm 11.76$) apresentou maior ganho de peso do que o grupo experimental ($284,44 \pm 10.41$). A análise estatística dos valores dos pesos tanto do grupo controle quanto do grupo experimental foi feita pelo Teste t. As médias entre os grupos controle e experimental são estatisticamente diferentes. Ou seja, o ganho de peso é maior quando as ratas foram submetidas à dieta do grupo controle.

Foi verificado por exames bioquímicos (colesterol e triglicérides) se houve ou não alguma alteração devido à dieta proposta.

Esta avaliação foi feita com base nos valores de referência normal (ANEXO A) para ratas da raça Wistar (MITRUKA E RAWNSLEY, 1977). Os valores médios das análises clínicas do sangue (colesterol e triglicérides) para o grupo controle e experimental estão mostrados na Tabela 10.

Tabela 10: Análises Clínicas do sangue (Colesterol e Triglicérides) das amostras do grupo controle (C) e do grupo experimental (E).

Amostra	Colesterol Valor médio (mg dl ⁻¹)	Triglicérides Valor médio (mg dl ⁻¹)
C1	77	73
C2	62	152
C3	56	73
C4	80	90
C5	59	89
C6	81	204
C7	71	45
C9	Insuficiente	Insuficiente
Grupo controle	69,43±10,40	103,71±54,96
E1	84	105
E2	77	154
E3	80	93
E4	70	89
E5	Insuficiente	Insuficiente
E6	Insuficiente	Insuficiente
Grupo experimental	77,75±5,90	110,25±29,94

Observa-se que em média, para o colesterol, o grupo experimental (77,75±5,90) apresentou um aumento maior no colesterol do que o grupo controle (69,43±10,40). Para triglicérides, o grupo experimental (110,25±29,94) apresentou média maior que o grupo controle (103,71±54,96). Os aumentos dos valores tanto de colesterol quanto das triglicérides para ambos os grupos, foi provavelmente devido às condições de stress, de confinamento incorreto e não devido à dieta proposta.

A avaliação estatística tanto do grupo controle quanto do grupo experimental foram feitas pelos testes F (Fisher) e pelo teste t. Os cálculos mostram o valor de F calculado (3,01) é menor que o valor do F da tabela (8,94), se aceita a igualdade das variâncias dos valores de colesterol e

triglicérides, ou seja, as médias entre os grupos controle e experimental são iguais. O teste t calculado para colesterol (3,332) é maior que o t tabelado (2,262), ou seja, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese de que as médias entre os grupos controle e experimental são iguais estatisticamente. O valor do teste t calculado para triglicérides (0,500) é menor que o t tabelado (2,262), ou seja, ao nível de significância de 5%, se aceita a hipótese de que as médias entre os grupos controle e experimental são iguais estatisticamente. Os cálculos estão nos ANEXOS C e D.

O efeito da dieta também foi avaliado por meio de testes calorimétricos, para verificação da energia química acumulada nos músculos das ratas tanto do grupo controle quanto do grupo experimental.

Os valores de poder calorífico das ratas do grupo experimental variaram de 4838 Jg^{-1} a 6450 Jg^{-1} e o grupo controle variou de $5109,5 \text{ Jg}^{-1}$ a $5536,5 \text{ Jg}^{-1}$. A avaliação estatística do poder calorífico tanto do grupo controle quanto do grupo experimental foram os testes de F (Fisher) e teste t. Os cálculos mostram que o F calculado (0,0052) é menor que o da tabela (6,59), ou seja, ao nível de significância de 5%, se aceita a igualdade das variâncias entre os grupos controle e experimental. Os resultados do teste t encontrado (1,08) é menor que o t tabelado (2,365), ou seja, ao nível de significância de 5%, se aceita a hipótese de que as médias entre os grupos controle e experimental são iguais estatisticamente. (Os cálculos estão no ANEXO E).

Os valores médios do poder calorífico do músculo quadríceps estão demonstrados na Tabela 10. Porém, também foi realizado o desvio padrão tanto do grupo controle ($5367 \pm 190,14$) quanto do grupo experimental ($5615,2 \pm 576,60$).

