

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**FATORES QUE INFLUENCIAM O NÍVEL DE COLESTEROL,
LIPÍDIOS TOTAIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM
CAMARÃO E CARNE**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por NEURA BRAGAGNOLO e aprovada pela Comissão Julgadora em 08 de agosto de 1997.
Campinas, 08 de agosto de 1997.

Délia R. Amaya
Profa. Dra. DÉLIA RODRIGUEZ
AMAYA - Presidente da Banca

NEURA BRAGAGNOLO

Química
Mestre em Ciência de Alimentos

Profa. Dra. DÉLIA RODRIGUEZ-AMAYA

Orientadora

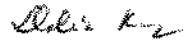
**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, da
Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de
doutor em Ciência de Alimentos**

Campinas, SP, 1997



941157

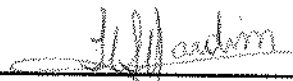
BANCA EXAMINADORA



DELIA RODRIGUEZ-AMAYA (ORIENTADORA)

HELENA TEIXEIRA GODOY

HELOISA MÁSCIA CECCHI



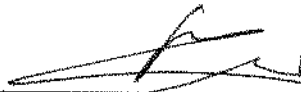
ISABEL CRISTINA SALES FONTES JARDIM



LUIZ ANTÔNIO GIOIELLI



MYRNA SABINO



PAULO ROBERTO NOGUEIRA CARVALHO

Campinas, ____ de agosto de 1997.

Aos meus pais João e Hermínia,
ao Gerson pelo apoio e paciência
e aos meus irmãos Nestor, Lourdes,
Nadir e Enio que mesmo longe
foram sempre presentes.

AGRADECIMENTOS

À Professora Délia Rodriguez-Amaya, agradeço pelo incentivo, orientação, paciência e sobretudo pelos ensinamentos e formação de um espírito científico crítico.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões na redação final dos trabalhos.

Aos colegas do Laboratório de Análise de Alimentos da FEA-UNICAMP pelo carinho, amizade, sugestões e companheirismo no decorrer destes anos todos, em especial a Adriana, Marta, Valéria, Célia e Silvana.

Aos colegas do Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL principalmente a Ana Maria e Dilza pela compreensão e apoio.

À Fazenda Rubaya de propriedade de Belarmino Fernandes pelo fornecimento das amostras do trabalho sobre idade de animais suínos, apoio financeiro e sobretudo por incentivar o trabalho.

À Fazenda Junqueira de propriedade de Francisco José Ribeiro Junqueira pelo fornecimento das amostras do trabalho de raças bovinas e em especial ao Dr. Albino Luchiari pela coleta destas amostras.

À CAPES pela Bolsa de Doutorado e à FAPESP pelo apoio financeiro concedido ao projeto.

À todos que me incentivaram e que de uma forma ou outra contribuiriam para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

ÍNDICE

RESUMO GERAL.....	i
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Capítulo 1.....	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA I	
FATORES QUE INFLUENCIAM O NÍVEL DE COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM CAMARÃO	
Resumo.....	3
Summary.....	3
1. Introdução.....	3
2. Fatores influentes.....	5
2.1 Diferenças entre espécie.....	5
2.2 Efeito do clima.....	7
2.3 Efeito do local de criação.....	8
2.4 Efeito da alimentação.....	8
2.5 Diferenças entre localização anatômica.....	9
2.6 Efeito do cozimento e da estocagem.....	9
2.7 Métodos analíticos.....	10
3. Conclusão.....	13
4. Revisão Bibliográfica.....	13
Capítulo 2.....	16
OTIMIZAÇÃO DA DETERMINAÇÃO DE COLESTEROL POR CLAE E TEORES DE COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E ÁCIDOS GRAXOS EM CAMARÃO ROSA (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	
Resumo.....	16

Summary.....	16
1. Introdução.....	17
2. Material e métodos.....	19
2.1 Material.....	19
2.2 Métodos.....	19
3. Resultados e discussão.....	25
3.1 Avaliação do método por CLAE para colesterol.....	25
3.2 Teores de lipídios totais e colesterol.....	26
3.3 Composição de ácidos graxos.....	28
4. Conclusão.....	31
5. Referências Bibliográficas.....	31
Capítulo 3.....	34
INFLUÊNCIA DE ALGUNS FATORES NOS TEORES DE LIPÍDIOS TOTAIS E COLESTEROL, E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM CAMARÕES BRASILEIROS	
Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	36
Análise estatística.....	38
Resultados e Discussão.....	39
Lipídios totais.....	39
Conteúdo de colesterol.....	40
Composição de ácidos graxos.....	41
Referências Bibliográficas.....	49

Capítulo 4.....	51
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA II	
FATORES QUE INFLUENCIAM O NÍVEL DE COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM CARNE SUÍNA E BOVINA	
Resumo.....	51
Summary.....	51
1. Introdução.....	52
2. Diferenças entre carne suína e bovina.....	53
3. Diferença entre raças.....	53
4. Efeito do clima.....	54
5. Efeito da alimentação.....	54
6. Efeito da localização anatômica.....	57
7. Influência do grau de qualidade e da gordura externa.....	58
8. Efeito da idade.....	59
9. Diferenças devido ao sexo do animal.....	60
10. Influência do sistema de criação.....	61
11. Efeito do cozimento.....	61
12. Erros analíticos.....	63
13. Considerações finais.....	64
Referências Bibliográficas.....	65
Capítulo 5.....	71
COMPARAÇÃO DA COLORIMETRIA E DA CLAE NA ANÁLISE DE COLESTEROL E DETERMINAÇÃO DE COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E ÁCIDOS GRAXOS EM CORTES DE CARNE SUÍNA	
Resumo.....	71
Summary.....	72

Introdução.....	73
Material e Métodos.....	75
Resultados e Discussão.....	80
Referências Bibliográficas.....	89
Capítulo 6.....	92
EFEITO DA IDADE NOS TEORES DE LIPÍDIOS TOTAIS, COLESTEROL E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM SUÍNOS RESULTANTES DO CRUZAMENTO AGPIC 405 COM CAMBOURAGH 15	
Resumo.....	92
Summary.....	93
Introdução.....	94
Material e Métodos.....	95
Material.....	95
Métodos.....	95
Resultados e Discussão.....	96
Conclusão.....	104
Referências Bibliográficas.....	105
Capítulo 7.....	106
INFLUÊNCIA DA RAÇA E COZIMENTO NOS LIPÍDIOS TOTAIS, COLESTEROL E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE CARNE BOVINA	
Resumo.....	106
Abstract.....	107
Introdução.....	108
Material e Métodos.....	108
Material.....	108

Métodos.....	109
Cromatografia líquida de alta eficiência.....	109
Cromatografia gasosa de alta resolução.....	110
Cálculo de retenção durante o cozimento.....	110
Resultados e Discussão.....	110
Lipídios totais.....	110
Efeito da raça.....	110
Efeito do cozimento.....	111
Conteúdo de colesterol.....	112
Efeito da raça.....	112
Efeito do cozimento.....	113
Composição de ácidos graxos.....	114
Efeito da raça.....	114
Efeito do cozimento.....	118
Conclusão.....	119
Referências Bibliográficas.....	119
Anexos.....	122
Comprimento da cadeia equivalente.....	122
Fórmula de Murphy.....	123

RESUMO GERAL

Considerando que os níveis de colesterol sanguíneos são influenciados pelo teor de colesterol, lipídios totais e composição de ácidos graxos e que estes variam com uma série de fatores, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência nestes três componentes de: (1) espécie, tamanho, sistema de criação e local de origem de camarão; (2) localização anatômica e nível de gordura externa em cortes de carne suína; (3) idade do animal em suínos; e (4) raça e efeito do cozimento em carne bovina.

A extração e a determinação de lipídios totais foram realizadas de acordo com o método de FOLCH *et al.* (1957). O método utilizado para determinação do colesterol foi por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com coluna C₁₈ e detector por conjunto de diodos. A composição de ácidos graxos foi obtida por cromatografia gasosa de alta resolução com coluna capilar de sílica fundida contendo polietileno glicol. Os métodos analíticos, principalmente da determinação de colesterol, foram avaliados e aprimorados para garantir a confiabilidade dos resultados.

Avaliando a influência da espécie, tamanho, local de captura e sistema de criação, os camarões *Xiphopenaeus kroyeri*, *Macrobrachium rosenbergii*, *Penaeus brasiliensis* e *Penaeus schmitti*, provenientes de São Paulo e de Santa Catarina de três tamanhos, criados no mar ou em água doce foram analisados. A concentração média de lipídios totais variou de 0,9% no *Penaeus schmitti* e *Penaeus brasiliensis* para 1,1% no *Macrobrachium rosenbergii* (camarão de água doce). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as espécies marinhas, mas foi significativamente (embora ligeiramente) maior no camarão de água doce. Não foi observada diferença significativa em termos de origem (local de captura) e tamanho. O nível médio de colesterol variou de 114 mg/100g no *P. brasiliensis* para 139 mg/100g no *Macrobrachium rosenbergii*. Foi significativamente mais baixo no *P. brasiliensis*, grande de Santa Catarina do que nos demais. Diferenças em relação ao tamanho foram significativas em *P. brasiliensis*, mas não em *P. schmitti*. Camarões de mesma espécie e tamanho coletados em duas regiões

diferentes não variaram significativamente. Em todas as amostras analisadas, os principais ácidos graxos encontrados foram 20:5 ω 3 (eicosapentaenóico, EPA), 16:0, 22:6 ω 3 (docosaexaenóico, DHA), 18:0, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7 e 20:4 ω 6. O camarão *M. rosenbergii* pequeno de Santa Catarina foi o que mais diferiu dos demais camarões, com valores significativamente menores de EPA e DHA e maiores de 18:0 e 18:2 ω 6. O *X. kroyeri* pequeno de São Paulo foi significativamente maior em DHA e 16:0. A influência do tamanho e local de captura não foi significativa, com exceção dos teores significativamente maiores de 16:1 ω 7, no tamanho grande de *P. schimitti* e *P. brasiliensis*, e de EPA e DHA no *P. brasiliensis* provenientes de São Paulo do que os de Santa Catarina. Em termos de saúde humana, o alto teor de colesterol em camarão é compensado pelo baixo teor de lipídios totais e alta percentagem de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente EPA e DHA.

Para avaliar a diferença devida à localização anatômica e o nível de gordura externa em suínos, 6 amostras de lombo, 7 de pernil, 4 de paleta e 4 de toucinho, foram analisadas. O teor médio de lipídios totais variou de 3 a 5 g/100g na carne, sendo menor no lombo e maior no pernil e paleta, e 83 g/100g no toucinho. O nível de colesterol variou em média de 42 a 53 mg/100g, sendo menor no lombo e maior no toucinho. Não houve diferença significativa no nível de colesterol entre lombo com e sem gordura externa. Em todos os cortes, foram identificados cinquenta e um (51) ácidos graxos, os principais dos quais foram: 18:1 ω 9, 16:0, 18:0, 18:2 ω 6, 16:1 ω 7 e 18:1 ω 7. Algumas variações significativas mas pequenas nas percentagens de ácidos graxos foram verificadas entre os diferentes cortes.

O efeito da idade foi avaliado em suínos resultantes do cruzamento de Agpic 405 (Hampshire com Landrace x Large White) e Camborough 15 (Duroc Pic com Landrace Pic x Large White Pic). Cinco leitões de 15 dias e cinco de 21 dias, sendo cada amostra separada em carne, toucinho e couro, e cortes (pernil e lombo) e toucinho de 3 suínos adultos foram analisados. As percentagens de lipídios na carne foram $3,8 \pm 0,9$; $3,2 \pm 0,6$; $3,5 \pm 1,4$ e $2,4 \pm 0,8$ para leitões de 15 dias e de 21 dias, pernil e lombo adulto, respectivamente. No couro foram 19 ± 7 e 32 ± 5 para 15 e 21 dias,

respectivamente, e no toucinho, 50 ± 6 ; 68 ± 7 e 92 ± 1 , para leitões de 15 dias e de 21 dias e suíno adulto, respectivamente. Os teores de colesterol (mg/100g), para carne foram 98 ± 9 ; 95 ± 29 ; 49 ± 3 e 44 ± 2 para leitões de 15 dias e 21 dias, pernil e lombo adulto. No couro foram 109 ± 15 e 94 ± 10 para 15 e 21 dias e no toucinho, 102 ± 13 ; 79 ± 8 e 33 ± 3 para 15 dias e de 21 dias e suíno adulto, respectivamente. Estes resultados contrariam o conceito popular que o teor de colesterol é menor em animais mais jovens. Foram separados cinquenta e oito (58) ácidos graxos, os quais mostraram alguma diferença entre as três porções de leitão analisadas, e em relação à idade de 15 e 21 dias. No suíno adulto, valores maiores de 18:0 e 18:1 ω 9 foram obtidos nos cortes e 18:0 no toucinho e teores menores de 16:1 ω 7 e 18:2 ω 6 em ambos. Também houve várias mudanças em alguns ácidos graxos minoritários.

A diferença entre raças e o efeito do cozimento foram verificados em *Longissimus dorsi* (contrafilé) cru e cozido de Nelore (*Bos indicus*), Canchim (cruzamento de 3/8 Nelore x 5/8 Charcelais) e Beefalo (cruzamento de 3/8 híbrido Beefalo x 5/8 Nelore). As percentagens de lipídios totais na carne crua e grelhada foram $2,5 \pm 0,4$ e $3,9 \pm 0,9$; $2,1 \pm 0,5$ e $3,5 \pm 0,4$; $2,6 \pm 0,6$ e $4,0 \pm 1,0$ para Nelore, Beefalo e Canchim, respectivamente. Os teores de colesterol (mg/100g), para carne crua e grelhada foram 40 ± 4 e 67 ± 11 ; 40 ± 2 e 68 ± 8 ; 43 ± 3 e 70 ± 7 para Nelore, Beefalo e Canchim, respectivamente. Não houve diferença significativa ao nível de 5% nos teores de lipídios totais e de colesterol das três raças analisadas e nem entre carnes cruas e grelhadas. A retenção de colesterol durante cozimento, calculada em base seca e de acordo com Murphy *et al.* (1975) foi praticamente total nas três raças. Os principais ácidos graxos identificados em todas as amostras foram 14:0, 16:0, 16:1 ω 7, 18:0, 17:0, 18:1 ω 9, 18:1 ω 7 e 18:2 ω 6. Não houve diferença significativa nestes ácidos graxos; as poucas diferenças significativas entre raças e entre carne crua e grelhada foram notadas em alguns ácidos graxos minoritários.

INTRODUÇÃO GERAL

A relação entre dieta e saúde está cada vez mais evidente nos trabalhos realizados sobre o assunto. Com isso, hoje em dia os consumidores têm se mostrado mais preocupados e interessados em saber o que realmente estão consumindo. A indústria consciente deste interesse tem respondido, procurando oferecer à população alimentos que proporcionam dietas mais saudáveis.

O colesterol é a matéria-prima para a síntese de hormônios e vitamina D₃ e constituinte essencial das membranas celulares. Entretanto, uma taxa elevada de colesterol no sangue é um dos principais fatores de risco para doenças coronarianas, assim como a hipertensão, o fumo, o estresse e a vida sedentária.

Doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no Brasil. Para minimizar esta situação, cardiologistas, clínicos gerais e nutricionistas recomendam uma dieta equilibrada, com baixo teor de lipídios, colesterol e ácidos graxos saturados e maior taxa de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados.

No Brasil, existem poucos dados sobre colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em alimentos e praticamente não existem trabalhos sobre os fatores que determinam seus níveis.

Os conteúdos de colesterol e lipídios totais e a composição de ácidos graxos de alimentos de origem animal relatados na literatura internacional variam largamente e estas variações podem ser atribuídas a uma série de fatores, tais como dieta, idade, sexo, porção analisada, raça, espécie, condições de criação, estação do ano, método de cozimento e em grande parte ao método analítico.

A produção de camarões no Brasil cresceu expressivamente nos últimos anos e tem excelentes condições para expansão. Além de aumentar a capacidade de suprir a demanda do mercado interno, o potencial para exportação é elevado. No entanto, apesar de ser fonte rica de proteínas, o

camarão é apontado como um alimento de alto teor de colesterol. Por outro lado, os frutos do mar apresentam grandes quantidades de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente da série ômega-3 e em especial ácido eicosapentaenóico (EPA) e docosaexaenóico (DHA).

Carne suína e bovina são alimentos bem consumidos no Brasil, mas são fontes de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados. Têm havido tentativas de oferecer à população carnes menos gordurosas e de teores menores de colesterol e ácidos graxos saturados com aumento de ácidos graxos monoinsaturados, através da alimentação, seleção de raças e retirada de uma parte da gordura externa em cortes comerciais.

Desde que o nível de colesterol sanguíneo em humanos é influenciado pelo teor de colesterol, lipídios totais e composição de ácidos graxos da dieta e que estes variam em função de vários fatores, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência nestes três componentes de:

- (1) espécie, tamanho, sistema de criação e local de origem de camarão;
- (2) localização anatômica e nível de gordura externa em cortes de carne suína;
- (3) idade do animal em suínos; e
- (4) raça e efeito do cozimento em carne bovina.

Com os resultados obtidos, espera-se fornecer aos profissionais da saúde pública, técnicos da indústria de alimentos e a população informações necessárias e integradas sobre estes constituintes de alimentos que afetam de maneira marcante a saúde humana.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA I
FATORES QUE INFLUENCIAM O NÍVEL DE
COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E
COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM
CAMARÃO

Trabalho a ser enviado ao Boletim Ciência e Tecnologia de
Alimentos

RESUMO

Os teores de colesterol e lipídios totais e a composição de ácidos graxos em camarão apresentados na literatura variam largamente. Estas variações são atribuídas a uma série de fatores tais como espécie, tamanho, local de captura, temperatura da água, condições de criação, clima, alimentação, processamento e condições de estocagem, além do método analítico utilizado. Esta revisão integra dados disponíveis sobre os efeitos destes fatores.

Palavras-chaves: fatores influentes, colesterol, lipídios totais, ácidos graxos, camarão, métodos analíticos.

SUMMARY

The cholesterol and total lipid contents and fatty acid composition of shrimp reported in the literature vary widely. These variations are attributed to a series of factors such as species, size, place of capture, water temperature, rearing condition, climate, diet, processing and storage conditions, aside from the analytical methods used. This review integrates available data about these factors.

Key words: influencing factors, cholesterol, total lipids, fatty acids, shrimp, analytical methods.

1 - INTRODUÇÃO

O colesterol apresenta funções importantes no organismo humano, sendo precursor de esteróides como ácidos biliares, hormônios sexuais masculinos e femininos e os hormônios adrenocorticais. Também participa da síntese da vitamina D₃ e é constituinte das membranas celulares. Por outro lado, o aumento da taxa de colesterol no sangue é um dos principais fatores de risco para doenças coronarianas, assim como a hipertensão, o fumo, o estresse e a vida sedentária.

A maior parte do colesterol do organismo, aproximadamente 75%, origina-se da biossíntese, enquanto que apenas 25% é fornecido pela dieta.

Quando a alimentação é muito rica em colesterol, ocorre um bloqueio da síntese endógena. Por outro lado, a redução muito acentuada de colesterol pode aumentar sua fabricação biológica.

MATTSON *et al.* (1972) verificaram uma relação linear entre o colesterol da dieta e o sanguíneo e observaram que cada 100 mg de colesterol/1000 kcal consumidos resulta em um aumento de colesterol no plasma de aproximadamente 12 mg/100 ml. O NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM dos EUA (1988) recomenda, para baixar os níveis de colesterol sanguíneo dos indivíduos que se encontram na faixa de risco (acima de 200 mg/dl), a diminuição da ingestão de gordura saturada e de colesterol.

De acordo com McNAMARA (1990) apenas algumas pessoas são sensíveis ao colesterol da dieta sendo o colesterol sanguíneo influenciado mais pela quantidade de gordura ingerida e pela composição de ácidos graxos do que pelo colesterol.