Tabela 11: Poder calorífico do músculo quadríceps da perna direita do grupo controle (C) e experimental (E).

Amostra	Valor Médio Jg^{-1}
C2	5480
C4	5536
C7	5109
C9	5343
E2	5460
E3	5656
E4	6450
E5	5672
E6	4838

4.2.1. TESTES DTA COM RATAS

Foram realizados testes DTA com duas ratas escolhidas aleatoriamente. Estes resultados estão apresentados na Figura 27 para uma das cobaias do grupo controle e para uma das cobaias do grupo experimental (E1). As curvas DTA apresentam um pico endotérmico próximo à 100°C devido ao processo de perda de água existente nas amostras. Com o propósito de observar a presença da gordura, coletou-se uma amostra de músculo+gordura. Na curva referente à cobaia do grupo controle consta uma inflexão, para o grupo experimental notam-se 2 inflexões, podendo atribuir-se à segunda inflexão em torno de 170°C à presença de gordura (que na hora da coleta, coletou-se mais gordura do que músculo).

Figura 27: Curvas DTA para rata do grupo controle (-) e rata do grupo experimental (-).

4.3. ANÁLISE TG E DTA MÚSCULO E GORDURA BOVINA

Neste estudo avaliaram-se 3 amostras diferentes, isto é, músculo *vastus medialis* (patinho), gordura e uma mistura de músculo acrescida de gordura.

A Figura 28 mostra as curvas DTA destas amostras. Os picos indicados pela letra A indicam a perda de água em torno de 100°C. Os picos indicados pela letra B referem-se ao comportamento térmico caracterizando possivelmente a fusão de gordura (devido à presença de picos agudos e ao comportamento observado na gordura pura nos testes realizados no presente trabalho), porém nesta região de temperatura estão presentes outros picos, assim há impossibilidade de se definir a linha base e consequentemente há dificuldade de se quantificar, com base na região de fusão de gordura, a gordura separadamente. Nesta curva DTA observa-se também picos endotérmicos em torno de 430°C (C), isto é, região correspondente ao segundo evento de perda de massa da TG.

Figura 28: Curva de DTA de patinho bovino (-), gordura (-) e músculo + gordura (-) com variação de massa.

Nota-se que para as 3 amostras ocorreu uma perda de massa entre 250 e 430 $^{\circ}C$. Este evento pode ser atribuído à degradação da gordura pois, este resultado está de acordo com aqueles apresentados por GARCIA *et al.*, 2004.

Figura 29: Curvas TG para patinho bovino (-), gordura (-) e gordura+músculo (-).

Comparando-se os resultados de perda de massa para cada uma das amostras (Figura 29), nota-se que na região referente à degradação da gordura acima de 175°C, 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 músculo, a perda de massa é de cerca de 22%. Para a terceira amostra, músculo+gordura, nota-se que na segunda região de perda de massa, o valor encontrado é de aproximadamente 50%.

A Tabela 12 mostra os resultados obtidos dos ensaios TG para as três amostras analisadas e os valores percentuais de perdas de massa ocorridos nos eventos observados.

Tabela 12: Perda de massa referente à etapa de decomposição das amostras: gordura, músculo e músculo mais gordura.

Amostras		Gordura	Músculo	Músculo + gordura
Perda de Água	T (°C)	25 a 250°C		
	Massa (%)	7	70	45
Degradação da Gordura	T (°C)	250 a 500°C		
	Massa (%)	91	27	53
Resíduo	T (°C)	500°C	480 °C	500°C
	Massa (%)	2	3	2

4.4 CURVAS TG DE DIFERENTES MÚSCULOS (BOI, PORCO E FRANGO)

As curvas TG de diferentes carnes de boi como: cupim, lagarto, miolo de paleta, coxão-duro, picanha, ponta de peito e costela de boi estão apresentadas na Figura 30. Nesta figura também está mostrada a curva TG da gordura bovina pura (patinho bovino) para se comparar a perda de massa com as demais curvas que são músculos. RODRIGUES (2006) atribui a degradação do colágeno na faixa de temperatura entre 200 a 480°C. As perdas de água

das amostras dos músculos bovinos apresentaram perdas próximas entre 70 e 75% entre 25 e 200°C. A faixa de temperatura de 225 a 325°C designa-se a degradação de proteínas presente nos músculos. As temperaturas de 330 a 400°C referem-se à degradação da gordura. Observou-se que as perdas de massa das amostras de músculos são semelhantes, porém apresentam discretas diferenças que podem estar relacionadas com a composição dos músculos, isto é, variações de porcentagens de água, proteínas e diferentes ácidos graxos presentes na gordura.

Figura 30: Curvas TG para diferentes músculos: cupim (-), lagarto (-), miolo de paleta (-), coxão-duro (-), picanha (-), ponta de peito (-), costela de boi (-) e gordura bovina (-).

Na Figura 31 são mostrados os perfis TG e DTG do coxão duro. A curva DTG define as regiões de perda de água (entre 26 e 200°C), degradação do colágeno (entre 200 e 390°C) e decomposição da gordura (acima de 400°C).

Figura 31: Curva TG e DTG da carne coxão duro.

A Figura 32 mostra a comparação entre a curva TG de músculo de frango (peito de frango).

Figura 32: Curva TG para peito de frango (-).

A Figura 33 ilustra as curvas TG e DTG de peito de frango sendo a perda de água em torno de 220°C, a degradação de colágeno entre 250 e 390°C e a decomposição da gordura situa-se na faixa de temperatura de 400°C.

Figura 33: Curva TG (-) e DTG para peito de frango (-).

Para se comparar o comportamento térmico da degradação de diferentes músculos do mesmo animal, escolheu-se o lombo e costela de porco. A Figura 34 apresenta as curvas TG destes músculos. Observando-se que os músculos apresentam o mesmo perfil térmico, isto é, o mesmo comportamento previamente observado quando se avaliaram os diferentes músculos de boi. As curvas termogravimétricas tanto da costela quanto do lombo de porco apresentaram perfis semelhantes.

Figura 34: Curvas TG para carnes de porco como lombo (+) e costela (-) .

A Figura 35 mostra as curvas TG e DTG do lombo de porco. A perda de água entre 26 e 200°C, a degradação do colágeno nas faixas de temperatura de 225 e 340°C e a degradação da gordura em torno de 400°C.

Figura 35: Curvas TG (-) e DTG (-) do lombo de porco.

Com o objetivo de se avaliar o comportamento térmico de músculos de 3 animais diferentes, foram escolhidas aleatoriamente músculos de boi; coxão-duro, lombo de porco e peito de frango e estas submetidas a análise termogravimétrica. A Figura 36 mostra as curvas TG destes músculos. As carnes dos diferentes animais apresentaram perfis termicamente semelhantes entre si e dificilmente podemos diferenciar uma carne da outra por esta metodologia. As diversas gorduras sofrem variações não somente nas várias espécies animais como também dentro de cada espécie (PARDI *et al.*, 2001). As três amostras de músculos apresentaram perda de água em torno de 215°C, a degradação do colágeno entre 250 e 390°C e a degradação da gordura na temperatura em torno de 400°C.

Figura 36: Curvas TG de carnes: boi (coxão duro) (-), porco (lombo) (-) e frango (peito de frango) (-).

Capítulo 5

CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS

Após a eutanásia, foram coletadas amostras de sangue e músculo tanto do grupo controle quanto do grupo experimental. As análises de sangue foram submetidas à análise clínica (colesterol e triglicérides) e os músculos aos testes calorimétricos. Os resultados destes testes indicam que não houve diferença entre os dois grupos (controle e experimental). Quanto ao ganho de peso, as ratas do grupo controle apresentaram média de ganho de peso maior que o grupo experimental, ou seja, a dieta não funcionou, provavelmente devido às condições de confinamento incorreto, stress das ratas e tamanho da ração experimental pequeno.