A redução de ácidos graxos saturados é desejável porque estes ácidos graxos, provenientes da dieta, elevam no soro sanguíneo a concentração de colesterol e de LDL (lipoproteína de baixa densidade). Na verdade, nem todos ácidos graxos saturados demonstram esta ação; somente os ácidos graxos 12:0, 14:0 e 16:0 elevam o teor de colesterol (SINCLAIR, 1993). O 18:0 tem efeito neutro no nível de colesterol sanguíneo, uma vez que é rapidamente convertido em 18:1, um ácido monoinsaturado considerado hipocolesterolêmico. Os ácidos graxos poliinsaturados ao contrário dos saturados reduzem a LDL, porém, também decrescem a HDL (lipoproteína de alta densidade). No entanto, os ácidos graxos monoinsaturados diminuem os níveis de LDL sem reduzir HDL (MATTSON & GRUNDY, 1985; GRUNDY, 1986; GRUNDY & DENKE, 1990). Há uma relação direta da concentração de LDL e uma relação inversa do nível de HDL e a incidência de doenças cardiovasculares (AVOGARO *et al.*, 1979).

Cardiologistas, clínicos gerais e nutricionistas recomendam uma dieta equilibrada, pobre em gordura e colesterol, e com preferência para gordura vegetal, para controlar o nível de colesterol sanguíneo. O problema é que no Brasil existem poucos trabalhos, integrados ou não, de lipídios totais, teor de colesterol e composição de ácidos graxos em alimentos. Além disso, os dados

existentes na literatura internacional variam largamente em função de uma série de fatores, tais como dieta, idade, sexo, porção analisada, raça ou espécie, local, estação do ano, método de cozimento e em grande parte devido ao método analítico.

O camarão é uma fonte rica de proteína e é um alimento saboroso e bem apreciado. A produção de camarões no Brasil cresceu significativamente nos últimos anos e ainda tem excelentes condições para expansão, para suprir a demanda do mercado interno e a exportação. No entanto, há a inconveniência de ser considerado um alimento de alto teor de colesterol. Por outro lado, os frutos do mar apresentam grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente da série ômega-3, em especial ácido eicosapentaenóico (EPA) e docosaexaenóico (DHA).

Assim, o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão sobre os fatores que podem influenciar o teor de colesterol, o nível de lipídios totais e a composição de ácidos graxos em camarão. Esta não é uma tarefa fácil, considerando que estes três componentes são raramente estudados em conjunto, cada trabalho enfocando apenas um, às vezes, dois deles. Além disso, os trabalhos tratando especificamente sobre camarão são poucos.

2 - FATORES INFLUENTES

2-1 - Diferenças entre espécie

Os dados de SIDWELL *et al.* (1974) e BOTTINO *et al.* (1980) indicam que diferentes espécies de camarão têm semelhantes teores de gordura ou perfis de ácidos graxos e diferem somente no conteúdo de colesterol.

KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989) estudaram o teor de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em várias espécies de camarão (*Pandalus borealis*, *Penaeus setiferous*, *P. durarum notialis*, *P. vannanei*, *P. aztecus aztecus*, *P. durarum durarum* e *P. aztecus subtilis*). O nível de lipídios foi muito baixo, variando de 0,8 a 1,1%. A média geral de colesterol foi de 154 ± 15 mg/100g, as diversas espécies não diferiram significativamente da média, com exceção de *Pandalus boreli* que apresentou um valor significativamente maior

(186 ± 13 mg/100g). Diferenças entre os ácidos graxos foram observadas; o *P. vannanai* do Equador, por exemplo, apresentou menor teor de 16:1 ω 7 e maior teor de 14:0, 16:0, 18:1 ω 9 e 18:2 ω 6 e o *P. durarum notalis* proveniente de Honduras teve valores mais elevados de 20:4 ω 6. A soma dos ácidos graxos EPA (20:5 ω 3) e DHA (22:6 ω 3) nas diferentes espécies de *Penaeus* foi em torno de 30% do total de ácidos graxos.

JOHNSTON *et al.* (1983) também encontraram valores baixos de lipídios totais (1,2%) em *Penaeus aztecus*, sendo a maioria fosfolipídios e o colesterol foi o lipídio neutro predominante. A distribuição de ácidos graxos indica que a esfingomielina contém grande percentagem de ácidos graxos insaturados, enquanto os ésteres de colesterol contém grande percentagem de ácidos graxos saturados.

THOMPSON (1964) não encontrou diferença no teor de lipídios e colesterol entre camarões *P. aztecus* e *P. setiferus*, no entanto atribuiu que, a semelhança nos valores de colesterol, pode ser apenas casualidade, desde que os camarões foram obtidos em diferentes estações.

KING *et al.* (1990) verificaram que os crustáceos (camarão e caranguejo) apresentam valores maiores de colesterol que os moluscos (ostra, mexilhão e marisco), com exceção da lula. Vários autores (KING *et al.*, 1990; GAGOSIAN, 1975; IDLER & WISEMAN, 1971; KRITCHEVSKY *et al.*, 1967 e GORDON, 1982) encontraram colesterol como o principal esterol em camarão, perfazendo 94 a 99% do total. Como esteróis secundários, foram detectados brassicasterol (KING *et al.*, 1990) e desmosterol (IDLER & WISEMAN, 1971).

KING *et al.* (1990) demonstraram que o ácido graxo predominante em frutos do mar é o ácido palmítico (16:0), com a lula apresentando alto nível (31,6%), o caranguejo baixo (13,4%) e o camarão valor intermediário (18,8%). Dos ácidos graxos monoinsaturados, 18:1 é o mais abundante sendo maior no camarão (18,7%). Outros ácidos graxos monoinsaturados estavam presentes em níveis variados, entre os quais 16:1 ω 7 e 17:1 ω 9, encontrados em altos teores em mexilhões. O ácido graxo 16:1 ω 7 em marisco e 17:1 ω 9 em camarão apresentaram-se em níveis baixos. Mais ácidos graxos saturados e monoinsaturados e menos ácidos graxos poliinsaturados foram encontrados

em camarão do que em caranguejo. Altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados ω 3 foram encontrados em mexilhão, ostra, marisco e lula e valores intermediários em caranguejo e camarão. A quantidade de EPA e DHA variou marcadamente entre as espécies, sendo que EPA foi mais alto em caranguejo e camarão e DHA foi mais alto em lula e marisco.

2-2 - Efeito do clima

KING *et al.* (1990) verificaram que o teor de lipídios totais não foi afetado pelo clima em camarão *Pandalus boreales* e *Pandalus jordani*, embora no inverno houve tendência de ter maior valor (1,3%) do que no verão (1,2%). A estação do ano também não teve influência significativa na composição de ácidos graxos de camarão enlatado (KRZECZKOWSKI, 1970).

THOMPSON (1964) observou que não houve influência da estação do ano no teor de lipídios e colesterol em camarão *P. aztecus* e *P. setiferus*. No entanto, encontrou diferença significativa no teor de colesterol em caranguejo (*Callinectes sapidus*) capturados nos meses de setembro e novembro. Em setembro a média foi 86 mg/100g enquanto que em novembro foi 98 mg/100g.

GORDON (1982) relatou que as diferenças encontradas nos níveis de esterol em mariscos podem ser atribuídas às variações sazonais, à variação nos lipídios totais, esterol e colesterol, sendo evidente em ostras examinadas por um período de 9 meses. Os menores níveis para todas as três determinações foram encontrados em amostras tomadas em fevereiro. IDLER & WISEMAN (1971), por sua vez, obtiveram valores menores de lipídios em agosto para marisco e em julho para ostras.

Frutos do mar são móveis e estão expostos à miríade de alimentos, contaminantes e temperatura da água. Moluscos, como não são livres para migrar, estão à merce dos alimentos que os rodeiam e o conteúdo de gordura, colesterol e composição de ácidos graxos é marcadamente dependente da estação do ano (KRZYNOWEK, 1985). Assim, o nível de colesterol em mexilhão mostrou grande variabilidade no decorrer do ano, sendo menor em março e abril e maior em agosto e setembro. O conteúdo de gordura de

algumas espécies de peixes podem flutuar em torno de 10% em relação à época de captura.

2-3 - Efeito do local de criação

KING *et al.* (1990) verificaram que o teor de lipídios totais não foi afetado pelo local de criação em camarão *Pandalus boreales* e *Pandalus jordani*. Este fator, de maneira geral, não afetou os teores de lipídios totais e colesterol em várias espécies de camarão (KRZYNOWEK & PANUNZIO, 1989), embora o teor de colesterol do *Pandalus borealis* do Canadá tenha sido significativamente maior e dos EUA menor que o valor médio. Os autores não atribuíram as diferenças à localização geográfica, porque os dados foram insuficientes para uma análise estatística.

A percentagem de esteróis não foi afetada pela área geográfica, mas foi dependente da maneira de criação (cultivado ou silvestre) (BERENBERG & PATTERSON, 1981).

2-4 - Efeito da alimentação

A dieta do camarão tem grande influência sobre a composição química geral e em especial, sobre a composição de ácidos graxos. JEZYK & PENICNAK (1966) observaram que os ácidos graxos dos lipídios neutros de camarão adulto *Artemia salina* assemelharam-se à dieta, ou seja, à composição dos ácidos graxos das algas, porém os ácidos graxos dos fosfolipídios diferiram consideravelmente das algas. Por exemplo, 45% de 18:3 foi encontrado em lipídios neutros de camarão alimentados por algas com 43% deste ácido. ENZLER *et al.* (1974) obtiveram uma composição de ácidos graxos de camarão *Artemia salina* diferente dos dados de literatura e atribuíram as diferenças à alimentação e ao meio ambiente.

LILLY & BOTTINO (1981) encontraram 9% de ácido araquidônico em camarão do Golfo do México. Verificaram que os camarões não controlam seus níveis de ácido araquidônico pela síntese endógena, sendo provável que os níveis sejam um reflexo da quantidade deste ácido na dieta dos camarões.

KING *et al.* (1990) observaram que esteróis além do colesterol foram encontrados principalmente em moluscos vegetarianos. Todas as espécies, exceto lula (carnívora), tinham altas quantidades de brassicasterol.

BERENBERG & PATTERSON (1981) alimentaram ostras (*Crassostrea virginica*) com algas *Thalassiosira pseudonana* e *Isochrysis sp* que não possuíam colesterol. A composição de esteróis nas ostras revelou a presença de 19% de colesterol. Isto indica que as ostras são capazes de bioconverter fitosteróis em colesterol, concentrar colesterol da dieta ou sintetizar colesterol.

2-5 - Diferenças entre localização anatômica

A porção do camarão analisada também influencia os níveis de lipídios totais e a composição de ácidos graxos. KRZECZKOWSKI (1970) verificou que o camarão inteiro contém maiores teores de lipídios totais com 2,8 a 3,0%, seguido pelos restos do camarão com 1,0 a 4,0% e com a carne de camarão com menor quantidade, em torno de 1,2 a 1,5%. O total de ácidos graxos poliinsaturados foram maiores na carne do camarão (47-48%) que no camarão inteiro (38%) ou nos restos de camarão (42,5%). Ácidos graxos monoinsaturados ocorreram em níveis mais altos no camarão inteiro (39,0%) e nos restos de camarão (37,2%) do que na carne do camarão (31,3%). Embora os restos de camarão tenham apresentado a menor concentração de ácidos graxos saturados (20,7%), não houve variação entre camarão inteiro e carne de camarão, os quais continham 22,8 e 22,4%, respectivamente.

A seção do animal tomada para análise tem um papel importante no teor da gordura, porque a gordura não é distribuída igualmente em todo corpo (KRZYNOWEK, 1985). A carne escura das entranhas e da cabeça dos peixes, por exemplo, tende a ter mais gordura (em torno de 5% a mais) que as outras seções.

2-6 - Efeito do cozimento e da estocagem

KRISHNAMOORTHY *et al.* (1979) encontraram valores semelhantes de colesterol em camarão *Penaeus setiferus* cru e cozido (em água à 160°C por

30min), demonstrando que o cozimento do camarão não afetou o teor de colesterol. KRYZNOWEK & PANUNZIO (1989) também observaram que o cozimento não alterou o teor de colesterol do camarão *Pandalus borealis*.

KRZECZKOWSKI (1970) demonstrou que o processamento (branqueamento e enlatamento) não alterou a composição de ácidos graxos poliinsaturados. O branqueamento apenas causou perda de umidade, em consequência aumentou a percentagem de lipídios de 1,9 para 2,2% em camarão branqueado. GORDON (1982) verificou aumento no teor de colesterol em camarão *Pandalus jordani* cozido, enlatado e congelado individualmente ("Individual Quick Frozem", IQF), sendo o maior valor obtido para camarão enlatado, o qual foi atribuído à perda de umidade.

KRISHNAMOORTHY et al. (1979) verificaram que a estocagem por congelamento seguida por descongelamento aumentou o colesterol em camarões. BOTTINO et al. (1979), por sua vez, não verificaram mudanças na composição de ácidos graxos de camarão estocados em gelo por um período de 18 dias ou em congelador por 183 dias.

Pasteurização e/ou esterilização não alterou a quantidade de colesterol e a composição de ácidos graxos em produtos (KRZYNOWEK, 1985). Entretanto, ocorreu aumento gradual de colesterol em carne de caranguejo durante a estocagem de caranguejo enlatado. O processo de enlatamento ocasionou pequeno aumento na quantidade total de ácidos graxos, mas um aumento substancial ocorreu durante estocagem.

O método de retirada da carne do caranguejo pode afetar o teor de colesterol. KRZYNOWEK (1985) verificou diferença no teor de colesterol em carne de caranguejo extraído por retirada manual, extrusão mecânica e flotação em salmoura, o maior valor sendo obtido com extrusão mecânica.

2-7 - Métodos analíticos

Os principais métodos encontrados na literatura para determinação de colesterol em camarão são colorimétricos (KRITCHEVSKY & TEPPER, 1961, GALLAGHER & BROWN, 1975; KRISHNAMOORTHY et al., 1979; GORDON, 1982) e cromatográficos (gasosa) (KRITCHEVSKY et al., 1967; KANEDA et al.,

1980; KING *et al.*, 1990; KRZYNOWEK & PANUNZIO, 1989; KRZYNOWEK, 1985; JOHNSTON *et al.*, 1983; GORDON, 1982). Outros métodos também foram utilizados, como separação do colesterol em coluna e quantificação por gravimetria (JOHNSTON *et al.*, 1983).

Métodos gravimétricos e colorimétricos foram bastante utilizados no passado. Nos primeiros, o colesterol é isolado por precipitação com digitonina ou tomatina e medido gravimetricamente. A digitonina precipita colesterol livre, mas não os seus ésteres. Portanto, para quantificar colesterol total, uma saponificação prévia é necessária para transformar ésteres em colesterol livre. O procedimento é demorado, incômodo e de baixa sensibilidade. Esteróis, além de colesterol e fosfolípidios, também precipitam, e, assim, o método perde especificidade. A tomatina é tida como mais específica que a digitonina.

Métodos colorimétricos tendem a superestimar o teor de colesterol, pela presença de substâncias interferentes. Na reação clássica de Liebermann-Burchard, que emprega clorofórmio, anidrido acético e ácido sulfúrico para desenvolvimento da cor, estigmasterol, sitosterol e outros lípidios também reagem (GARDER & FOX, 1921). Além disso, a reação possui baixa sensibilidade e é afetada pela temperatura, luz e pequenas quantidades de umidade (SPERRY & WEBB, 1950, CRAWFORD, 1958). Tendo diferentes coeficientes molares, o $\Delta^{5,7}$ esterol, Δ^7 esterol e 7-dehidrocolesterol dão maior leitura de absorbância por unidade de massa que o colesterol (GORDON, 1982). O oposto ocorre com desmosterol e brassicasterol, mas a diferença neste caso não é muito grande. A reação não diferencia entre os vários esteróis que produzem diferentes cromógenos, os quais dão um valor impreciso do valor total de esteróis. Antes da medida, portanto, o colesterol após saponificação, deve ser isolado por precipitação com digitonina (SPERRY & WEBB, 1950).

Outro procedimento colorimétrico largamente utilizado é de ZLATKIS *et al.* (1953) que usa FeCl_3 , ácido acético glacial e ácido sulfúrico. Ácidos graxos insaturados também produzem cor com este reagente (WEISS *et al.*, 1964). Interferências de proteínas, esteróides, turbidez (BROWN, 1961) e vitamina A (KINLEY & KRAUSE, 1958) também foram relatadas. KRITCHEVSKY & DEHOFF (1978) quantificaram os esteróis de frutos do mar, após saponificação e precipitação com digitonina utilizando FeCl_3 e por um outro método usando

reagente de antrona. Os dois métodos não foram significativamente diferentes em relação ao teor de esterol em camarão e "haddock". Entretanto, ostra, marisco e mexilhão apresentaram maiores valores com antrona do que com FeCl_3 . Esta diferença deve-se provavelmente à presença de quantidade considerável de desmosterol.

Somente 23-43% dos esteróis dos moluscos são constituídos por colesterol (GORDON, 1982), mas o colesterol perfaz 94% (GAGOSIAN, 1975) a 99% (GORDON, 1982) do total de esteróides de camarão. O extrato insaponificável de moluscos produziu rapidamente, com a adição do reagente Liebermann-Burchard, um cromógeno que se tornou vermelho-azulado, ao invés da cor verde característica obtida com colesterol padrão (GORDON, 1982). A presença de Δ^7 - e $\Delta^{5,7}$ -esteróis foi a causa da reação rápida. O $\Delta^{5,7}$ -esterol tornou-se um problema somente com moluscos e não com outros frutos do mar, como crustáceos e peixes.

Quatro procedimentos (reação Liebermann-Burchard sem precipitação prévia por digitonina, com precipitação prévia por digitonina, modificada na leitura da absorbância, tomada em dois tempos para quantificar Δ^5 - e $\Delta^{5,7}$ -esterol e cromatografia gasosa) foram utilizados para determinar o total de esteróis em moluscos e crustáceos por GORDON (1982), obtendo resultados significativamente diferentes. Embora a reação colorimétrica de Liebermann-Burchard com ou sem modificação seja um método rápido para estimar o conteúdo de esteróis em moluscos, o método de escolha para a composição qualitativa e quantitativa foi a cromatografia gasosa. KRITCHEVSKY *et al.* (1967) determinaram a composição de esteróis em frutos do mar colorimetricamente e por cromatografia gasosa e atribuíram a variabilidade dos valores de colesterol encontrados na literatura à análise colorimétrica, principalmente para amostras com grandes quantidades de esteróis, além de colesterol.

Uma vez que o camarão contém outros esteróis além do colesterol, os métodos cromatográficos são atualmente preferidos, por separarem os esteróis e outros possíveis interferentes. A cromatografia gasosa é a mais utilizada. Não foi encontrado nenhum trabalho empregando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para colesterol em camarão.

A determinação de lipídios totais é quase exclusivamente realizada pelos métodos de FOLCH *et al.* (1957) e de BLIGH & DYER (1959) que são métodos semelhantes, diferindo apenas na proporção dos solventes extratores (clorofórmio, metanol e água). O método de FOLCH *et al.* (1957) ao contrário do BLIGH & DYER (1959) não utiliza água no solvente de extração por considerar o conteúdo de água da amostra.

Embora tenha-se tentado utilizar CLAE para a determinação de ácidos graxos, a cromatografia gasosa com derivação, principalmente metilação, continua sendo o método universal. Os trabalhos iniciais empregaram coluna empacotada (KRZECZKOWSKI, 1970; BOTTINO *et al.*, 1979, KOTB *et al.*, 1991) identificando 22 a 29 ácidos graxos. Mesmo utilizando uma coluna capilar, KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989) e KING *et al.* (1990) identificaram apenas 11 e 27 ácidos graxos, respectivamente.