Para se calcular a perda de massa, a TG e DTG apresentaram-se eficientes por permitir diferenciar e quantificar as regiões: perda de água, degradação de colágeno e decomposição de gorduras. Os eventos de perda de água, degradação do colágeno e decomposição da gordura apresentaram perdas de massa entre 26 e 200°C, 200 e 390°C e 400 e 480°C respectivamente.

Notou-se que para todos os tipos de músculos estudados no presente trabalho apresentou nas curvas DTA picos endotérmicos próximos à 100°C e, nas respectivas curvas TG observou-se perda de massa entre 25 até 200°C. Para melhor observação dos eventos de perda de água, degradação do colágeno e decomposição da gordura, sendo necessário utilizar a temperatura até 600°C.

Analisando as curvas TG, em especial as Figura 29 e Figura 30 podem ser feitas as seguintes afirmações. Misturas de carne e gordura em diferentes concentrações puderam ser determinadas pela variação da fração mássica de

200 a 300°C. Por outro lado, a Figura 30 mostra que diferentes carnes possuem a mesma fração de gordura.

Esse resultado sugere que a carne vermelha consumida apresenta baixa composição de gordura. Sendo que as estruturas presentes entre as fibras sejam compostas principalmente por tecido conjuntivo independente do tipo de carne analisada.

Os próximos passos deverão compreender estudos utilizando ensaios químicos e lâminas.

REFERÊNCIAS

_____. (1988). A nomenclatura em análise térmica – Parte II. *Cerâmica*, São Paulo, v. 34, p.163-24.

ÁGUILA, M.B.; LACERDA, C.A.M. (2001). Óleo de canola previne doenças do coração. *Revista Ciência Hoje*, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.cienciahoje.uol.com.br/materia/view/222> Acesso em: 05 jul 2006.

AMAKO, D.E.N.; XIONG, Y. (2001). Effects of carrageenan on thermal stability of proteins from chicken thigh and breast muscle. *Food Research International*, v. 34, p. 247-253.

BERNAL, C. et al. (2002). Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais – DSC. *Química Nova*, v. 25, n.5, p. 843-855, set./out.

BROWN, T.L.; LeMAYR, H.E.; BURSTEN, B.E.; BURRDGE, J.R. (2003). *Química. A ciência central*. 9a.Edição. Prentice Hall.

BRUNTON, N.P. (2006). The use of dielectric properties and other physical analyses for assessing protein denaturation in beef biceps femoris muscle during cooking from 5 to 85°C. *Meat Science*, Barking, v.72, n.2, p.236-244, Feb.

COLEMAN, N.J.; CRAIG, D.Q.M. (1996). Modulated temperature differential scanning calorimetry: A novel approach to pharmaceutical thermal analysis. *International Journal of Pharmaceutics*, Amsterdam, v.135, p13-29, June.

CRNKOVIC, P. C. G. M., (2003). *Análise termogravimétrica para a determinação de fatores que afetam a eficiência da sorção de SO₂ por calcários na combustão de carvões*. 127p. Tese (Doutorado) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

DOMENE (2002): a contribuição da carne bovina para uma alimentação saudável. Disponível em: <www.sic.org.br/PDF/Contribuicaodacarne.pdf> Acesso em: 21 nov. 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA – Noções de Ciência da Carne. Disponível em: <www.cnpqc.embrapa.br>. Acesso em: 15 fev. 2007.

FARIA, E.A. et al. (2002). Estudo da estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais por TG/DTG e DTA. *Eclética Química*, v. 27, número especial.

FELÍCIO, P.E. (2006) Disponível em: <www.sic.valornutritivodacarne.com.br> Acesso em: 21 de nov 2006.

GARCIA, J.U. et al. (2004). *Estudo da estabilidade térmica de óleos de peixes em atmosfera de nitrogênio*. *Eclética Química*, v. 29, n.2, p.41-46.

GETTY, R., (1975). Sisson/Grossman: anatomia dos animais domésticos. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2v.

GHAEDIAN, R. Et al. (1998). Ultrasonic determination of fish composition. *Journal of Food Engineering*, London, v. 35, p.323-337, Feb.

HYPOSTOMUS PLEcostomus (2006). Disponível em: <www.revistagloborural.globo.com/GloboRural.com.br> Acesso em: 30 nov. 2006.

IONASHIRO, M. e GIOLITO, I. (1980). Nomenclatura, padrões e apresentação dos resultados em análise térmica. *Cerâmica*, v. 26, p.17-24.

LAWRIE, R.A. (1974). *Ciência de la Carne*, Zaragoza: Acribia.

LEIVA, C.R.M. (2005). *O Emprego da termogravimetria na determinação da*

energia de ativação no processo de combustão de óleos combustíveis. 82p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

MACKENZIE, R.C. (1979). Nomenclature in thermal analysis, 4. *Termochica. Acta*, Amsterdam, v. 28, n.1, p.1-6, Jan.

MITRUKA, B.M.; RAWNSLEY, H.M. (1977). Clinical Biochemical and Hematological Reference Values in Normal Experimental Animals. New York: Masson.

MORAN Jr, E.T. (1996). Fat modification of animal products for human consumption. *Animal Feed Science Technology*, Amsterdam, v.58, n.1/2, p. 91-99, April.

MÖRLEIN, D. et al. (2005). Non-destructive estimation of the intramuscular fat content of the *longissimus* muscle of pigs by means of spectral analysis of ultrasound echo signals. *Meat Science*, Barking, v.69, n.2, p.187-199, Feb.

MOTHÉ, C.G. e AZEVEDO, A. D. (2002). Análise Térmica de Materiais. Cap. 4, p. 115. iEditora.

PARDI, M.C. et al. (2001). Ciência, higiene e tecnologia da carne. 2.ed. Goiânia:UFG, v.1.

POSPIECH, E. et al. (2002). Thermal properties of tintin from porcine and bovine muscles. *Meat Science*, Barking, v. 62, n.2, p.187-192, Oct.

PRATA, L.F.; FUKUDA, R. T. (2001). Fundamentos de higiene e inspeção de carnes. Jaboticabal: FUNEP.

ROÇA, R.O. (2006). Composição da carne. Disponível em: <http://www.dag.uem.br/prof/ptmpintro/material/3b/carne/comp_quimica.pdf> Acesso em: 30 nov. 2006.

ROOS, Y. (1995). Characterization of food polymers using state diagrams. *Journal of Food Engineering*, London v.24, n.3, p. 339-360.

SASAKI, K., et al. (2006). Differential scanning calorimetry of porcine adipose tissues. *Meat Science*, Barking, v.72, n.4, p. 789-792, Apr.

STOCKDALE, T. (2002). Malnutrition as the cause of variant Creutzfeldt-Jacob disease. *Med Hypotheses*, Edinburgh, v.59, n.6, p. 716-717, Nov.

SZABÓ, I. Et al. (2006). DSC examination of rotator cuff muscles in rabbits. *Thermochimica Acta*, Amsterdam, v. 445, n.2, p.179-184.

TORNBERG, E. (2004). Effects of heat on meat protein – Implications on structure and quality of meats products. *Meat Science*, Barking, v.70, n.3, p.493-508, July.

VIEIRA, S. (1980). Introdução à Bioestatística. 3.ed. Rio de Janeiro: Campus.

WENDLANT, W. (1988). *Thermal Analysis*. 3rd ed., New York: Wiley:, p. 213-460.