3 - CONCLUSÃO

Os estudos na revisão da literatura sobre colesterol, lipídios totais e ácidos graxos de camarão são poucos e os resultados às vezes conflitantes de modo que conclusões seguras não podem ser formuladas. As únicas afirmações que podemos fazer são:

- (1) A composição de ácidos graxos em camarão é afetada pela dieta e pela porção analisada.
- (2) Não há perda de colesterol durante cozimento ou processamento (branqueamento, enlatamento) de camarão.

A revisão demonstra claramente a necessidade de vários estudos sobre este importante assunto.

4- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AVOGARO, P., CAZZOLATO, G., BITTOLO BON, G. & QUINCI, G. B. Are apolipoproteins better discriminators than lipids for atherosclerosis? *Lancet*, 1: 901, 1979.
2. BERENBERG, C. J. & PATTERSON, G. W. The relationship between dietary phytosterols and the sterols of wild and cultivated oysters. *Lipids*, 16: 276, 1981.

3. BLIGH, E. G. & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, **37**: 911, 1959.
4. BOTTINO, N. R., GENNITY, J., LILLY, M. L., SIMMONS, E. & FINNE, G. Seasonal and nutritional effects on the fatty acids of three species of shrimp *Penaeus setiferus*, *P. aztecus*, and *P. duorarum*. **Aquaculture**, **19**: 139, 1980.
5. BOTTINO, N. R., LILLY, M. L. & FINNE, G. Fatty acid stability of Gulf of Mexico brown shrimp (*Penaeus aztecus*) held on ice and in frozen storage. **J. Food Sci.**, **44**: 1778, 1979.
6. BROWN, W. Errors in the determination of serum cholesterol. **Aust. J. Exp. Biol.**, **39**: 209, 1961.
7. CRAWFORD, N. An improved method for determination of free and total cholesterol using the ferric chloride reaction. **Clin. Chim. Acta**, **3**: 357, 1958.
8. ENZLER, L., SMITH, V. & LIN, J. S., OLOCOTT, H. S. The lipids of mono lake, California, brine shrimp (*Artemia salina*). **J. Agr. Food Chem.**, **22**: 330, 1974.
9. FOLCH, J., LESS, M. & STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.**, **226**: 497, 1957.
10. GAGOSIAN, R.B. Sterols of the lobster (*Homarus americanus*) and the shrimp (*Pandalus borealis*). **Experientia**, **31**: 878, 1975.
11. GALLAGHER, M. & BROWN, W. D. Composition of San Francisco bay brine shrimp (*Artemia salina*). **J. Agric. Food Chem.**, **23**: 630, 1975.
12. GARDER, J. A. & FOX, F. W. Note on a source of error in the colorimetric method for the estimation of cholesterol in tissue fats. **Biochem. J.**, **15**: 376, 1921.
13. GORDON, D. T. Steroids in mollusks and crustacea of the Pacific Northwest. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, **59**: 536, 1982.
14. GRUNDY, S. M. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. **New Eng. J. Med.**, **313**: 745, 1986.
15. GRUNDY, S. M. & DENKE, M. A. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. **J. Lip. Res.**, **31**: 1149, 1990.
16. IDLER, D. R. & WISEMAN, P. Sterols of crustacea. **Int. J. Biochem.**, **2**: 91, 1971.
17. JEZYK, P. F. & PENICNAK, A. J. Fatty acid relationships in an aquatic food chain. **Lipids**, **1**: 427, 1966.
18. JOHNSTON, J. J.; GHANBARI, H. A.; WHEELER, W. B. & KIRK J. R. Characterization of shrimp lipids. **J. Food Sci.**, **48**: 33, 1983.
19. KANEDA, T.; NAKAJIMA, A.; FUJIMOTO, K.; KOBAYASHI, T.; KIRIYAMA, S.; EBIHARA, K.; INNAMI, T.; TSUJI, K.; TSUJI, E.; KINUMAKI, T.; SHIMMA, H. & YONEYAMA, S. Quantitative analysis of cholesterol in food by gas-liquid chromatography. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.**, **26**: 497, 1980.
20. KINLEY, L. & KRAUSE, R. Serum cholesterol determinations as affected by vitamin A. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, **99**: 244, 1958.
21. KING, I. CHILDS, T.; DOSETT, C. OSTRANDER, J.G. & MONSEN, R. Shellfish: proximate composition, minerals, fatty acids, and sterols. **J. Am. Diet. Assoc.**, **90**: 677, 1990.
22. KOTB, A. R.; HADEED, A. F. A. & AL-BAKER, A. A. Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish. **Food Chem.**, **40**: 185, 1991.
23. KRISHNAMOORTHY, R. V.; VENKATARAMIAH, A.; LAKSHMI, G. J. & BIESIOT, P. Effects of cooking and of frozen storage on the cholesterol content of selected shellfish. **J. Food Sci.**, **44**: 314, 1979.
24. KRITCHEVSKY, D. & DEHOFF, J. L. Sterol content of seafood as a function of analytical method. **J. Food Sci.**, **43**: 1786, 1978.

25. KRITCHEVSKY, D. & TEPPER, S. A. The free and ester sterol content of various foodstuffs. *J. Nutrition*, **74**: 441, 1961.
26. KRITCHEVSKY, D. TEPPER, S. A., DiTULLO, N. W. & HOLMES, W. L. The sterols of seafood. *J. Food Sci.*, **32**: 64, 1967.
27. KRZECZKOWSKI, R. A. Fatty acids in raw and processed Alaska pink shrimp. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **47**: 451, 1970.
28. KRZYNOWEK, J. Sterols and fatty acids in seafood. *Food Technol.*, **39**: 61, 1985.
29. KRZYNOWEK, J. & PANUNZIO, L. J. Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. *J. Food Sci.*, **54**: 237, 1989.
30. LILLY, M. L. & BOTTINO, N. R. Identification of arachidonic acid in Gulf of Mexico shrimp and degree of biosynthesis in *Penaeus setiferus*. *Lipids*, **16**: 87, 1981.
31. MATTSON, F. H., ERICKSON, B. A. & KLIGMAN, A. M. Effect of dietary cholesterol on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nut.*, **25**: 589, 1972.
32. MATTSON, F. H. & GRUNDY, S. M. Comparison of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J. Lipid. Res.*, **26**: 194, 1985.
33. McNAMARA, D. J. Coronary heart disease. In: **Present Knowledge in Nutrition** (Brown, M. L. Ed.), 1990, p. 349.
34. NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM. Report of the National Cholesterol Education Program Expert Panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults. *Arch. Int. Med.*, **148**: 36, 1988.
35. SPERRY, W. M. & WEBB, M. A revision of the Schoenheimer-Sperry method for cholesterol determination. *J. Biol. Chem.*, **187**: 87, 1950.
36. SIDWELL, V. D., FONCANNON, P. R., MOORE, N. S. & BONNET, J. C. Composition of the edible portion of raw (fresh or frozen) crustaceans finfish and mollusks. I. Protein, fat, moisture, ash, carbohydrate, energy value and cholesterol. *Mar. Fish Rev.*, **36**: 21, 1974.
37. SINCLAIR, A. J. Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. *Food Australia*, **45**: 226, 1993.
38. THOMPSON, R. H. Cholesterol content of various species of shellfish. 1. Methods of analysis and preliminary survey of variables. *Fish. Ind. Res.*, **2**: 11, 1964.
39. WEISS, J. F., NABER, E. C. & JOHNSON, R. M. Effect of dietary fat and other factors on egg yolk cholesterol. *Arch. Biochem. Biophys.*, **105**: 521, 1964.
40. ZLATKIS, A., ZAK, B. & BAYLE, A. J. A new method for the direct determination of serum cholesterol. *J. Lab. Clin. Med.*, **41**: 486, 1953.

**OTIMIZAÇÃO DA DETERMINAÇÃO DE
COLESTEROL POR CLAE E TEORES DE
COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E ÁCIDOS
GRAXOS EM CAMARÃO ROSA
(*Penaeus brasiliensis*)**

Trabalho enviado à revista Ciência e Tecnologia de Alimentos

RESUMO

A produção de camarões no Brasil é expressiva com condições propícias para expansão. Apesar de ser bem apreciado em termos culinários e ser uma fonte rica de proteínas, o camarão é apontado como um alimento de alto conteúdo de colesterol. Considerando que o nível de colesterol sanguíneo humano é dependente não só do teor de colesterol, mas também da quantidade de gordura e do tipo de ácidos graxos na dieta, um estudo integrado destes três constituintes foi realizado em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*), tamanho médio proveniente de São Paulo. A extração e a determinação do teor de lipídios totais foram realizadas de acordo com método de FOLCH *et al.* (1957). O método para determinação de colesterol por cromatografia líquida de alta eficiência, com coluna C₁₈ e detector por conjunto de diodos, foi estabelecido no nosso laboratório. Este método mostrou-se eficiente, rápido e simples. A composição de ácidos graxos foi obtida por cromatografia gasosa com coluna capilar de sílica fundida com DB-WAX. Os teores de colesterol e lipídios totais para camarão rosa médio foram 127 ± 9 mg/100 g e $1,0 \pm 0,1$ g/100 g, respectivamente. Foram detectados oitenta e sete ácidos graxos, sendo 20:5 ω 3 (EPA), 16:0, 22:6 ω 3 (DHA), 18:0, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7, 20:4 ω 6 e 18:1 ω 7 os principais. Do ponto de vista de saúde humana, o alto teor de colesterol encontrado no camarão é compensado pelo baixo teor de gordura e altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente EPA e DHA.

Palavras-chave: colesterol, lipídios totais, ácidos graxos, camarão, cromatografia líquida de alta eficiência, cromatografia gasosa.

SUMMARY

OPTIMIZATION OF CHOLESTEROL DETERMINATION BY HPLC AND LEVELS OF CHOLESTEROL, TOTAL LIPIDS AND FATTY ACIDS OF THE PINK SHRIMP (*Penaeus brasiliensis*). Shrimp production in Brazil is substantial, with good potential for expansion. Although well appreciated in culinary terms and as a rich source of protein, shrimp is classified as a high cholesterol food. Considering that the human cholesterol blood level depends not only on dietary cholesterol, but also on the amount of fat and the type of fatty acids in the diet, an integrated study

of these three constituents was carried out in the Brazilian shrimp *Penaeus brasiliensis*, medium size, from the state of São Paulo. Extraction and determination of total lipids were undertaken according to the method of FOLCH *et al.* (1957). Cholesterol was determined by a high performance liquid chromatographic method, established in our laboratory, using a C₁₈ column and a photodiode array detector. This method was shown to be efficient, rapid and simple. The fatty acid composition was obtained by gas chromatography with a fused silica capillary column DB-WAX. The cholesterol and total lipid contents for *P. brasiliensis* were 127 ± 9 mg/100 g and $1,0 \pm 0,1$ g/100 g, respectively. Eighty-seven fatty acids were detected, the principal fatty acids being 20:5 ω 3 (EPA), 16:00, 22:6 ω 3 (DHA), 18:00, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7, 20:4 ω 6 and 18:1 ω 7. From the human health point of view, the high cholesterol content in the shrimp is compensated by low fat and high polyunsaturated fatty acid levels, especially of EPA and DHA.

Key words: cholesterol, total lipids, fatty acids, shrimp, high performance liquid chromatography, gas chromatography.

1 - INTRODUÇÃO

A produção de camarões no Brasil cresceu notavelmente nos últimos anos e tem excelentes condições para expansão. Além de aumentar a capacidade de suprir a demanda do mercado interno, o potencial para exportação é elevado. No entanto, os países desenvolvidos são relutantes em importar camarões, apesar de serem fontes ricas de proteínas, devido ao seu alto teor de colesterol. Além disso, dados nacionais sobre colesterol e ácidos graxos de camarão são praticamente inexistentes.

O colesterol do plasma humano depende não somente do colesterol, mas também do conteúdo de gordura e da composição de ácidos graxos da dieta. O efeito dos ácidos graxos da dieta no nível de colesterol plasmático tem sido descrito com detalhes por mais de 30 anos (KEYS *et al.*, 1965). Recentes

publicações têm dado ênfase a este fato (MENSİK, 1995; SINCLAIR, 1993, MAZIER & JONES, 1991; GRUNDY & DENKE, 1990; O'DEA *et al.* 1990). Para manter o colesterol sanguíneo em baixos níveis, a dieta deve ser pobre em colesterol, gordura e ácidos graxos saturados (NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM, 1988). Assim, uma investigação conjunta destes três constituintes faz-se necessária.

Os principais métodos encontrados na literatura para determinação de colesterol em camarão são colorimétricos (KRITCHEVSKY & TEPPER, 1961, THOMPSON, 1964, GALLAGHER & BROWN, 1975; KRISHNAMOORTHY *et al.*, 1979; GORDON, 1982) e cromatográficos (gasosa) (KRITCHEVSKY *et al.*, 1967; KANEDA *et al.*, 1980; KING *et al.*, 1990; KRZYNOWEK & PANUNZIO, 1989; KRZYNOWEK, 1985; JONHSTON *et al.*, 1983; GORDON, 1982). Uma vez que o camarão apresenta outros esteróis além do colesterol, os métodos cromatográficos são mais específicos, pois separam os esteróis e outros possíveis interferentes. Não foi encontrado nenhum trabalho utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para colesterol em camarão.

Todos os métodos de análise de colesterol constam das seguintes etapas: extração de lipídios, feita quase que universalmente pelo método de FOLCH *et al.* (1957), saponificação, extração da matéria insaponificável e medida do colesterol. Mais recentemente, está sendo proposta para vários tipos de produtos alimentícios, a saponificação da amostra, seguida por extração da matéria insaponificável e medição do colesterol (KLATT *et al.*, 1995; MAURICE *et al.*, 1994; AL-HASSANI *et al.*, 1993; ULBERTH & REICH, 1992; KOVACS *et al.*, 1979). Embora a saponificação direta seja mais rápida para análise de colesterol, optou-se neste trabalho pela extração dos lipídios antes da saponificação para permitir a determinação de lipídios totais, colesterol e ácidos graxos a partir do mesmo extrato.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Material

Foram analisados cinco lotes de camarão rosa (*P. brasiliensis*), tamanho médio, proveniente do litoral de São Paulo. De cada lote, constituído de 20 kg, foi tomada uma amostra de ½ kg, a qual foi limpa, removendo-se a cabeça, casca, pernas, cauda e intestino, e triturada em multiprocessador até obtenção de uma massa homogênea. Para a análise tomaram-se subamostras de 10 g, em duplicata.

Em média, os camarões pesaram 28 ± 5 g e tinham tamanho de $15,8 \pm 0,8$ cm.

2.2 - Métodos

A extração dos lipídios e a determinação do teor de lipídios totais foram realizadas pelo método de FOLCH *et al.* (1957). O colesterol foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência por um método estabelecido anteriormente para ovos (BRAGAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1993) e otimizado no presente trabalho para camarão, e a composição de ácidos graxos por cromatografia gasosa. Os três métodos estão sumariamente descritos na *Figura 1*.

Para a determinação de colesterol por CLAE, foram inicialmente avaliados 3 procedimentos de saponificação: a) 0,5 g de amostra, 1 ml de KOH 50%, 90°C por 1 hora com agitação (KOVACS *et al.*, 1979); b) 10 ml do extrato clorofórmico (equivalente a 0,5 g de amostra), 1 ml de KOH 40%, 85°C por 1 hora (KANEDA *et al.*, 1980); c) 10 ml do extrato clorofórmico (equivalente a 0,5 g de amostra), 10 ml de KOH 12% em metanol a 90%, 80°C por 15 min com agitação (BOHAC *et al.*, 1988).

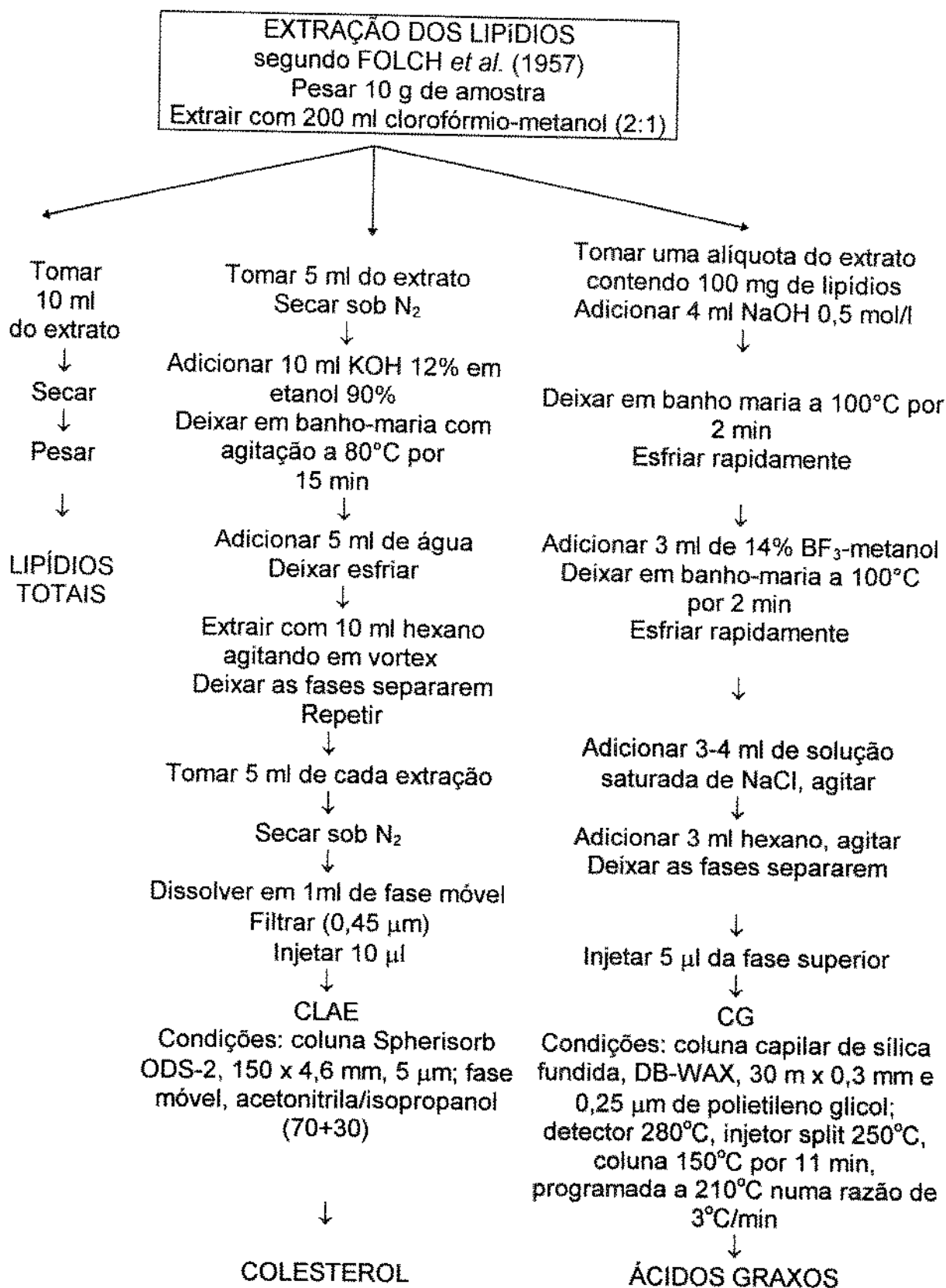


FIGURA 1. Fluxograma para determinação de lipídios totais, colesterol e ácidos graxos.

Foram também testadas extrações consecutivas da matéria insaponificável e limpeza do extrato hexano contendo os insaponificáveis com uma minicoluna de sílica (eluentes: 9% de éter etílico em hexano, diclorometano e hexano) e com cartucho descartável Sep-pak C₁₈ (eluentes: acetonitrila/isopropanol (1+1), n-hexano/isopropanol (4+1) e hexano).

Para a escolha da fase móvel testaram-se várias proporções (50+50, 60+40 e 70+30) de acetonitrila/isopropanol, sendo que se obteve a melhor separação do colesterol com acetonitrila/isopropanol (70+30).

O teste de recuperação foi feito adicionando-se quantidades conhecidas de colesterol na amostra.

Foi utilizado um cromatógrafo a líquido com sistema ternário de solventes (VARIAN, 9010); válvula "Rheodyne" com alça de amostragem de 10 µl; coluna, Spherisorb ODS-2, 150 x 4,6 mm, 5 µm; coluna de guarda, Spherisorb ODS-2, 10 x 4,6 mm, 5 µm; fase móvel, acetonitrila/isopropanol (70+30); vazão, 1,0 ml/min (pressão de 45 atm.); detector por conjunto de diodos (WATER 994); e integrador processador (VARIAN, 4400). Espectros de absorvância foram tirados entre 190 e 300 nm e os cromatogramas foram registrados a 210 nm. O tempo de corrida cromatográfica foi de 15 minutos. Todos os solventes usados foram grau cromatográfico, filtrados e degaseificados em ultra-som antes do uso.

A identificação do pico de colesterol foi feita por comparação dos tempos de retenção do padrão e o da amostra, por co-cromatografia e espectros de absorvância. A pureza dos picos foi verificada através dos espectros de absorvância obtidos no início, ápice e término do pico (*Figura 2*).

A quantificação foi feita por padronização externa e a curva de calibração foi construída de 1,0 a 4,0 µg/10 µl. A curva padrão foi linear, passou pela origem e cobriu a faixa de concentração das amostras.

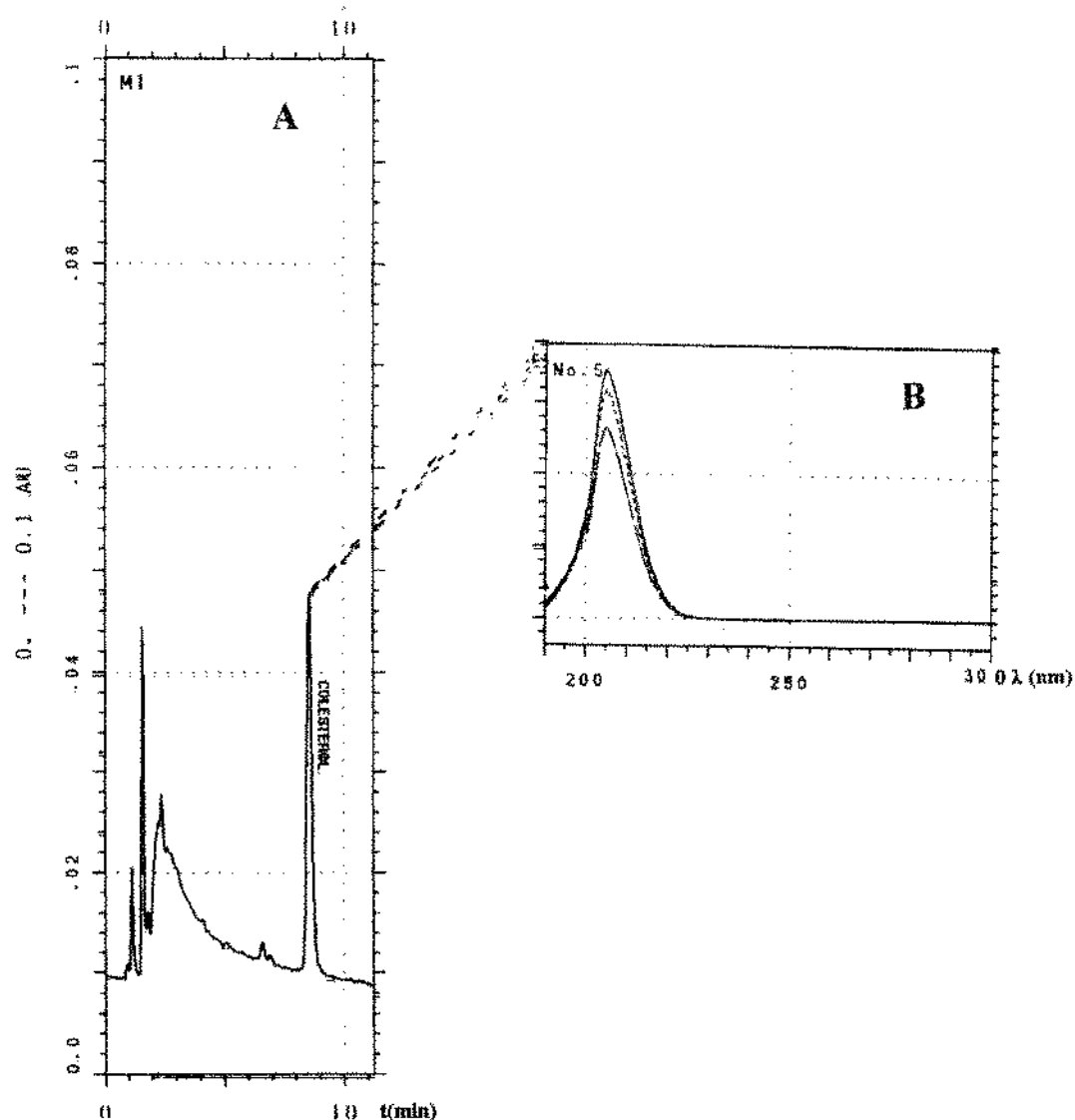


FIGURA 2. Cromatograma típico obtido por CLAE (A) de uma amostra de camarão rosa e espectros de absorvância (B) obtido pelo detector por conjunto de diodos.

Condições cromatográficas: coluna Spherisorb ODS-2, 150 x 4,6 mm, 5 μ m; fase móvel acetonitrila/isopropanol (70+30); vazão, 1 ml/min.

Para a análise dos ácidos graxos, uma alíquota do extrato de lipídios, contendo aproximadamente 0,1 g de lipídios, foi seca em rota-evaporador e saponificada. Os ácidos graxos foram metilados pelo método de METCALFE *et al.* (1966), usando trifluoreto de boro-metanol como agente esterificante.

A cromatografia gasosa, para análise de ácidos graxos, foi realizada em cromatógrafo VARIAN, modelo 3300, equipado com: detector por ionização em chama; injetor split, razão de 100:1; coluna capilar de sílica fundida, 30 m de comprimento x 0,30 mm de diâmetro interno e contendo 0,25 µm de polietileno glicol (DB-WAX da J & W Scientific, Califórnia, USA) e integrador processador INTRALAB 4290. As condições cromatográficas foram: temperatura da coluna, 150°C por 11 min, programada até 210°C numa razão de 3°C/min; gás de arraste, hidrogênio numa vazão de 1,26 ml/min com velocidade linear de 39,4 cm/s; gás "make-up", nitrogênio a 30 ml/min; temperatura do injetor, 250°C; e temperatura do detector, 280°C.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pelo uso em conjunto dos seguintes parâmetros: comparação do tempo de retenção corrigido de ésteres metílicos dos ácidos graxos das amostras e padrões; co-cromatografia de padrões e amostras; e comprimento equivalente da cadeia (ECL') (fórmula no Anexo 1) como é realizada em peixes (CHRISTIE, 1988; BANNON *et al.* (1988), ACKMAN, 1987; KRAMER *et al.*, 1985; FLANZY *et al.*, 1976; HANSEN & ANDRESEN, 1968, MIWA *et al.*, 1960). A quantificação foi feita por normalização. Um cromatograma típico dos ácidos graxos encontrados em camarão rosa pode ser observado na *Figura 3*.

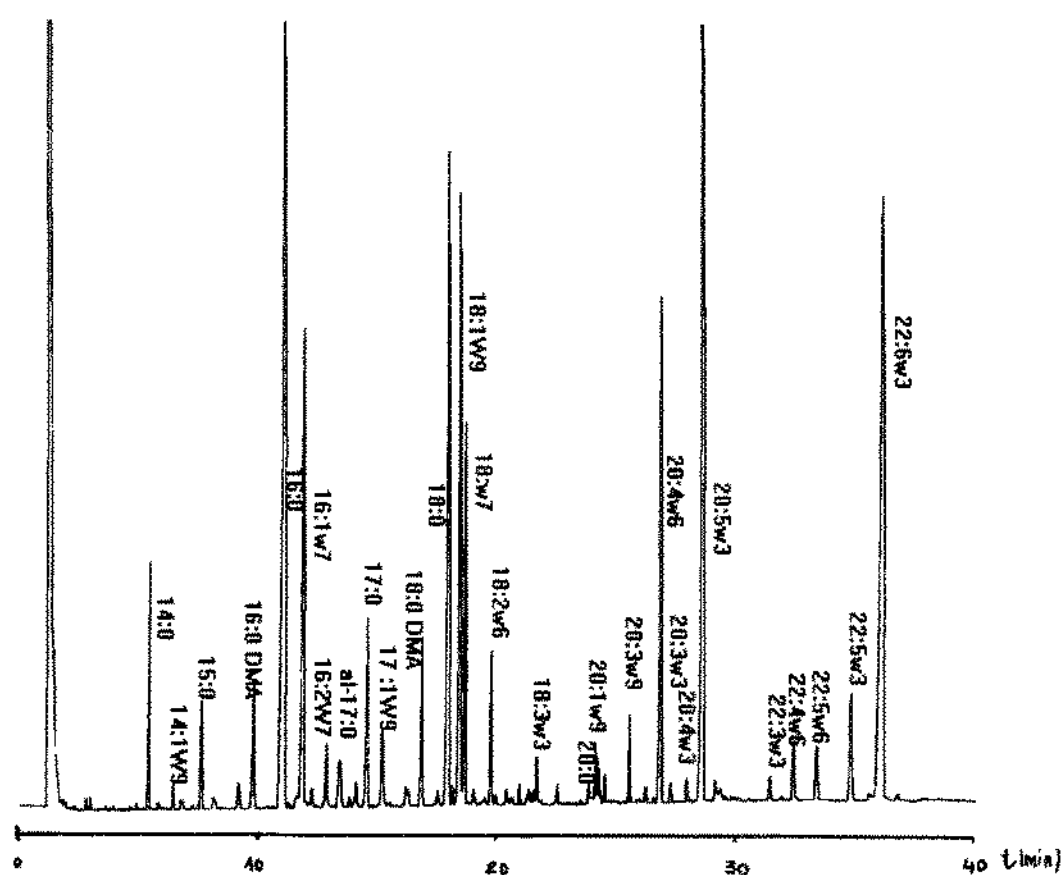


FIGURA 3. Cromatograma típico obtido por CG dos ácidos graxos de camarão rosa.

Condições cromatográficas: coluna de sílica fundida DB-WAX, 30m, 0,3mm e 0,25µm; temperatura programada da coluna, 150°C por 11 min subindo a 210°C numa razão de 3°C/min.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Avaliação do método por CLAE para colesterol

As médias dos teores de colesterol obtidas pelos três procedimentos de saponificação estão apresentadas na *Tabela 1*. A saponificação de acordo com BOHAC *et al.* (1988) apresentou o menor coeficiente de variação (CV) e é mais rápida. Além disso, a extração dos lipídios totais antes da saponificação permitiu a determinação de lipídios totais e a composição de ácidos graxos a partir do mesmo extrato. Como as médias obtidas por este procedimento foram menores, um teste de recuperação foi realizado.

TABELA 1. Comparação de três procedimentos de saponificação.

Amostra	Concentração de colesterol (mg /100 g)					
	Procedimento a		Procedimento b		Procedimento c	
	média $\pm$ dp* CV (%)		média $\pm$ dp* CV (%)		média $\pm$ dp* CV (%)	
1	138 $\pm$ 2	2	140 $\pm$ 2	2	131 $\pm$ 1	1
2	140 $\pm$ 20	14	141 $\pm$ 2	1	130 $\pm$ 4	3
3	129 $\pm$ 5	4	117 $\pm$ 24	21	118 $\pm$ 1	1

*Média e estimativa de desvio-padrão de análises em triplicatas

Procedimento a, KOVACS *et al.* (1979); procedimento b, KANEDA *et al.* (1980); procedimento c, BOHAC *et al.* (1988)

No teste de recuperação pelo método inteiro, com saponificação de BOHAC *et al.* (1988) obtiveram-se valores de $96 \pm 1\%$ como mostra a *Tabela 2*. KOVACS *et al.* (1979) obtiveram recuperação de 103,4% para bacalhau e THOMPSON (1964), 97% para caranguejo. Não foi encontrado nenhum trabalho sobre colesterol em camarão que envolveu teor de recuperação.

TABELA 2. Taxas de recuperação do colesterol pelo método estabelecido.

Colesterol adicionado (mg)	n	% Recuperação
		média $\pm$ dp
4	2	96 $\pm$ 1
8	2	96 $\pm$ 1

n= número de repetições

No teste de extrações consecutivas dos insaponificáveis por hexano observou-se que apenas duas extrações foram necessárias, uma vez que na terceira extração não se detectou colesterol.

A limpeza com minicoluna de sílica ou sep-pak de C₁₈ não foi eficiente nas condições testadas uma vez que retinha, além dos interferentes, uma quantidade significativa de colesterol. De qualquer forma, a análise cromatográfica sem etapas de limpeza, não foi prejudicada por interferentes (Figura 2).

3.2 - Teores de lipídios totais e colesterol

Os resultados de lipídios totais e colesterol obtidos para camarão rosa (*P. brasiliensis*) encontram-se na Tabela 3. O teor de lipídios totais foi em média menor que 1%, variando de 0,8 a 1,1%, o que está de acordo com os resultados apresentados pelo EXPERT PANEL ON FOOD SAFETY AND NUTRITION (1991) com valores menores que 1% para camarão em geral. Esta comissão explica que o músculo do camarão contém menos de 1% de lipídios totais, porque o depósito de gordura é estocado no hepatopâncreas, o qual fica localizado na região da cabeça. KRZECZKOWSKI (1970) obteve 2,8 a 3,0% de lipídios totais quando todo camarão (*Pandalus borealis*) foi analisado e 1,2 a 1,5% quando apenas a carne foi analisada.

TABELA 3. Teores de lipídios totais e colesterol em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*).

Lote	Lipídios totais (%)*	Colesterol (mg /100g)*
1	1,0	136
2	1,1	124
3	1,1	112
4	0,9	132
5	0,8	131
Média geral ± dp	1,0 ± 0,1	127 ± 9

*Média de análises em duplicata

dp = estimativa de desvio-padrão

Há concordância também com KRZYNOWEK & PANUNZO (1989) que relataram uma faixa de 0,8 a 1,1% de lipídios totais em 11 amostras de camarão de várias espécies (*Pandalus borealis*, *P. setiferous*, *P. durarum notialis*, *P. aztecus aztecus*, *P. durarum durarum*, *P. aztecus subtilis*) e vários locais (EUA, Brasil, Canadá, Honduras e Equador); KING *et al.* (1990), com 1,19% no verão, 1,34% no inverno e 1,26% em camarão rosa (*Pandalus borealis* e *P. jordanii*) cozido; JOHNSTON *et al.* (1983), com média de 1,2% em camarão *P. aztecus* e THOMPSON (1964) com 1,1% em camarão *P. aztecus* e 1,2% em *P. setiferus*. Valores mais baixos foram encontrados por KOTB *et al.* (1991) com média de 0,5%, em camarão de espécie não especificada.

A média de 127 mg/100g para colesterol obtida no presente trabalho foi semelhante a de KRITCHEVSKY & TEPPER (1961) que encontraram 138 mg/100g em camarão (espécie não especificada). No entanto, foi maior que a encontrada por KRISHNAMOORTHY *et al.* (1979) que obtiveram em média 96 mg/100g para camarão branco (*Penaeus setiferus*). Foi menor que a apresentada por KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989) que encontraram em média 152 mg/100g, com faixa de 135 a 186 para diferentes espécies de camarões provenientes de vários locais; por THOMPSON (1964) que obteve 156 e 157 para camarão *P. aztecus* e *P. setiferus*; por JOHNSTON *et al.* (1983) com média de 201 mg/100g para camarão *P. aztecus*; e por KRITCHEVSKY *et al.* (1967) que encontraram valores médios de 200 mg/100g em espécie de camarão não especificada. Estas discrepâncias podem ser atribuídas à espécie, estação do ano, tipo de alimentação, tamanho, local de origem e também ao método utilizado. O colesterol foi determinado pelo método colorimétrico nos trabalhos de KRITCHEVSKY & TEPPER (1961), KRISHNAMOORTHY *et al.* (1979), KRITCHEVSKY *et al.* (1967); gravimétrico por JOHNSTON *et al.* (1983) e por cromatografia gasosa de alta resolução por KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989).

Vários autores (KING *et al.*, 1990; GAGOSIAN, 1975; IDLER & WISEMAN, 1971; KRITCHEVSKY *et al.*, 1967 e GORDON, 1982) encontraram colesterol como o principal esterol em camarão, perfazendo 94 a 99% do total. Como esteróis secundários, foram detectados brassicasterol (KING *et al.*,

1990) e desmosterol (IDLER & WISEMAN, 1971). No presente trabalho, não houve a preocupação de determinar outros esteróis além do colesterol.

3.3 - Composição de ácidos graxos

Cerca de 91 picos apareceram no cromatograma (*Figura 3*), dos quais 79 ácidos graxos e 4 dimetilacetais (DMA) foram identificados. Os principais ácidos graxos encontrados foram 20:5 ω 3 (EPA), 16:0, 22:6 ω 3 (DHA), 18:0, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7, 20:4 ω 6 e 18:1 ω 7 (*Tabela 4*), os quais somam em torno de 79% do total de ácidos graxos. Os demais ácidos graxos principais variaram de 3,6 a 8,6% do total de ácidos graxos.

Utilizando colunas recheadas, foram identificados 29 ácidos graxos em camarão *Pandalus borealis* por KRZECZKOWSKI (1970); 26 em camarão *P. aztecus* por BOTTINO *et al.* (1979) e 22 em espécie de camarão não especificada por KOTB *et al.* (1991). KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989), utilizando coluna capilar, identificaram apenas 11 ácidos graxos em diferentes espécies de camarões de vários locais. KING *et al.* (1990) identificaram 27 ácidos graxos, também com coluna capilar, em camarão cozido *Pandalus borealis* e *P. jordani*.

Os ácidos graxos majoritários encontrados no presente trabalho foram também os principais nos trabalhos de KING *et al.* (1990) e KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989), porém, a ordem não foi a mesma. Maior valor de 18:1 ω 9 e menor valor de 18:0 foi detectado por KING *et al.* (1990) em camarão cozido *Pandalus borealis* e *P. jordani*. No trabalho de KRZYNOWEK & PANUNZIO (1989), das cinco amostras analisadas (espécies e locais diferentes), duas amostras foram diferentes com maior valor de 14:0, 18:1 ω 9 e 18:2 ω 6 e menor valor de 16:1 ω 7 no *P. durarum notialis* proveniente do Equador e maior valor de 20:4 ω 6 no de Honduras. KOTB (1991) também encontrou 18:2 ω 6 como principal ácido graxo em camarão (espécie não especificada), mas não especificou a posição da dupla ligação de alguns ácidos graxos como 18:1. BOTTINO *et al.* (1979) não detectaram o 18:1 ω 7 em espécie de camarão não especificada, o qual pode estar junto com 18:1 ω 9, desde que os autores relataram que o mesmo pode conter outros ácidos graxos 18:1, explicando seu

alto teor. Por outro lado, KRZECZKOWSKI (1970) identificou e quantificou apenas 20:5 ω 3, 18:1 ω 9, 16:0, 22:6 ω 3 e 16:1 ω 7 como principais e identificou alguns ácidos graxos que não foram detectados no presente trabalho, como 14:1 ω 6, 15:1 ω 6, 17:1 ω 8 e 22:4 ω 3.