ANEXOS

Anexo A: Exames Bioquímicos de Ratos Wistar

LAUDO CLÍNICO

ESPÉCIE : ratos (<i>Rattus norvegicus</i>)	Linhagem heterogênea WISTAR
SEXO : FÊMEA	IDADE : Adulto
ORIGEM : Centro de Bioterismo	
CATEGORIA SANITÁRIA : convencional	

RESULTADOS DOS EXAMES BIOQUÍMICOS

Realizados pelo sistema automatizado Cobas-Mira/Plus no Laboratório de Bioquímica –
Laboratório Central do Hospital das Clínicas

Período: janeiro/1999 a junho/2000

Parâmetros	Médias	±dp	Limites	Valores de referência *
Glicose mg/dL	138	35.7	84-180	50-135
**Uréia mg/dL	48,2	9.9	35-63	5-29
Creatinina mg/dL	0.5	0	0.5-0.5	0.2-0.8
Colesterol total mg/dL	45.6	5.9	39-55	10-54
**Triglicérides mg/dL	69.8	14.3	56-77	
Ácido úrico mg/dL	1.8	0.4	1.5-2.6	1.2-7.5
Proteínas totais g/dL	6.8	0.34	6.4-7.2	4.7-8.1
Albumina	3.3	0.26	3.2-3.6	2.7-5.1
Globulinas	3.5	0.13	3.4-3.7	
**Fosfatase alcalina U/L	139.2	20.58	110-168	56.8-128
**Aspartato amino transferase (TGO) U/L	137.8	16.3	116-155	45.7-80.8
**Alanina amino transferase (TGP) U/L	55.6	7.6	47-64	17.5-30.2
Cálcio mg/dL	10.2	0.36	9.7-10.7	7.2-13.9
Fósforo mg/dL	5.1	0.57	4.2-5.7	3.1-11
Magnésio mEq/L	1.76	0.05	1.7-1.8	1.6-4.4
Ferro ug/dL	226.8	39.3	195-293	

* MITRUKA, B.M. & RAWNSLEY, H.M. Clinical Biochemical and Hematological Reference Values in Normal Experimental Animals. New York: Masson Publishing, 1977.

** As causas destes valores estão sendo pesquisadas.

Anexo B: Ofício do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
Comissão de Ética em Experimentação Animal

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo para uso de animais em experimentação nº 024/2005, sobre o projeto intitulado *“Avaliação quantitativa de gordura em fibras musculares por análise térmica, ultra-som e análise histológica em ratos”*, sob a responsabilidade do *Prof. Dr. Carlos Dias Maciel*, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foi **APROVADO** pela COMISSÃO DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (CETEA) em reunião de *1º de agosto de 2005*.

(We certify that the protocol nº 024/2005, about *“Quantitative evaluation of fat in muscle in rats using ultrasound, thermal analysis and histological analyses”*, agrees with the ETHICAL PRINCIPLES IN ANIMAL RESEARCH adopted by Brazilian College of Animal Experimentation (COBEA) and was approved by the COLLEGE OF MEDICINE OF RIBEIRÃO PRETO OF THE UNIVERSITY OF SÃO PAULO – ETHICAL COMMISSION OF ETHICS IN ANIMAL RESEARCH (CETEA) in *08/1st/2005* meeting).

Ribeirão Preto, 04 de agosto de 2005.

Profa. Dra. LUIZA DA SILVA LOPES
Vice-Presidente, em exercício, da Comissão
de Ética em Experimentação Animal

Anexo C: Análise Estatística

Análise de variância – Teste de Fisher

COLESTEROL

Controle		Experimental	
X_i	x_i^2	x_i	x_i^2
77	5929	84	7056
62	3844	77	5929
56	3136	80	6400
80	6400	70	4900
59	3481		
81	6561		
71	5041		
$\Sigma x_i = 486$	$\Sigma x_i^2 = 34392$	$\Sigma x_i = 311$	$\Sigma x_i^2 = 24285$

$$H_0: s_1^2 = s_2^2$$

$$H_A: s_1^2 \neq s_2^2$$

$$n_1 = 7$$

$$v = 6$$

$$SS_1 = 34392 - \frac{486^2}{7} = 649,72 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_1^2 = SS_1 / v$$

$$s_1^2 = 649,72 / 6 = 108,29 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$n_2 = 4$$

$$v = 3$$

$$SS_2 = 24285 - \frac{311^2}{4} = 104,75 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_2^2 = SS_2 / v$$

$$s_2^2 = 104,75 / 3 = 34,92 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{108,29}{34,92} = 3,101$$

$$F_{0,05(2),6,3} = 8,94 \text{ (tabela F)} \rightarrow F < F_{0,05(2),6,3}$$

Portanto, não se rejeita H_0 ($s_1^2 = s_2^2$)

Melhor estimador da variância desta população é:

$$s_p^2 = \frac{108,29 + 34,92}{6 + 3} = 15,91 \text{ mg.dL}^{-1}$$

Teste t para amostras independentes

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$n_1 = 7$$

$$n_2 = 4$$

$$v = 6$$

$$v = 3$$

$$SS_1 = 649,72 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$SS_2 = 104,75 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$\bar{X}_1 = 69,43 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$\bar{X}_2 = 77,75 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_p^2 = \frac{108,29 + 34,92}{6 + 3} = 15,91 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{15,91}{7} + \frac{15,91}{4}} = 2,497 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} = \frac{69,43 - 77,75}{2,497} = -3,332$$

$$t_{0,05(2), v} = t_{0,05(2), 9} = -2,26$$

Sendo t menor que $t_{0,05(2), 9}$, **rejeita H_0 ($\mu_1 = \mu_2$)**

$$p < 0,01$$

TRIGLICERÍDES

Controle		Experimental	
X_i	x_i^2	x_i	x_i^2
73	5329	105	11025
152	23104	154	23716
73	5329	93	8649
90	8100	89	7921
89	7921		
204	41616		
45	2025		
$\Sigma x_i = 726$	$\Sigma x_i^2 = 93424$	$\Sigma x_i = 441$	$\Sigma x_i^2 = 51311$

$$H_0: s_1^2 = s_2^2$$

$$H_A: s_1^2 \neq s_2^2$$

$$n_1 = 7$$

$$v = 6$$

$$SS_1 = 93424 - \frac{726^2}{7} = 18127,43 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_1^2 = SS_1 / v$$

$$s_1^2 = 18127,43 / 6 = 3021,24 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$n_2 = 4$$

$$v = 3$$

$$SS_2 = 51311 - \frac{441^2}{4} = 2690,75 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_2^2 = SS_2 / v$$

$$s_2^2 = 2690,75 / 3 = 896,92 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{3021,24}{896,92} = 3,368$$

$$F_{0,05(2),6,3} = 8,94 \text{ (tabela F)} \rightarrow F < F_{0,05(2),6,3}$$

Portanto, não se rejeita H_0 ($s_1^2 = s_2^2$)

Melhor estimador da variância desta população é:

$$S_p^2 = \frac{3021,24 + 896,92}{6 + 3} = 435,35 \text{ mg.dL}^{-1}$$

Teste t para amostras independentes

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$n_1 = 7$$

$$v = 6$$

$$SS_1 = 18127,43 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$\overline{X}_1 = 103,71 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$n_2 = 4$$

$$v = 3$$

$$SS_2 = 2690,75 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$\overline{X}_2 = 110,25 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_p^2 = \frac{3021,24 + 896,92}{6 + 3} = 435,35 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2} = \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{435,35}{7} + \frac{435,35}{4}} = 13,078 \text{ mg.dL}^{-1}$$

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}} = \frac{103,71 - 110,25}{13,078} = -0,500$$

$$t_{0,05(2), v} = t_{0,05(2), 9} = -2,262$$

Sendo t maior que $t_{0,05(2), 9}$ **aceita $H_0 (\mu_1 = \mu_2)$**

$p > 0,50$

PODER CALORÍFICO

Controle		Experimental	
X_i	x_i^2	x_i	x_i^2
5480	30030400	5460	29811600
5536	30647296	5656	31990336
5109	26101881	6450	41602500
5343	28547649	5672	32171584
		4838	23406244
$\Sigma x_i = 21468$	$\Sigma x_i^2 = 115327226$	$\Sigma x_i = 23238$	$\Sigma x_i^2 = 135576020$