No camarão rosa (*P. brasiliensis*) o total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados foi 30,2, 22,6 e 45,0%, respectivamente. Dos ácidos graxos saturados, o palmítico (16:0) foi o predominante com 14,9%. Os ácidos graxos monoinsaturados mais comuns foram 18:1 ω 9 (7,9%) e 16:1 ω 7 (6,3%). Dos ácidos graxos poliinsaturados os mais abundantes foram EPA e DHA, justamente os ácidos graxos poliinsaturados considerados de maior importância para saúde humana. Estes dois ácidos graxos somaram 32%, alcançando o mesmo teor que o verificado no bacalhau. Os presentes resultados são semelhantes aos de BOTTINO *et al.* (1979), porém, maiores em ácidos graxos saturados e menores em poliinsaturados que KRZECZKOWSKI (1970) e KING *et al.* (1990).

A razão poliinsaturados/saturados (P/S) e ω 3/ ω 6 foi 1,5 e 4,1, respectivamente. Valores semelhantes foram obtidos para P/S por KING *et al.* (1990) e por BOTTINO *et al.* (1979). Para ω 3/ ω 6, KING *et al.* (1990) obtiveram valor maior (7,9) que o obtido no presente trabalho.

TABELA 4. Composição de ácidos graxos (%) dos lipídios de camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*).

Ácidos graxos e DMA	média ± dp*	Ácidos graxos	média ± dp*
10:0	0,3 ± 0,0	19:0	0,1 ± 0,0
12:0	0,2 ± 0,0	19:1 ω 11	0,2 ± 0,0
14:0	1,6 ± 0,3	19:1 ω 9	0,4 ± 0,0
14:1 ω 5	0,2 ± 0,0	NI	0,2 ± 0,0
15:0 (iso)	0,1 ± 0,0	NI	0,1 ± 0,0
15:0	1,0 ± 0,1	18:3 ω 3	0,5 ± 0,0
15:1 ω 9	0,2 ± 0,0	18:4 ω 3	0,2 ± 0,0
15:1 ω 7	0,2 ± 0,0	20:0	0,2 ± 0,0
16:0 DMA	1,4 ± 0,2	20:1 ω 11	0,5 ± 0,1
16:0	14,9 ± 0,5	20:1 ω 9	0,4 ± 0,1
16:1 ω 9	0,2 ± 0,0	20:1 ω 8	0,3 ± 0,0
16:1 ω 7	6,3 ± 0,7	20:3 ω 9	0,8 ± 0,1
16:1 ω 5	0,2 ± 0,0	20:3 ω 6	0,1 ± 0,0
16:2 ω 7	0,6 ± 0,0	20:4 ω 6	5,2 ± 0,2
ai-17:0	0,8 ± 0,0	20:3 ω 3	0,2 ± 0,0
16:2 ω 5	0,1 ± 0,0	20:4 ω 3	0,2 ± 0,0
16:2 ω 4	0,3 ± 0,0	20:5 ω 3	18,7 ± 2,3
17:0	1,9 ± 0,2	22:0	0,3 ± 0,1
17:1 ω 9	1,0 ± 0,1	22:1 ω 11	0,1 ± 0,0
17:1 ω 7	0,3 ± 0,0	22:3 ω 3	0,3 ± 0,0
17:1 ω 5	0,1 ± 0,0	22:4 ω 6	0,6 ± 0,1
18:0 DMA	1,6 ± 0,2	22:5 ω 6	0,7 ± 0,1
18:1 DMA	0,2 ± 0,0	22:5 ω 3	1,4 ± 0,2
18:0	8,6 ± 0,8	22:6 ω 3	13,3 ± 0,6
18:1 ω 11	0,2 ± 0,0	24:0	0,2 ± 0,1
18:1 ω 9	7,9 ± 0,8	Saturados	30,2
18:1 ω 7	3,6 ± 0,2	Monoinsaturados	22,6
18:1 ω 5	0,2 ± 0,0	Poliinsaturados	45,0
18:1 ω 3	0,1 ± 0,0	Poliinsaturados/Saturados	1,5
18:2 ω 6	1,5 ± 0,1	Total ω 3	35
18:2 ω 5	0,1 ± 0,0	Total ω 6	8,1
18:2 ω 4	0,1 ± 0,0	ω 3/ ω 6	4,3
18:2 ω 3	0,1 ± 0,0	EPA+DHA	32

*Média e estimativa de desvio-padrão de cinco lotes analisados em duplicata.

DMA = dimetilacetato, i = iso, ai = anteiso, NI = não identificados

Foram também detectados traços (< 0,1%) de 13:0, i-14:0, 14:0 DMA, 14:1 ω 9, ai-15:0, 16:1 ω 11, 16:2 ω 6, 17:1 ω 11, 17:2 ω 5, 18:1 ω 6, 19:1 ω 7, 19:1 ω 3, 19:2 ω 6, 19:2 ω 5, 20:1 ω 7, 20:1 ω 5, 20:1 ω 4, 20:2 ω 6, 20:2 ω 5, 20:2 ω 3, 21:0, 22:1 ω 9, 22:1 ω 7, 22:1 ω 5, 22:1 ω 3, 21:4 ω 6, 21:6 ω 3 e seis ácidos graxos não identificados.

4 - CONCLUSÃO

- O método para determinação de colesterol por cromatografia líquida de alta eficiência mostrou-se eficiente, simples e rápido.
- Em relação à saúde humana, o alto teor de colesterol encontrado no camarão é compensado pelo baixo teor de gordura e altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente EPA (20:5 ω 3) e DHA (22:6 ω 3).

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ACKMAN, R. G. WCOT (capillary) gas-chromatography. In: **Analysis of Oils and Fats**. Eds. HAMILTON, R. J. & ROSSEL, J. B. Elsevier Applied Science, Essex, 1987, p.137.
- (2) AL-HASSANI, S. M.; HLAVAC, J. & CARPENTER, M. W. Rapid determination of cholesterol in simple and multicomponent prepared foods. **J. AOAC Intern.**, **76**: 902, 1993.
- (3) BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R. & ONO, K. Assesment of metodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **J. Food Sci.**, **53**: 1642, 1988.
- (4) BANNON, C. D., CRASKE, J. D. & NORMAN, L. M. Effect of overload of capillary gas-liquid chromatographic columns on the equivalent chain lengths of C18 unsaturated fatty acid methyl esters. **J. Chromatogr.**, **44**: 43, 1988.
- (5) BOTTINO, N. R., LILLY, M. L. & FINNE, G. Fatty acid stability of Gulf of Mexico brown shrimp (*Penaeus aztecus*) held on ice and in frozen storage. **J. Food Sci.**, **44**:1778, 1979.
- (6) BRAGAGNOLO, N. & RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avaliação comparativa de três métodos para determinação de colesterol em gema de ovo. **Arq. Biol. Tecnol.**, **36**: 237, 1993.
- (7) CHRISTIE, W. W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography. **J. Chromatog.**, **447**: 305, 1988.
- (8) EXPERT PANEL ON FOOD SAFETY AND NUTRITION. Foods from aquaculture. **Food. Tec.**, **9**: 87, 1991.
- (9) FLANZY, J.; BOUDON, M.; LEGER, C. & PIHET, J. Application of Carbowax 20M as an open-tubular liquid phase in analyses of nutritionally important fats and oils. **J. Chromatog. Sci.**, **14**: 17, 1976.
- (10) FOLCH, J. LESS, M. & STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.**, **226**: 497, 1957.
- (11) GALLAGHER, M. & BROWN, W. D. Composition of San Francisco bay brine shrimp (*Artemia salina*). **J. Agric. Food Chem.**, **23**: 630, 1975.
- (12) GAGOSIAN, R. B. Sterols of the lobster (*Homarus americanus*) and the shrimp (*Pandalus borealis*). **Experientia**, **31**: 878, 1975.

-
- (13) GORDON, D. T. Steroids in mollusks and crustacea of the Pacific Northwest. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **59**: 536, 1982.
- (14) GRUNDY, S. M. & DENKE, M. A. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J. Lip. Res.*, **31**: 1149, 1990.
- (15) HANSEN, H. L. & ANDRESEN, K. Calculation of the retention time of the "air peak" in gas chromatograms. *J. Chromatogr.*, **34**: 246, 1968.
- (16) IDLER, D. R. & WISEMAN, P. Sterols of crustacea. *Int. J. Biochem.*, **2**: 91, 1971.
- (17) JOHNSTON, J. J.; GHANBARI, H. A.; WHEELER, W. B. & KIRK, J. R. Characterization of shrimp lipids. *J. Food Sci.*, **48**: 33, 1983.
- (18) KANEDA, T.; NAKAJIMA, A.; FUJIMOTO, K.; KOBAYASHI, T.; KIRIYAMA, S.; EBIHARA, K.; INAMI, T.; TSUJI, K.; TSUJI, E.; KINUMAKI, T.; SHIMMA, H. & YONEYAMA, S. Quantitative analysis of cholesterol in food by gas-liquid chromatography. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **26**: 497, 1980.
- (19) KEYS, A.; ANDERSON, J. T. & GRANDE, F. Serum cholesterol response to changes in the diet. IV. Particular saturated fatty acids in the diet. *Metabolism*, **14**: 776, 1965.
- (20) KING, I. CHILDS, T.; DOSETT, C. OSTRANDER, J. G. & MONSEN, R. Shellfish: proximate composition, minerals, fatty acids, and sterols. *J. Am. Diet. Assoc.*, **90**: 677, 1990.
- (21) KLATT, L. V.; MITCHELL, B. A. & SMITH, R. L. Cholesterol analysis in foods by direct saponification - gas chromatographic method: Collaborative study. *J. AOAC Intern.*, **78**: 75, 1995.
- (22) KOTB, A. R.; HADEED, A. F. A. & AL-BAKER, A. A. Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish. *Food Chem.*, **40**: 185, 1991.
- (23) KOVACS, M. I. P.; ANDERSON, W. E. & ACKMAN, R. G. A simple method for the determination of cholesterol and some plant sterols in fishery-based food products. *J. Food Sci.*, **44**: 1299, 1979.
- (24) KRAMER, J. K. G.; FOUCHARD, R. C. & JENKINS, K. J. Differences in chromatographic properties of fused silica capillary columns, coated, crosslinked, bonded, or crosslinked and bonded with polyethylene glycols (Carbowax 20M) using complex fatty acid methyl ester mixtures. *J. Chromatog. Sci.*, **23**: 54, 1985.
- (25) KRISHNAMOORTHY, R. V.; VENKATARAMIAH, A.; LAKSHMI, G. J. & BIESIOT, P. Effects of cooking and of frozen storage on the cholesterol content of selected shellfish. *J. Food Sci.*, **44**: 314, 1979.
- (26) KRITCHEVSKY, D. & TEPPER, S. A. The free and ester sterol content of various foodstuffs. *J. Nutrition*, **74**: 441, 1961.
- (27) KRITCHEVSKY, D.; TEPPER, S. A.; DITULLO, N. W. & HOLMES, W. L. The sterols of seafood. *J. Food Sci.*, **32**: 64, 1967.
- (28) KRZECZKOWSKI, R. A. Fatty acids in raw and processed Alaska pink shrimp. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **47**: 451, 1970.
- (29) KRZYNOWEK, J. Sterols and fatty acids in seafood. *Food Technol.*, **39**: 61, 1985.

- (30) KRZYNOWEK, J. & PANUNZIO, L. J. Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. *J. Food Sci.*, **54**: 237, 1989.
- (31) MAURICE, D. V.; LIGHTSEY, S. F.; HSU, K. T.; GAYLORD, T. G. & REDDY, R. V. Cholesterol in eggs from different species of poultry determined by capillary GLC. *Food Chem.*, **50**: 367, 1994.
- (32) MAZIER, M. J. P. & JONES, P. J. H. Dietary fat quality and circulating cholesterol levels in humans: A review of actions and mechanisms. *Progr. Food Nutr. Sci.*, **15**: 21, 1991.
- (33) MENSINK, R. P. Effects of fats and oils on risk factors for coronary heart disease. *Proc. 6^o Latin American Congress and Exhibit on Fats and Oils Processing*, p. 95, 1995.
- (34) METCALFE, L. D.; SCHMITZ, A. A. & PELKA, J.R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, **12**: 514, 1966.
- (35) MIWA, T. K.; MIKOLAJCZAK, K. L.; EARLE, F. R. & WOLFF, I.A. Gas chromatographic characterization of fatty acids. Identification constants for mono- and dicarboxylic methyl esters. *Anal. Chem.*, **32**: 1739, 1960.
- (36) NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM Report of the National Cholesterol Education Program Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of high blood cholesterol in adults. *Arch. Int. Med.*, **148**: 36, 1988.
- (37) O'DEA, K.; TRAIANEDES, K.; CHISHOLM, K.; LEYDEN, H & SINCLAIR, A. J. Cholesterol-lowering effect of a low-fat diet containing lean beef is reversed by the addition of beef fat. *Am. J. Clin. Nutr.*, **53**: 491, 1990.
- (38) SINCLAIR, A. J. Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. *Food Australia*, **45**: 226, 1993.
- (39) THOMPSON, R. H. Cholesterol content of various species of shellfish. 1. Methods of analysis and preliminary survey of variables. *Fish. Ind. Res.*, **2**: 11, 1964.
- (40) ULBERTH, F. & REICH, H. Gas chromatographic determination of cholesterol in processed foods. *Food Chem.*, **43**: 387, 1992.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

**INFLUÊNCIA DE ALGUNS FATORES NOS
TEORES DE LIPÍDIOS TOTAIS E COLESTEROL, E
COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM
CAMARÕES BRASILEIROS**

Trabalho a ser enviado à revista Food Chemistry

RESUMO

Foram determinados simultaneamente em quatro espécies (três marinhas e uma de água doce) de camarões brasileiros os lipídios totais, colesterol e ácidos graxos, componentes alimentícios que influenciam no nível de colesterol sanguíneo humano. A concentração média de lipídios totais variou de 0,9% no *Penaeus schmitti* e *Penaeus brasiliensis* para 1,1% no *Macrobrachium rosenbergii* (camarão de água doce), não tendo diferença significativa a nível de 5% entre as espécies marinhas, mas significativa embora ligeiramente maior no camarão de água doce. Não foi observada diferença significativa em termos de origem (local de captura) e tamanho. O nível médio de colesterol variou de 114 mg/100g no *P. brasiliensis* para 139 mg/100g no *Macrobrachium rosenbergii*. Foi significativamente mais baixo no *P. brasiliensis*, grande de Santa Catarina do que nos demais. Diferenças em relação ao tamanho foram significativas em *P. brasiliensis*, mas não em *P. schmitti*. Camarões de mesma espécie e tamanho coletados em duas regiões diferentes não variaram significativamente. Em todas as amostras analisadas, os principais ácidos graxos encontrados foram 20:5 ω 3 (EPA), 16:0, 22:6 ω 3 (DHA), 18:0, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7 e 20:4 ω 6. O camarão *M. rosenbergii* pequeno de Santa Catarina foi o que mais diferiu dos demais camarões, com valores significativamente menores de EPA e DHA e maiores de 18:0 e 18:2 ω 6. O *X. kroyeri* pequeno de São Paulo foi significativamente maior em DHA e 16:0. A influência do tamanho e local de captura não foi significativa, com exceção dos teores significativamente maiores de 16:1 ω 7 no tamanho grande de *P. schmitti* e *P. brasiliensis*, e de EPA e DHA no *P. brasiliensis* provenientes de São Paulo do que dos de Santa Catarina. Em termos de saúde humana, o alto teor de colesterol é compensado pelo baixo teor de lipídios totais e alta porcentagem de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente EPA e DHA.

ABSTRACT

Total lipids, cholesterol and fatty acids, food components which influence the level of human plasma cholesterol, were simultaneously determined in four Brazilian shrimp species (three marine and one freshwater). The mean total lipid concentration varied from 0.9% in *Penaeus schmitti* and *Penaeus brasiliensis* to 1.1% in *Macrobrachium rosenbergii* (freshwater shrimp), having no significant difference at level of 5% among marines species, but significantly though only slightly higher in the freshwater species. No significant difference was observed in terms of origin (place of capture) and size. Mean cholesterol levels ranged from 114 in *P. brasiliensis* to 139 mg/100 g in *M. rosenbergii*. It was significantly lower in large *P. brasiliensis* of Santa Catarina than in the other species. Differences in relation to size were significant in *P. brasiliensis* but not in *P. schmitti*. Shrimps of the same species and size collected from two different states did not differ significantly. In all shrimps analyzed, the principal fatty acids were 20:5 ω 3 (EPA), 16:0, 22:6 ω 3 (DHA), 18:0, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7 and 20:4 ω 6. The small *M. rosenbergii* of Santa Catarina differed the most from the other species, with significantly lower values for EPA and DHA and higher for 18:0 and 18:2 ω 6. The small *X. Kroeyri* of São Paulo was significantly higher in DHA and 16:0. The influence in size and place of capture was not significant, except for the significantly higher levels of 16:1 ω 7 in the large *P. schmitti* and *P. brasiliensis* and of EPA and DHA in *P. brasiliensis* from São Paulo compared of these of Santa Catarina. In terms of human health, the high cholesterol content of shrimp is compensated by low fat and high PUFA (especially EPA and DHA) levels.

INTRODUÇÃO

A produção e exportação de camarões vem aumentando muito no Brasil nos últimos anos, sendo os EUA os maiores importadores. Mas, a procura por camarões tem sido ainda maior que a oferta (Associação Brasileira dos Criadores de Camarões, 1995). A possível redução nos estoques de camarão de alto-mar tem estimulado a produção de camarões em cativeiro. Em São Paulo a produção de camarão "Gigante da Malásia" por aquacultura aumentou 10 vezes em 1996 e estima-se que a produção nacional tenha sido 25% maior.

Por outro lado, cresce a preocupação no consumo de camarão, fonte rica de proteínas, devido ao seu alto teor de colesterol. Peixes e frutos do mar, no entanto, são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, os quais demonstram efeito anti-colesterolêmico (Mensink, 1995; Sinclair, 1993; Mazier & Jones, 1991; Grundy & Denke, 1990).

Não existindo dados próprios sobre colesterol e composição de ácidos graxos em camarões, o Brasil depende dos valores do exterior, que podem não refletir os valores reais dos camarões locais. Além disso, o camarão contém outros esteróis além do colesterol e, em geral, os dados encontrados nas tabelas internacionais de composição de alimentos foram obtidos por métodos colorimétricos que quantificam todos os esteróis presentes, superestimando desta forma o teor de colesterol. Assim, métodos específicos para colesterol são requeridos.

Considerando que o colesterol sanguíneo depende não somente do colesterol da dieta, mas também do teor de gordura e da quantidade de ácidos graxos saturados e insaturados, uma análise integrada destes três componentes foi realizada.

MATERIAL E MÉTODOS

Quatro espécies de camarão (*Xiphopenaeus kroyeri*, *Macrobrachium rosenbergii*, *Penaeus brasiliensis* e *Penaeus schimitti*), provenientes de São Paulo e de Santa Catarina, de três tamanhos (Tabela 1), foram adquiridas no mercado. Para cada espécie, local e tamanho, cinco lotes foram analisados. De cada lote de aproximadamente 20 kg, 500 g foram tomados para o preparo

da amostra analítica. Os camarões, após serem lavados e secos e a casca, cabeça e intestino removidos, foram homogeneizados num multiprocessador até a obtenção de uma massa homogênea. Subamostras de 10 g foram tomadas para análises em duplicata.

Tabela 1. Características gerais de camarões produzidos no Brasil*.

Nome Popular	Camarão Nome Científico	Local de captura	Peso e tamanho*		
			g		cm
Sete barbas	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	São Paulo (mar)	7 ± 1	pequeno	10,0 ± 0,6
Gigante da Malásia	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Santa Catarina (água doce)	13 ± 1	pequeno	12,4 ± 0,1
Camarão rosa	<i>Penaeus brasiliensis</i>	São Paulo (mar)	28 ± 5	médio	15,8 ± 0,8
Camarão rosa	<i>Penaeus brasiliensis</i>	Santa Catarina (mar)	24 ± 8	médio	16,3 ± 0,9
Camarão rosa	<i>Penaeus brasiliensis</i>	Santa Catarina (mar)	60 ± 5	grande	20,0 ± 0,3
Camarão legítimo	<i>Penaeus schimitti</i>	Santa Catarina (mar)	30 ± 6	médio	15,7 ± 0,9
Camarão legítimo	<i>Penaeus schimitti</i>	Santa Catarina (mar)	55 ± 11	grande	19,2 ± 1,0

*Média e estimativa de desvio-padrão de cinco lotes para cada tipo de camarão.

A extração dos lipídios e a determinação do teor de lipídios totais foram realizadas pelo método de Folch *et al.* (1957). O colesterol foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência e a composição de ácidos graxos por cromatografia gasosa de alta resolução (Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 1997).

O equipamento cromatográfico para determinação de colesterol consistiu de: cromatógrafo a líquido com sistema ternário de solventes (Varian, 9010); válvula "Rheodyne" com alça de amostragem de 10 µl; coluna, Spherisorb ODS-2, 150 x 4,6 mm, 5 µm; coluna de guarda, Spherisorb ODS-2, 10 x 4,6 mm, 5 µm; detector por conjunto de diodos (Water 994); e integrador processador (Varian, 4400). A fase móvel foi acetonitrila/isopropanol (70/30, v/v) com vazão de 1,0 ml/min (pressão de 45 atm). A corrida cromatográfica durou 15 minutos. Espectros de absorvância foram obtidos entre 190 e 300 nm e os cromatogramas a 210 nm. Todos os solventes usados foram grau cromatográfico, filtrados e degaseificados em ultra-som antes do uso.

A identificação do pico de colesterol foi feita por comparação dos tempos de retenção do padrão e o da amostra, por co-cromatografia e dos espectros de absorvância. A pureza dos picos foi verificada através dos espectros de absorvância obtidos no início, ápice e término do pico.

A quantificação foi feita por padronização externa e a curva de calibração foi construída de 1,0 a 4,0 $\mu\text{g}/10\ \mu\text{l}$. A curva padrão foi linear, passou pela origem e cobriu a faixa de concentração das amostras.

Para determinação dos ácidos graxos, a saponificação e metilação dos ácidos graxos foram realizados pelo método de Metcalfe *et al.* (1966), usando trifluoreto de boro-metanol como agente esterificante.

A cromatografia gasosa de alta resolução foi realizada em um cromatógrafo Varian, modelo 3300, equipado com detector de ionização em chama; injetor split, razão 100:1; coluna capilar de sílica fundida, 30 m x 0,30 mm de diâmetro interno e contendo 0,25 μm de polietileno glicol (DB-Wax da J & W Scientific, Califórnia, USA); integrador processador Intralab 4290. As condições cromatográficas foram: temperatura da coluna, 150°C por 11 min, programada até 210°C numa razão de 3°C/min; temperatura do injetor, 250°C; temperatura do detector, 280°C; gás de arraste, hidrogênio numa vazão de 1,26 ml/min com velocidade linear de 39,4 cm/s; gás "make-up", nitrogênio a 30 ml/min.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação do tempo de retenção corrigido de ésteres metílicos dos ácidos graxos das amostras e padrões, por co-cromatografia de padrões e amostras e pelo comprimento equivalente da cadeia (ECL', Anexo 1) como é realizado em peixes (Christie, 1988; Bannon *et al.*, 1988; Ackman, 1987; Kramer *et al.*, 1985; Flanzy *et al.*, 1976; Hansen & Andresen, 1968; Miwa *et al.*, 1960). A quantificação foi feita por normalização.

Análise estatística

Para verificar as diferenças entre as espécies, tamanho e local de captura os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística (ANOVA) a nível de 5%.

Os resultados dos principais ácidos graxos também foram submetidos à análise de componentes principais (APC). Utilizou-se o procedimento Factor do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lipídios totais

Não houve diferença significativa no conteúdo de lipídios totais entre as diferentes espécies marinhas, mas o do camarão de água doce (*M. rosenbergii*) foi significativa embora ligeiramente maior. Os teores médios variaram de 0,9 a 1,1% (Tabela 2), dando uma média geral de $1,0 \pm 0,1$ g/100g.

Não houve diferença significativa em termos do tamanho e da procedência (local de captura).

Tabela 2. Conteúdo de lipídios totais e colesterol em camarões produzidos no Brasil*.

Camarão	Tamanho	Local de captura	Colesterol (mg/100g)	Lipídios totais (%)
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	pequeno	São Paulo	134 ± 12 ab	$1,0 \pm 0,0$ b
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	pequeno	Santa Catarina	139 ± 5 a	$1,1 \pm 0,1$ a
<i>Penaeus brasiliensis</i>	médio	São Paulo	127 ± 9 bc	$1,0 \pm 0,1$ b
<i>Penaeus brasiliensis</i>	médio	Santa Catarina	134 ± 9 ab	$0,9 \pm 0,1$ b
<i>Penaeus brasiliensis</i>	grande	Santa Catarina	114 ± 3 d	$1,0 \pm 0,1$ b
<i>Penaeus schimitti</i>	médio	Santa Catarina	121 ± 11 c	$0,9 \pm 0,2$ b
<i>Penaeus schimitti</i>	grande	Santa Catarina	124 ± 7 c	$1,0 \pm 0,2$ b

*Média e estimativa de desvio-padrão de cinco lotes para cada tipo de camarão. Valores na mesma coluna com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

Krzynowek & Panunzio (1989) também observaram que o nível de lipídios foi muito baixo, variando de 0,9 a 1,1%, em várias espécies de camarão (*Pandalus borealis*, *Penaeus setiferous*, *P. durarum notialis*, *P. vannanei*, *P. aztecus aztecus*, *P. durarum durarum*, *P. aztecus subtilis*) provenientes de cinco países (Equador, Estados Unidos, Brasil, Honduras e

Canadá) sendo que as espécies dos EUA foram provenientes de seis locais diferentes e apresentaram resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Valores concordantes também foram relatados por outros autores (Expert Panel on Food Safety and Nutrition, 1991; King *et al.*, 1990, Johnston *et al.*, 1983, Krzeczowski, 1970, Thompson, 1964) com exceção de Kotb *et al.* (1991) que encontraram teor ainda mais baixo (0,5%).

Conteúdo de colesterol

O conteúdo de colesterol variou de 114 mg/100g no camarão *P. brasiliensis* grande para 139 mg/100g no *M. rosenbergii* pequeno (Tabela 2).

Agrupando os camarões de acordo com tamanho e origem, existiu diferença significativa entre as espécies *P. brasiliensis* e *P. schimitti* de Santa Catarina. O tamanho não teve influência significativa no camarão *P. schimitti*, mas foi significativo no *P. brasiliensis*, todos provenientes de Santa Catarina. Considerando os resultados de camarão médio *P. brasiliensis* de São Paulo e Santa Catarina, o efeito de origem foi insignificante no conteúdo de colesterol.

Os valores obtidos neste trabalho (média geral de 127 ± 9 mg/100g) foram, semelhantes aos de Kritchevsky & Tepper (1961) que encontraram em média 138 mg/100g para camarão (espécie não especificada). No entanto, foram maiores que os encontrados por Krishnamoorthy *et al.* (1979) que obtiveram em média 96 mg/100g para camarão branco (*Penaeus setiferus*) e menores que os de Johnston *et al.* (1983) com média de 201 mg/100g para camarão *P. azteus*, de Kritchevsky *et al.* (1967) com valor médio de 200 mg/100g para camarão (espécie não especificada) e de Thompson (1964) com média de 156 e 157 mg/100g para camarão *P. aztecus* e *P. setiferus*. Estas discrepâncias podem ser atribuídas à espécie, estação do ano, tipo de alimentação, tamanho, local de origem e também ao método utilizado. Os dados de Sidwell *et al.* (1974), Thompson (1964) e Bottino *et al.* (1980) indicam, entretanto, pouco efeito da espécie no conteúdo de colesterol.

Krzynowek & Panunzio (1989) obtiveram média geral de colesterol de 152 ± 15 mg/100g em sete espécies provenientes de vários locais. Os camarões não foram significativamente diferentes da média, com exceção de

Pandalus borealis proveniente do Canadá que apresentou valor significativamente maior (186 ± 13 mg/100g). Os dados foram considerados inadequados para verificar efeito geográfico, já que apenas uma amostra de cada área foi avaliada. Também não houve informações se as espécies eram marinhas ou de água doce.

Composição de ácidos graxos

Os principais ácidos graxos em todas as amostras de camarões brasileiros foram 16:0 (14,0 - 20,3%), 20:5 ω 3 (EPA) (12,6 - 18,7%), 22:6 ω 3 (DHA) (9,4 - 14,2%) 18:1 ω 9 (7,7 - 10,1%), 18:0 (7,2 - 9,7%), 16:1 ω 7 (2,6 - 9,0%), 20:4 ω 6 (4,6 - 7,4%) e 18:1 ω 7 (2,8 - 4,5%), mas a ordem diferiu nas diferentes espécies (Tabela 3). Os ácidos graxos 16:0 e 20:5 ω 3 alternaram-se como primeiro e segundo ácido graxo principais e 22:6 ω 3 como terceiro, com exceção do *X. kroyeri* onde é segundo e *M. rosenbergii* onde é quinto. O perfil mais diferente foi do *M. rosenbergii* onde 18:2 ω 6 e 17:0 figuram como principais, superando 18:1 ω 7 e 16:1 ω 7, embora 16:0 foi primeiro e 20:5 ω 3 segundo ácido graxo. A soma dos ácidos graxos principais representa aproximadamente 80% do total de ácidos graxos.

Algumas variações na composição dos ácidos graxos minoritários também foram observadas entre espécies de camarão. As maiores diferenças foram nos ácidos graxos 15:0, 17:0 e 20:1 ω 9, sendo significativamente maiores no *M. rosenbergii* (pequeno de Santa Catarina) e 22:4 ω 6, com valor significativamente maior no *P. schimitti* (médio e grande de Santa Catarina) e menor no *X. kroyeri* (pequeno de São Paulo) e no *M. rosenbergii* (pequeno de Santa Catarina).

O *M. rosenbergii*, único camarão de água doce, foi o que apresentou maior diferença na composição de ácidos graxos, com valores significativamente menores de 14:0, 16:1 ω 7, 18:1 ω 7, 20:4 ω 6, EPA, 22:4 ω 6 e DHA, valores significativamente maiores de 15:0, 17:0, 17:1 ω 9, 18:0, 18:1 ω 9, 18:2 ω 6 e 20:1 ω 9, que as demais espécies. O segundo que diferiu dos demais foi o *X. kroyeri* pequeno de São Paulo, sendo significativamente maior em 16:0, 18:1 ω 7 e DHA e menor em 17:0, 17:1 ω 9, 20:4 ω 6, EPA e 22:4 ω 6. Também

pode ser notada alguma variação no camarão *P. schimitti* médio de Santa Catarina, que apresentou valor significativamente maior de 20:4 ω 6, e no camarão *P. brasiliensis* (médio e grande de São Paulo e Santa Catarina), que foi significativamente maior em EPA.

Em relação ao tamanho, apenas o ácido graxo 16:1 ω 7 apresentou variação, sendo significativamente maior no tamanho grande dos camarões *P. schimitti* e *P. brasiliensis*. O local de captura também não apresentou grandes variações, sendo que EPA e DHA foram ligeiramente, mas significativamente maiores no camarão *P. brasiliensis* proveniente do litoral de São Paulo do que os oriundos de Santa Catarina.

Altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados foram encontrados, particularmente 20:5 ω 3 e 22:6 ω 3, ambos importantes à saúde, inclusive em *M. rosenbergii*, camarão de água doce. A soma destes dois ácidos graxos variou de 22,2% no *M. rosenbergii* a 32,0% no *P. brasiliensis*. Em peixes, as espécies de água doce, particularmente de águas tropicais, têm quantidades de 20:5 ω 3 e 22:6 ω 3 significativamente menores do que as espécies marinhas (Maia *et al.*, 1995 e 1994).

As variações podem ser melhor visualizadas na análise por componentes principais. A Figura 1 mostra a configuração das amostras de camarão de diferentes espécies, tamanhos, sistema de criação e local de captura, considerando-se os dois primeiros componentes principais (CPs). Os símbolos indicam os tipos, e as cores variam com a procedência e tamanho. O primeiro CP (I) explicou 41% da variabilidade e o segundo (II) foi responsável por 21% (Figura A).

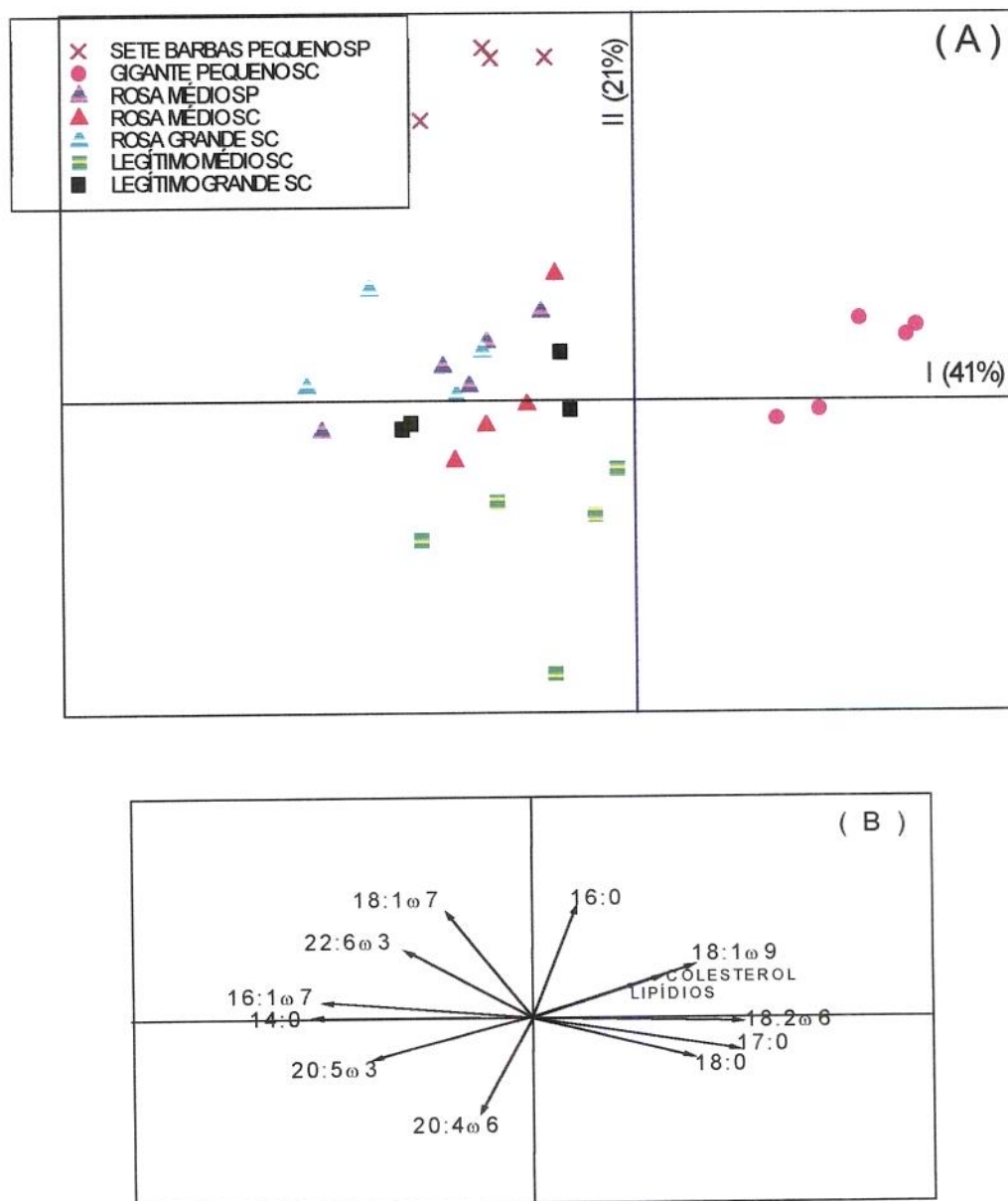


Fig. 1. Projeção dos dados dos principais ácidos graxos de camarões de diferentes espécies, tamanho, sistema de criação e local de captura para os componentes principais I e II: configuração das amostras (A) e vetores (B).

Os camarões *M. rosenbergii* pequeno de Santa Catarina e *X. kroyeri* pequeno de São Paulo foram os que mais se diferenciaram, sendo o primeiro separado pelo primeiro CP e o segundo separado principalmente pelo segundo CP. Os camarões *P. brasiliensis* de diferentes tamanhos e procedências apresentaram configuração parecida, ficando também plotados próximos ao *P. schimitti* de Santa Catarina. O *P. schimitti* médio de Santa Catarina ficou próximo ao grande, mas separou-se do grupo.

Devido ao grande número de amostras e ácidos graxos determinados, os vetores para os diferentes ácidos graxos estão especificados em separado (Figura B). Cada ácido está representado por um vetor e, quanto maior o tamanho, maior a importância para explicar a variabilidade entre as amostras. Vetores próximos indicam provável correlação entre si.

Os ácidos graxos mais importantes para definir o primeiro CP foram 14:0 e 16:1 ω 7, de maneira positiva e 17:0, de maneira negativa. O segundo CP foi definido principalmente por 16:0 e 18:1 ω 7, de forma positiva, e 20:4 ω 6, de forma negativa (Figura B).

A comparação com resultados de outros trabalhos sobre ácidos graxos de camarão fica prejudicada pela não identificação de todos ácidos graxos presentes nos outros trabalhos. Krzynowek & Panunzio (1989), por exemplo, identificaram e quantificaram apenas 11 ácidos graxos, embora tenham utilizado coluna capilar. Com coluna recheada, Krzeczowski (1970), Bottino *et al.* (1979) e Kotb *et al.* (1991) identificaram 29, 26 e 22 ácidos graxos, respectivamente.

Dentre os vários trabalhos, o que aproximou mais do presente trabalho foi de Krzynowek & Panunzio (1989) em espécies de *Penaeus* (*aztecus aztecus*, *vannanei*, *aztecus subtilis*, *durarum notialis*) provenientes dos EUA (Lousiana e Texas), Equador, Brasil e Honduras, com exceção do *P. vannanei* do Equador, o qual não apresentou 16:1 ω 7 como majoritário, mas apresentou 14:0 e 18:2 ω 6 como principais e alto teor de 18:1 ω 9 e do *P. durarum notialis* proveniente de Honduras com alto teor de 20:4 ω 6. No presente trabalho, o 18:2 ω 6 foi principal apenas no camarão *M. rosenbergii*, camarão de água doce. O maior valor deste ácido graxo deve-se provavelmente ao tipo de alimentação, porém, não temos informação sobre a mesma. Como os ácidos

graxos ω -6 são principalmente associados com gorduras vegetais, supõe-se que estes camarões tenham se alimentado com materiais de plantas e óleos vegetais.

A percentagem de ácidos graxos saturados variou de 28,1% no *P. brasiliensis* grande de Santa Catarina a 33,7% no *M. rosenbergii* pequeno. Os ácidos graxos monoinsaturados somaram 21,2% no *M. rosenbergii* pequeno a 27,0% no *P. schimitti* grande e os ácidos graxos poliinsaturados totalizaram 39,0% no *X. kroyeri* pequeno e 45,4% no *P. brasiliensis* médio de São Paulo. O total de ácidos graxos ω 3 variou de 25,0% no *M. rosenbergii* pequeno a 35,0% no *P. brasiliensis* médio de São Paulo e o ácidos graxos ω 6 de 8,0% no *X. kroyeri* pequeno a 14,7% no *M. rosenbergii* pequeno. A razão ácidos graxos poliinsaturados/saturados (P/S) variou de 1,7 no camarão "Gigante da Malásia" pequeno a 4,0 no *P. brasiliensis* médio de São Paulo.