$$H_0: s_1^2 = s_2^2$$

$$H_A: s_1^2 \neq s_2^2$$

$$n_1 = 4$$

$$v = 3$$

$$SS_1 = 115327226 - \frac{21468^2}{4} = 108470 J \cdot g^{-1}$$

$$s_1^2 = SS_1 / v$$

$$s_1^2 = 108470 / 3 = 36156,67 J \cdot g^{-1}$$

$$n_2 = 5$$

$$v = 4$$

$$SS_2 = 135576020 - \frac{23238^2}{5} = 27575091,20 J \cdot g^{-1}$$

$$s_2^2 = SS_2 / v$$

$$s_2^2 = 27575091,20 / 4 = 6893772,8 J \cdot g^{-1}$$

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{36156,67}{6893772,8} = 0,0052$$

$$F_{0,05(2),3,4} = 6,59 \text{ (tabela F)} \rightarrow F < F_{0,05(2),3,4}$$

Portanto, não se rejeita H_0 ($s_1^2 = s_2^2$)

Melhor estimador da variância desta população é:

$$s_p^2 = \frac{36156,67 + 6893772,8}{3 + 4} = 989989,92 J \cdot g^{-1}$$

Teste t para amostras independentes

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$n_1 = 4$$

$$n_2 = 5$$

$$v = 3$$

$$v = 4$$

$$SS_1 = 108470 \text{ J.g}^{-1}$$

$$SS_2 = 27575091,20 \text{ J.g}^{-1}$$

$$\overline{X}_1 = 5367 \text{ J.g}^{-1}$$

$$\overline{X}_2 = 4647,60 \text{ J.g}^{-1}$$

$$S_p^2 = \frac{36156,67 + 6893772,8}{3 + 4} = 989989,92 \text{ J.g}^{-1}$$

$$s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2} = \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{989989,92}{4} + \frac{989989,92}{5}} = 667,45 \text{ J.g}^{-1}$$

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}} = \frac{5367 - 4647,60}{667,45} = 1,08$$

$$t_{0,05(2), v} = t_{0,05(2), 7} = 2,365$$

Sendo t menor que $t_{0,05(2), 7}$, **aceito $H_0 (\mu_1 = \mu_2)$**

$p > 0,05$

Peso ratas do grupo controle e experimental**One population t-Test on Data2 col(Controle):**

Data	Mean	Variance	N
Controle	304,525	138,32275	6

t = 63,42373
p = 1,84454

At the 0,05 level, the two means are significantly different.

One population t-Test on Data2 col(Experimental):

Data	Mean	Variance	N
Experimenta	284,44333	108,49927	6

t = 66,88951
p = 1,41408E

At the 0,05 level, the two means are significantly different.

Nomenclaturas dos músculos

A carne de coelho utilizada foi o músculo quadríceps da perna traseira direita (*bíceps femoris*).

Os nomes científicos das carnes de boi, porco e frango foram retirados de bibliografia veterinária GETTY, (1975) e PRATA;FUKUDA, 2001.

As carnes de boi escolhidas foram: cupim (músculo *trapézio*), lagarto (músculo *semitendinoso*), miolo de paleta (músculo *tríceps* - porção longa e lateral - e músculo *deltóide*), coxão duro (músculo *bíceps femoral*), picanha (músculo *glúteo médio*), ponta de peito (músculo *peitoral descendente*) e costela de boi (músculo *oblíquo externo do abdômen*, músculo *dorsal* e músculo *serrátil ventral do tórax*) e patinho (músculo *vastus medialis*).

Para a carne de frango, foi escolhido o peito de frango, sendo o nome científico músculo *supracoracóideo* e *peitoral torácico*.

As carnes suínas foram lombo de porco (músculo *trapézio*) e costela de porco (músculo *oblíquo externo do abdômen* e músculo *dorsal*).

O peixe escolhido foi o popularmente conhecido como peixe cascudo (*Hypostomus plecostomus*).