Bottino *et al.* (1979) encontraram em *P. aztecus* valores de 29,9, 28,9 e 41,1% de ácido graxo saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente, valores semelhantes aos obtidos neste trabalho. No entanto, Krzeczowski (1970) encontraram em *Pandalus borealis* teores menores (22,4%) para saturados, maiores (31,3%) para monoinsaturados e iguais (47,4%) para poliinsaturados que os do presente trabalho. Por outro lado, em relação a King *et al.* (1990), apenas os ácidos graxos moninsaturados em camarão rosa (*Pandalus borealis* e *P. jordani*) cozido foram menores (26,46%) que os presentes valores.

No trabalho de King *et al.* (1990) o ácido graxo saturado predominante foi o ácido palmítico (16:0), o monoinsaturado foi o 18:1 ω 9 e os poliinsaturados foram os EPA e DHA no camarão (*Pandalus boreli* e *P. jordani*) cozido, resultados semelhantes ao presente trabalho. Encontraram razão de ω 3/ ω 6 (1,4) semelhante apenas ao *M. rosenbergii* (1,7) do presente trabalho.

Tabela 3. Composição de ácidos graxos (%) de camarões produzidos no Brasil*.

Ácidos graxos e DMAS	<i>M. rosenbergii</i>		<i>P. brasiliensis</i>		<i>P. schmitti</i>	
	<i>X. kroyeri</i>		SP		SC	
	pequeno	pequeno	pequeno	médio	médio	grande
10:0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
12:0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,2	tr	0,1 ± 0,0
14:0	1,4 ± 0,3a	0,7 ± 0,2b	1,6 ± 0,3a	1,4 ± 0,1a	1,3 ± 0,2a	1,6 ± 0,3a
14:1 ω 5	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0
15:0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
15:0	0,9 ± 0,2b	2,4 ± 1,0a	0,9 ± 0,0b	0,8 ± 0,1b	1,5 ± 0,2ab	1,1 ± 0,1b
15:1 ω 9	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
15:1 ω 7	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
16:0 DMA	0,9 ± 0,1	1,5 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1,6 ± 0,7	1,3 ± 0,2	0,9 ± 0,4
16:0	20,3 ± 0,7a	16,9 ± 0,3b	14,9 ± 0,5bc	14,0 ± 1,0c	14,7 ± 0,9c	15,5 ± 1,5bc
16:1 ω 9	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
16:1 ω 7	7,5 ± 1,4ab	2,6 ± 0,2c	6,3 ± 0,7b	5,8 ± 0,3b	6,2 ± 1,0b	9,0 ± 1,9a
16:1 ω 5	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	tr	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
16:2 ω 7	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,0	tr	0,1 ± 0,0	0,6 ± 0,0
16:2 ω 6	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,7 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,2
al-17:0	0,6 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,2	1,0 ± 0,1	0,4 ± 0,2
16:2 ω 5	0,1 ± 0,0	tr	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
16:2 ω 4	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
17:0	1,6 ± 0,1c	3,1 ± 0,7a	1,9 ± 0,2bc	1,8 ± 0,2bc	2,4 ± 0,2ab	1,9 ± 0,2bc
17:1 ω 9	1,0 ± 0,2c	1,6 ± 0,4ab	1,0 ± 0,1c	1,1 ± 0,2c	1,9 ± 0,3a	1,7 ± 0,1ab
17:1 ω 7	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	tr
17:1 ω 5	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,0
18:0 DMA	1,0 ± 0,3	2,5 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,4 ± 0,8	1,8 ± 0,9
18:1 DMA	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
18:0	7,5 ± 1,2ab	9,7 ± 1,1a	8,6 ± 0,9ab	8,6 ± 1,2ab	9,4 ± 1,3ab	7,8 ± 1,5ab
18:1 ω 11	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0
18:1 ω 9	8,9 ± 0,7ab	10,1 ± 0,8a	7,9 ± 0,8b	8,5 ± 0,2b	7,7 ± 0,7b	9,1 ± 0,4ab

Tabela 3. Continuação

Ácidos graxos e DMAS	<i>M. rosebergii</i>			<i>P. brasiliensis</i>			<i>P. schimitti</i>		
	<i>X. kroyeri</i> SP	SC		SP	SC		SC	SC	
		pequeno	grande		médio	grande		médio	grande
18:1 ω 7	4,5 $\pm$ 0,4a	2,8 $\pm$ 0,3c		3,5 $\pm$ 0,2b	3,5 $\pm$ 0,6bc	3,6 $\pm$ 0,4b		3,0 $\pm$ 0,1bc	3,2 $\pm$ 0,2bc
18:1 ω 5	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,1		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
18:1 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
18:2 ω 6	1,2 $\pm$ 0,1b	8,1 $\pm$ 0,9a		1,5 $\pm$ 0,1b	1,5 $\pm$ 0,3b	1,1 $\pm$ 0,0b		1,6 $\pm$ 0,3b	1,2 $\pm$ 0,2b
18:2 ω 5	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
18:2 ω 4	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
18:2 ω 3	0,2 $\pm$ 0,0	tr		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
19:0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
19:1 ω 11	0,1 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 2,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
19:1 ω 9	tr	0,1 $\pm$ 0,0		0,4 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
NI	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
NI	0,2 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,4 $\pm$ 0,0
18:3 ω 3	0,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2		0,5 $\pm$ 0,0	0,5 $\pm$ 0,3	0,4 $\pm$ 0,1		0,5 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,0
18:4 ω 3	0,3 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1		0,3 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
20:0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
20:1 ω 11	0,3 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,5 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1		0,5 $\pm$ 0,1	0,2 $\pm$ 0,0
20:1 ω 9	0,5 $\pm$ 0,1b	1,2 $\pm$ 0,2a		0,4 $\pm$ 0,0b	0,5 $\pm$ 0,1b	0,5 $\pm$ 0,1b		0,4 $\pm$ 0,0b	0,6 $\pm$ 0,0b
20:1 ω 8	0,3 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0		0,3 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,1		0,4 $\pm$ 0,0	0,4 $\pm$ 0,0
20:1 ω 7	tr	0,1 $\pm$ 0,0		tr	tr	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
20:3 ω 9	0,5 $\pm$ 0,0	0,9 $\pm$ 0,0		0,8 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,1		0,8 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1
20:2 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		tr	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,1		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
20:3 ω 6	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
20:4 ω 6	4,6 $\pm$ 0,3c	4,8 $\pm$ 0,6c		5,2 $\pm$ 0,2bc	5,8 $\pm$ 0,2bc	5,2 $\pm$ 0,6bc		7,4 $\pm$ 0,7a	6,5 $\pm$ 0,5ab
20:3 ω 3	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
20:4 ω 3	0,3 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
20:5 ω 3	12,6 $\pm$ 0,7c	12,8 $\pm$ 0,9c		18,7 $\pm$ 2,3a	17,0 $\pm$ 1,2ab	18,4 $\pm$ 2,3ab		14,5 $\pm$ 1,5bc	15,9 $\pm$ 2,0bc
22:0	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0		0,2 $\pm$ 0,0	0,4 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,0		0,3 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
22:1 ω 11	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0		0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0

Tabela 3. Continuação

Ácidos graxos e DMAS	<i>M. rosebergii</i>			<i>P. brasiliensis</i>			<i>P. schimitti</i>		
	<i>X. kroyeri</i> SP	SC		SP	SC		SC	SC	
		pequeno	pequeno		médio	grande		médio	grande
22:1 ω 9	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
22:1 ω 7	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
22:1 ω 5	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
22:3 ω 3	0,3 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0	0,5 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0
22:4 ω 6	0,3 $\pm$ 0,1b	0,3 $\pm$ 0,0b	0,3 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,1ab	0,8 $\pm$ 0,1a	0,6 $\pm$ 0,1ab	1,0 $\pm$ 0,4a	0,9 $\pm$ 0,1a	tr
22:3 ω 6	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	tr	0,1 $\pm$ 0,0	tr	tr	0,8 $\pm$ 0,1	0,8 $\pm$ 0,1
22:5 ω 6	0,8 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,0	0,4 $\pm$ 0,0	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,2	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
22:4 ω 3	tr	0,3 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0	tr	tr	tr	1,6 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 0,2	10,2 $\pm$ 1,2bc
22:5 ω 3	0,9 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,3	1,0 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,0	10,6 $\pm$ 1,3bc	0,2 $\pm$ 0,1	0,2 $\pm$ 0,1
22:6 ω 3	14,2 $\pm$ 0,8a	9,4 $\pm$ 0,6c	9,4 $\pm$ 0,6c	13,3 $\pm$ 0,6a	12,2 $\pm$ 1,1ab	11,3 $\pm$ 0,7b	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
24:0	0,4 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	tr	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
24:1 ω 9	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	tr	0,2 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	31,2	29,3	27,0
Saturados	33,6	33,7	33,7	30,0	28,7	28,1	23,1	41,2	1,4
Mono.	25,6	21,2	21,2	22,6	22,9	26,5	42,1	29,1	10,2
Poli.	39,0	41,3	41,3	45,4	43,5	42,4	1,4	2,9	26,1
Poli./Sat.	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	28,6	2,4	2,9
ω 3	29,7	25,0	25,0	35,0	32,7	32,9	11,9	2,4	2,9
ω 6	8,0	14,7	14,7	8,8	9,6	8,1	2,4	2,9	2,9
ω 3/ ω 6	3,7	1,7	1,7	4,0	3,4	4,1	25,1	2,9	2,9
DHA+EPA	26,8	22,2	22,2	32,0	29,2	29,7	25,1	2,9	2,9

Media $\pm$ estimativa de desvio padrão de cinco lotes de amostras em duplicata. Cada amostra foi constituída de 1/2 kg de camarão retirado de um lote de 20 kg.
DMA = dimetilacetil, i = iso, ai = anteiso, SP = São Paulo, SC = Santa Catarina, N.I. = não identificado
Foram também detectados traços (< 0,1%) de 13:0, i-14:0, 14:0 DMA, 14:1 ω 9, ai-15:0, 16:1 ω 11, 17:1 ω 11, 17:2 ω 5, 18:1 ω 6, 18:1 ω 4, 19:1 ω 7, 19:1 ω 3, 19:2 ω 6, 19:2 ω 5, 20:1 ω 5, 20:1 ω 4, 20:5 ω 6, 20:2 ω 6, 20:2 ω 5, 21:0, 21:2 ω 3, 21:6 ω 3, 22:1 ω 3, 22:1 ω 6, 21:6 ω 3 e seis ácidos graxos não identificados.
Valores na mesma linha com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackman, R. G. (1987). WCOT (capillary) gas-chromatography. In: *Analysis of Oils and Fats*. Hamilton, R. J. & Rossell, J. B. Eds. Elsevier Applied Science, Essex, p.137.
- Associação Brasileira dos Criadores de Camarões. (1995). *Folha de São Paulo*, Caderno Agrofolha 1, 17/10.
- Bannon, C. D., Craske, J. D. & Norman, L. M. (1988). Effect of overload of capillary gas-liquid chromatographic columns on the equivalent chain lengths of C18 unsaturated fatty acid methyl esters. *J. Chromatogr.*, **44**, 43.
- Bottino, N. R., Lilly, M. L. & Finne, G. (1979). Fatty acid stability of Gulf of Mexico brown shrimp (*Penaeus aztecus*) held on ice and in frozen storage. *J. Food Sci.*, **44**, 1778.
- Bottino, N. R., Gennity, J., Lilly, M. L., Simmons, E. & Finne, G. (1980). Seasonal and nutritional effects on the fatty acids of three species of shrimp *Penaeus setiferus*, *P. aztecus*, and *P. duorarum*. *Aquaculture*, **19**, 139.
- Bragagnolo, N & Rodriguez-Amaya, D. B. (1997). Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). *Enviado a Ciênc. Tecnol. Aliment.*
- Christie, W. W. (1988). Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography. *J. Chromatog.*, **447**, 305.
- Expert Panel on Food Safety and Nutrition. (1991). Foods from aquaculture. *Food Technol.*, **9**, 87.
- Flanzy, J., Boudon, M., Leger, C. & Pihet, J. (1976). Application of carbowax 20M as an open-tubular liquid phase in analyses of nutritionally important fats and oils. *J. Chromatog. Sci.*, **14**, 17.
- Folch, J. Less, M. & Stanley, S. (1975). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497.
- Grundy, S. M. & Denke, M. A. (1990). Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J. Lip. Res.*, **31**, 1149.
- Hansen, H. L. & Andresen, K. (1968). Calculation of the retention time of the air peak in gas chromatograms. *J. Chromatogr.*, **34**, 246.
- Johnston, J. J., Ghanbari, H. A., Wheeler, W. B. & Kirk J. R. (1983). Characterization of shrimp lipids. *J. Food Sci.*, **48**, 33.
- King, I. Childs, T., Dosett, C., Ostrander, J. G. & Monsen, R. (1990). Shellfish: Proximate composition, minerals, fatty acids, and sterols. *J. Am. Diet. Assoc.*, **90**, 677.

- Kotb, A. R., Hadeed, A. F. A. & Al-Baker, A. A. (1991). Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish. *Food Chem.*, **40**, 185.
- Kramer, J. K. G., Fouchard, R. C. & Jenkins, K. J. (1985). Differences in chromatographic properties of fused silica capillary columns, coated, crosslinked, bonded, or crosslinked and bonded with polyethylene glycols (Carbowax 20M) using complex fatty acid methyl ester mixtures. *J. Chromatog. Sci.*, **23**, 54.
- Krishnamoorthy, R. V.; Venkataramiah, A.; Lakshmi, G. J. & Biesiot, P. (1979). Effects of cooking and of frozen storage on the cholesterol content of selected shellfish. *J. Food Sci.*, **44**, 314.
- Kritchevsky, D. & Tepper, S. A. (1961). The free and ester sterol content of various foodstuffs. *J. Nutr.*, **74**, 441.
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., Ditullo, N. W. & Holmes, W. L. (1967). The sterols of seafood. *J. Food Sci.*, **32**, 64.
- Krzeczowski, R. A. (1970). Fatty acids in raw and processed Alaska pink shrimp. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **47**, 451.
- Krzynowek, J. & Panunzio, L. J. (1989). Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. *J. Food Sci.*, **54**, 237.
- Maia, E. L., Rodriguez-Amaya, D.B. & Franco, M. R. B. (1994). Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *J. Food Comp. Anal.*, **7**, 240.
- Maia, E. L., Rodriguez-Amaya, D. & Hotta, L. K. (1995) Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian *Piaractus mesopotamicus*. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, **30**, 591.
- Mazier, M. J. P. & Jones, P. J. H. (1991). Dietary fat quality and circulating cholesterol levels humans: a review of actions and mechanisms. *Progr. Food Nutr. Sci.*, **15**, 21.
- Mensink, R. P. (1995). Effects of fats and oils on risk factors for coronary heart disease. *Proc. 6^o Latin American Congress and Exhibit on Fats and Oils Processing*, p. 95.
- Metcalf, L. D.; Schmitz, A. A. & Pelka, J.R. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, **12**, 514.
- Miwa, T. K., Mikolajczak, K. L., Earle, F. R. & Wolff, I. A. (1960). Gas chromatographic characterization of fatty acids. Identification constants for mono- and dicarboxylic methyl esters. *Anal. Chem.*, **32**, 1739.
- SAS Institute Inc. (1985). SAS® User's guide: Statistics, version 5 edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., p. 956.
- Sidwell, V. D., Foncannon, P. R., Moore, N. S. & Bonnet, J. C. (1974). Composition of the edible portion of raw (fresh or frozen) crustaceans finfish and mollusks. I. Protein, fat, moisture, ash, carbohydrate, energy value and cholesterol. *Fish Rev.*, **36**, 21.
- Sinclair, A. J. (1993). Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. *Food Australia*, **45**, 26.
- Thompson, M. H. (1964). Cholesterol content of various species of shellfish. 1. Methods of analysis and preliminary survey of variables. *Fish. Ind. Res.*, **2**, 11.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA II
FATORES QUE INFLUENCIAM O NÍVEL DE
COLESTEROL, LIPÍDIOS TOTAIS E
COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM CARNE
SUÍNA E BOVINA

Trabalho a ser enviado à Coletânea do ITAL

RESUMO

As carnes bovinas e suínas são as preferidas pelos consumidores brasileiros. No entanto, são apontadas como alimentos de alto teor de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados. Os dados relatados na literatura internacional variam largamente e as variações se devem a fatores como raça, sistema de alimentação, sistema de criação, clima, sexo, localização anatômica, nível de gordura externa e interna, idade dos animais e também ao método analítico utilizado. Esta revisão discute estes fatores, tentando verificar quais deles podem ser efetivamente utilizados para diminuir os teores de colesterol, lipídios e ácidos graxos saturados e aumentar ácidos graxos insaturados nas carnes.

PALAVRAS-CHAVE: fatores influentes; colesterol; lipídios totais; ácidos graxos; métodos analíticos; carne suína e bovina.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE FACTORS OF CHOLESTEROL, TOTAL LIPIDS LEVELS AND COMPOSITIONS FATTY ACIDS IN THE BEEF AND SWINE MEAT

Clearly preferred by the Brazilian consumers, beef and pork have the disadvantage of being of food of high levels of cholesterol, fat and saturated fatty acids and low unsaturated fatty acid content. The data reported in the international literature vary widely and the variations are attributed to factors such as race, diet, rearing condition, climate, sex, cuts, external and internal fat levels. This review discusses these factors, in an attempt to verify which factors can be effectively used to lower the cholesterol, lipid and saturated fatty acid contents and increase unsaturated fatty acids in meat.

KEY-WORDS: influencing factors; cholesterol; total lipids; fatty acids; pork; beef; analytical method.

1. INTRODUÇÃO

Elevada taxa de colesterol sanguíneo tem sido correlacionada com doenças cardiovasculares, que são a principal causa de morte no país. O NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM (1988) dos EUA recomenda, para baixar os níveis de colesterol sanguíneo dos indivíduos que se encontram na faixa de risco (acima de 200 mg/dL), a diminuição da ingestão de gordura saturada e colesterol. De acordo com McNAMARA (1990) apenas algumas pessoas são sensíveis ao colesterol da dieta, sendo o colesterol sanguíneo influenciado mais pela quantidade de gordura ingerida e pela composição de ácidos graxos do que pelo colesterol.

No Brasil existem poucos trabalhos que determinam os teores de lipídios totais, colesterol e composição de ácidos graxos em carnes. Médicos, nutricionistas e profissionais da saúde reclamam da falta destes dados necessários para recomendar uma dieta adequada. A nível internacional, os dados existentes variam largamente devido a uma série de fatores, tais como raça, sistema de alimentação, idade do animal, sexo, localização anatômica, nível de gordura externa e interna, local de criação, sistema de criação, estação do ano, método de cozimento e em grande parte ao método analítico.

Sendo o colesterol predominante nos produtos de origem animal e considerando o seu alto consumo, a carne é um alimento que deve ser investigada. Embora seu teor de colesterol seja menor, quando comparada com ovos e frutos do mar, os teores de lipídios e gordura saturada são maiores. O grande desafio dos criadores de suínos e bovinos é a diminuição dos conteúdo de lipídios e colesterol e a redução da quantidade de ácidos graxos saturados com aumento de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados nas carnes.

Assim, o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão sobre os fatores que podem influenciar o teor de colesterol, o nível de lipídios totais e a composição de ácidos graxos em carnes suínas e bovinas.

2. DIFERENÇAS ENTRE CARNE SUÍNA E BOVINA

BOHAC, RHEE (1988) e BRAGAGNOLO, RODRIGUEZ-AMAYA (1995) observaram que não houve diferença significativa no teor de colesterol entre diferentes cortes de carne suína e bovina. SWIZE *et al.* (1992) encontraram valores semelhantes no músculo *Longissimus* e valores maiores no músculo *Semimembranosus* de bovinos do que de suínos. Por outro lado, TU *et al.* (1967) encontraram para suínos valores de colesterol ligeiramente maiores que os bovinos.

BOHAC, RHEE (1988) verificaram que a composição de ácidos graxos apresentou diferença significativa entre as espécies, sendo que o suíno mostrou menor teor de ácidos graxos saturados e maior teor de ácidos graxos insaturados. SWIZE *et al.* (1992) encontraram valores semelhantes de lipídios totais no músculo *Longissimus* de suínos e bovinos e valores maiores no músculo *Semimembranosus* de suínos do que de bovinos.

3. DIFERENÇA ENTRE RAÇAS

A raça e a seleção genética do animal podem afetar o conteúdo de lipídios dos tecidos, mas seus efeitos na composição de ácidos graxos são menores (WOOD, LISTER, 1973; KAUFFMAN *et al.*, 1968) e não são bem estabelecidos (KOCH *et al.*, 1968, BROOKS, 1971).

KAUFFMAN *et al.* (1968) relataram que o conteúdo de gordura intramuscular foi significativamente relacionado com a raça. Nos bovinos, a raça Angus continha mais gordura intramuscular que Shorthorn, Hereford, Red Poll e outras raças, e nos suínos a raça Duroc tinha mais gordura intramuscular que em outras raças. O nível de lipídios totais foi maior no bovino Hereford que Simmental x Hereford, independente do sistema de criação (SINCLAIR, O'DEA, 1987) e no Shorthorns que em Angus (RUMSEY *et al.*, 1972). Por outro lado, WOOD, LISTER (1973) não encontraram diferença significativa no teor de lipídios totais entre raças suínas, embora Large White tenha mostrado uma tendência de ter maior quantidade. MORRIS *et al.* (1995)

também observaram que o teor de lipídios totais em bovinos foram semelhantes para Angus geneticamente selecionado e o controle.

RUMSEY *et al.* (1972) constataram que a composição da gordura bovina variou entre diferentes bases genéticas. Assim, o genótipo Shorthorns teve maior teor de 14:1 que Angus. WOOD, LISTER (1973) observaram que os lipídios neutros do músculo de suíno da raça Pietrain tinham mais ácidos graxos insaturados (18:2) que Large White. VILLEGAS *et al.* (1973) relataram que suíno da raça Hampshire continha no toucinho maior nível de ácidos graxos insaturados e menor de ácidos graxos saturados que Duroc. O efeito da raça na composição de ácidos graxos foi mais pronunciado no tecido adiposo do que no muscular (EICHHORN *et al.*, 1986b). Por outro lado, SUMIDA *et al.* (1972) não encontraram diferenças nos teores de diferentes raças bovinas. MORRIS *et al.* (1995) verificaram que a composição de ácidos graxos como o teor de colesterol, foi semelhante em bovinos Angus selecionado e controle. EICHHORN *et al.* (1986b) também não detectaram diferença significativa no conteúdo de colesterol em 15 raças bovinas.

4. EFEITO DO CLIMA

O clima pode modificar a composição dos lipídios dos tecidos uma vez que mais ácidos graxos insaturados são depositados no tecido adiposo de suíno como proteção a baixas temperaturas (FULLER *et al.*, 1974, MACGRATH *et al.*, 1968).

5. EFEITO DA ALIMENTAÇÃO

O grande desafio atual é a redução do conteúdo de ácidos graxos saturados, principalmente 16:0, e o aumento da quantidade de ácido graxo monoinsaturado, sem que se produzam modificações importantes das características organolépticas da carne. Nos animais poligástricos, a hidrogenação dos ácidos graxos insaturados da dieta por microorganismos do

rúmen tem dificultado o aumento do grau de insaturação dos lipídios mediante a dieta. Distintos dos bovinos, os suínos são monogástricos e a introdução de gordura insaturada na dieta causa aumento de insaturações nos ácidos graxos. Assim, a adição de 10 a 20% de óleo de milho, açafrão, soja, canola, girassol ou amendoim na dieta de suínos em vários trabalhos aumentou substancialmente o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados (KOCH *et al.*, 1968; BROOKS, 1971; RHEE *et al.*, 1988a) e monoinsaturados (RHEE *et al.*, 1988b; CRAIG *et al.*, 1964) e diminuiu os saturados (CRAIG *et al.*, 1964; RHEE *et al.*, 1988b; KOCH *et al.*, 1968; BROOKS, 1971; VILLEGAS *et al.*, 1973) e monoinsaturados (BROOKS, 1971; KOCH *et al.*, 1968) na carne. BOHAC, RHEE (1988) porém, não observaram efeito significativo da adição de 10 a 20% de óleo de canola na dieta de suínos nos teores de colesterol e RHEE *et al.* (1988a) nos de lipídios da carne. Por outro lado, a adição de óleo de canola nas dietas provocou efeitos adversos na qualidade da carne de suínos, como branqueamento excessivo (St JOHN *et al.*, 1987, MYER *et al.*, 1992), aumento da suscetibilidade à oxidação lipídica (RHEE *et al.*, 1988) e geração de aromas anômalos durante o cozimento (MILLER *et al.*, 1990). A adição de ácidos graxos poliinsaturados (eicosapentaenóico, EPA e docosaexaenóico, DHA) elevou significativamente os níveis dos mesmos e reduziu o teor de ácido araquidônico, sem efeitos adversos durante o cozimento (MORGAN *et al.*, 1992). A adição de óleo de peixe também aumentou o conteúdo de EPA e de DHA na gordura dos animais, porém, diminuiu a dureza da gordura (IRIE, SAKIMOTO, 1992). O uso de produtos marinhos para aumentar o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 parece produzir problemas associados ao aroma e a uma maior suscetibilidade à oxidação (PARK *et al.*, 1989). Dietas com cobre também têm sido utilizadas por aumentar os ácidos graxos insaturados nos tecidos suínos (MYRES, BOWLAND, 1973, THOMPSON *et al.*, 1973).

A literatura existente sobre o efeito da alimentação em bovinos na modificação da composição de ácidos graxos e no conteúdo de colesterol da carne é conflitante. Dietas com óleo de soja aumentaram significativamente o

teor de colesterol (JACOBSON *et al.*, 1974), porém, óleos vegetais poliinsaturados, sebo ou semente de canola não tiveram efeito (WEYENT *et al.*, 1976; GARRETT *et al.*, 1976; BOHAC, RHEE, 1988). Em outro trabalho, a inclusão na dieta de óleos vegetais poliinsaturados e sebo alterou a composição de ácidos graxos, aumentando 18:2 e diminuindo 14:0, 14:1 e 18:1 (GARRETT *et al.*, 1976). Gordura animal aumentou os ácidos graxos saturados (DRYDEN, MARCHELLO, 1973) e o óleo de açafrão, os ácidos graxos insaturados (DRYDEN, MARCHELLO, 1973). Sementes incluídas na dieta de novilhos também não tiveram efeito significativo no perfil de ácidos graxos dos lipídios neutros (St JOHN *et al.*, 1987) de músculo bovino.

Existe alguma evidência que bovinos criados em pasto têm maior grau de ácidos graxos saturados nos tecidos do que animais alimentados com grãos (RUMSEY *et al.*, 1972). No entanto, SINCLAIR, O'DEA (1987) observaram que a composição de ácidos graxos foi semelhante para a maioria dos ácidos graxos nos dois sistemas de alimentação (pasto e grãos), com duas exceções. Bovinos alimentados com grãos apresentaram alta percentagem de ácido linoléico e baixa percentagem de ácido linolênico. O teor de lipídios totais foi maior nos cortes de bovinos alimentados com pasto do que nos alimentados com grãos.

A taxa de energia da dieta parece ter efeito no teor de lipídios totais, colesterol e composição de ácidos graxos. ABU-TARBOUSH, DAWOOD (1993) observaram que o teor de colesterol e de lipídios totais foi maior nos tecidos adiposos dos animais alimentados com baixa energia do que com alta energia. Resultados semelhantes foram obtidos por EICHHORN *et al.* (1986b) em tecidos adiposos subcutâneos e periféricos, porém, o tecido muscular não foi influenciado. A composição de ácidos graxos mostrou diferença tanto no tecido adiposo como no muscular.

Adição de promotores de crescimento, como Ractopamino para decrescer o conteúdo de gordura e aumentar o músculo, tem sido utilizada na alimentação de suínos. PERKINS *et al.* (1992) observaram efeito limitado nos lipídios intramusculares do músculo e nenhum efeito na composição de ácidos

graxos da gordura subcutânea. No entanto, decresceu a concentração de colesterol de aproximadamente 9% no músculo. Por outro lado, ENGESETH *et al.* (1992) demonstraram que não houve efeito no conteúdo de colesterol do músculo como também na composição de ácidos graxos do tecido adiposo e muscular.

6. EFEITO DA LOCALIZAÇÃO ANATÔMICA

TU *et al.* (1967), BOHAC, RHEE (1988) e BRAGAGNOLO, RODRIGUEZ-AMAYA (1995) não constataram diferença significativa no teor de colesterol entre músculos de diferentes localizações anatômicas de suínos e bovinos. No entanto, EICHHORN *et al.* (1986a) encontraram diferença significativa entre músculos bovinos, e SWIZE *et al.* (1992) entre músculos bovinos, mas não entre músculos de suíno. O tecido adiposo subcutâneo apresentou valor de colesterol mais elevado que em músculo (EICHHORN *et al.*, 1986a; RHEE *et al.*, 1982). Por outro lado, TU *et al.* (1967) encontraram valores semelhantes para tecido adiposo e muscular de bovino e suíno. ABU-TARBOUSH, DAWOOD (1993) não encontraram diferença significativa em amostras de gordura subcutânea, exceto para perna e lombo que apresentaram valores maiores de colesterol.

SWEETEN *et al.* (1990) verificaram que o teor de lipídios totais no músculo *Semitendinosus* de bovinos foi menor que nos músculos *Longissimus dorsi* e *Psoas major*.

BOHAC, RHEE (1988) observaram que os teores totais de ácidos graxos saturados e de insaturados não foram significativamente diferentes em músculos (*Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* e *Semitendinosus*) de diferentes localizações anatômicas de bovinos, mas os de suíno apresentaram diferenças significativas. CHACKO, PERKINS (1965) obtiveram resultados inversos, com os ácidos graxos 14:0, 16:0, 18:0 e 18:1 mostrando variação apenas em bovinos. SWEETEN *et al.* (1990) verificaram diferença significativa entre os músculos bovinos (*Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Psoas major*)

e os tecidos adiposos intramuscular e subcutâneo em todos os ácidos graxos, com exceção do ácido 18:1 ω 9. Por exemplo, a percentagem de 18:0 foi maior no músculo *Psoas major* e tecido adiposo intramuscular que no músculo *Semitendinosus*, mas o reverso foi observado para o ácido palmítico. TERRELL *et al.* (1969) demonstraram que a localização anatômica contribuiu para as diferenças entre os principais ácidos graxos, tais como 16:1, 18:1 e 18:0 em bovinos. STINSON *et al.* (1967) observaram em suínos que os ácidos graxos 16:1, 18:0, 18:1 e 18:2 foram diferentes entre gordura externa e interna de pernil e de lombo, mas não houve diferença na gordura externa e na gordura interna do lombo e pernil. RAO, KOWALE (1993) obtiveram, em búfalos, alta quantidade de 18:1 ω 9 no *Triceps brachii* e pequena de 18:2 ω 6 no *Longissimus dorsi*.

7. INFLUÊNCIA DO GRAU DE QUALIDADE E DE GORDURA EXTERNA

Carnes com diferentes graus de qualidade não apresentaram diferença significativa no conteúdo de colesterol (RHEE, *et al.*, 1982; HOELSCHER *et al.*, 1988; MOSS *et al.*, 1983, BRAGAGNOLO, RODRIGUEZ-AMAYA, 1995).

HUTCHISON *et al.* (1987) demonstraram que os cortes tradicionais de carne suína foram 20 a 40% mais magros que no passado e que os novos cortes do mercado foram 40% mais magros que os cortes tradicionais. A composição de ácidos graxos e colesterol não diferiram significativamente entre os cortes, embora os níveis de colesterol tenham sido ligeiramente menores nos novos cortes. SINCLAIR & O'DEA (1987) também verificaram que os novos cortes tinham menor teor de lipídios que os cortes tradicionais, e a composição de ácidos graxos variou entre os cortes.

O teor de colesterol não correlacionou com o grau de gordura externa nas amostras de carne bovina (SWIZE *et al.*, 1992; HOELSCHER *et al.*, 1988) e no *Semimenbranosos* de suínos (SWIZE *et al.*, 1992), porém, o *Longissimus* de suínos sem gordura externa foi significativamente menor do que com gordura externa (SWIZE *et al.*, 1992).

STROMER *et al.* (1966) e RHEE *et al.* (1982) demonstraram que não houve diferença significativa no conteúdo de colesterol entre cortes de carne bovina com diferentes quantidades de gordura intramuscular, exceto para aqueles completamente sem gordura, que apresentaram significativamente menos colesterol (RHEE *et al.*, 1982). Entretanto, REITMEIER, PRUSA (1987) e HOELSCHER *et al.* (1988) verificaram que o conteúdo de colesterol em carne moída de suíno foi maior com maior teor de gordura. TU *et al.* (1967) também relataram que os teores de colesterol em ambos os músculos suínos e bovinos correlacionaram diretamente com a porcentagem de lipídios. Contrariamente, HOOD (1987) descreveu que carnes com menos gordura intramuscular contêm ligeiramente mais colesterol.

8. EFEITO DA IDADE

A idade do animal pode influenciar os lipídios das carnes. O conteúdo de gordura dos músculos bovinos tende a aumentar (MORRIS *et al.*, 1995; STROMER *et al.*, 1966) e o nível de colesterol tende a diminuir com a idade (MORRIS *et al.*, 1995). No entanto, STROMER *et al.* (1966) não observaram diferença significativa no teor de colesterol em relação à idade. A composição de ácidos graxos variou significativamente com decréscimo de 14:0 e 16:0 com o aumento da idade (MORRIS *et al.*, 1995).

LODGE *et al.* (1978) observaram que o toucinho ganhou em tamanho 30 vezes entre 0 a 28 dias de idade, enquanto sua concentração de lipídios aumentou de 8,7 para 77,5%. O teor de lipídios no músculo cresceu 54% do nascimento ao 7º dia de idade seguido por retorno ao nível inicial aos 28 dias. As principais diferenças na composição de ácidos graxos entre tecidos (músculo e toucinho) no nascimento foram altos níveis de 14:1, 16:0 e 16:1 no toucinho. Mudanças significativas ocorreram durante a primeira semana, com aumento de 16:1 e 18:2 e decréscimo de 18:1 no músculo, aumento de 18:1, 18:2 e 18:3 e decréscimo de 14:0, 18:0 e 20:4 no toucinho.

9. DIFERENÇAS DEVIDO AO SEXO DO ANIMAL

Por causa da influência hormonal, o sexo do animal afeta a composição e a qualidade das carnes. Novilhas são geralmente mais gordas que novilhos ou touros (HOOD, ALLEN, 1971; MARCHELLO *et al.*, 1970 e TERREL *et al.*, 1969). Animais castrados contêm maior teor de gordura que animal não castrado (EICHHORN *et al.*, 1986a).

Os resultados sobre colesterol são conflitantes. Em alguns trabalhos, o teor de colesterol não foi influenciado pelo sexo do animal (castrado, não castrado, touro, novilha ou novilho) (EICHHORN *et al.*, 1986a; ABU-TARBOUSH, DAWOOD, 1993; WEYANT *et al.*, 1976). Por outro lado, HOOD, ALLEN (1971) observaram maior teor de colesterol em novilha do que em novilho e touro.

TERREL *et al.* (1969) encontraram maior nível de ácidos graxos saturados em animal castrado que em novilha. VILLEGAS *et al.* (1973) observaram apenas maior percentagem de ácido linoléico no porco não castrado do que no castrado. Por outro lado, MARCHELLO *et al.* (1970) e KOCH *et al.* (1968) não constataram influência pelo sexo do animal na composição de ácidos graxos.

HOOD & ALLEN (1971) observaram que na gordura intramuscular do animal não castrado, os valores de 18:2 foram significativamente maiores na classe dos fosfolipídios e 18:0 nos triacilgliceróis e mono e diacilgliceróis e 16:0 e 18:1 foram significativamente menores nos ácidos graxos livres que nas novilhas e animal castrado, os quais tiveram composição de ácidos graxos semelhantes. Já, da fração triacilgliceróis no sítio subcutâneo, as novilhas apresentaram maior teor de 18:1 e menor de 16:0 que os castrados e não castrados.

GILLIS *et al.* (1973) obtiveram resultados diferentes, sendo que o animal não castrado apresentou maiores teores de 14:0, 16:1, 18:2 e valor menor de 18:1 que animais castrados nos lipídios intramusculares. Na fração subcutânea, o animal não castrado foi associado com maiores níveis de 14:0,

16:0, 18:2 e menores níveis de 18:1 que o animal castrado. A principal diferença foi a presença significativamente maior de 16:1 em touro que no animal castrado nos lipídios intramusculares e subcutâneos.

10. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CRIAÇÃO

Em relação aos criados com baixa densidade (1,7 animais/ha), bovinos criados em pastos com alta densidade (2,7 animais/ha) apresentaram nível menor de lipídios intramuscular, caracterizada por uma menor percentagem de ácidos graxos saturados e monoinsaturados e alta percentagem de poliinsaturados. (SINCLAIR, O'DEA, 1987).

A região de criação não foi significativa no teor de colesterol, lipídios e composição de ácidos graxos em suínos (MOSS *et al.*, 1983).

11. EFEITO DO COZIMENTO

SWIZE *et al.* (1992) observaram que o cozimento não afetou o conteúdo de colesterol em amostras de carne suína e bovina. MORRIS *et al.* (1995) demonstraram que o perfil de ácidos graxos das amostras de carne bovina crua e cozida foram semelhantes, indicando que não há nenhuma perda preferencial de específicos ácidos graxos durante o cozimento. No entanto, RAO, KOWALE (1993) demonstraram que o processo de aquecimento em carne de búfalo aumentou significativamente os ácidos 10:0, 14:0, 18:0, 18:2 e decresceu 16:0. JANICKI, APPLIEDORF (1974) verificaram mudanças significativas nos ácidos graxos 16:0, 18:1 e 18:2, sendo que 16:0 diminuiu durante o cozimento de carne moída bovina e 18:1 e 18:2 aumentaram. Observaram também que a razão ácidos graxos insaturados/saturados aumentou durante o cozimento em todos os métodos utilizados.

De acordo com SWIZE *et al.* (1992) *longissimus* e *semimembranosus* cozidos não apresentaram diferença significativa no teor de lipídios totais entre cortes com 0 e 0,6 cm de gordura externa em carne suína, já a carne bovina

apresentou valores maiores no *semimembranosus* com 0,6 cm de gordura externa. AKINWUNMI *et al.* (1993) encontraram teores de lipídios totais maiores nas carnes bovinas cozidas com maior conteúdo de gordura intramuscular e externa. O conteúdo de lipídios aumentou entre todos os cortes de carne suína cozida (SLOVER *et al.*, 1987).

KRITCHEVSKY, TEPPER (1961) acharam que o cozimento reduz o conteúdo de colesterol, uma vez que encontraram valores menores para a carne bovina cozida do que para carne crua. HOOD (1987) relatou que a quantidade de colesterol em carne bovina cozida não aumentou com o cozimento, apenas foi maior devido a concentração dos componentes pelas perdas dos voláteis e infiltração da gordura durante o cozimento. Para verificar se este aumento foi significativo ou não, é necessário fazer o cálculo na base seca. BRAGAGNOLO, RODRIGUEZ-AMAYA (1995) observaram que não houve perdas pelo cozimento no lombo com osso assado e no toucinho frito, já o lombo assado, pernil assado, contrafilé assado e músculo cozido apresentaram perdas significativas de 12, 19, 14 e 16%, respectivamente. No tecido adiposo cozido, os valores de colesterol e lipídios totais foram menores que nos tecidos crus (HOELSCHER *et al.*, 1988). Estes resultados conflitam com os de RHEE *et al.* (1982) que encontraram aumento no colesterol. Para SWIZE *et al.* (1992) a quantidade de colesterol no tecido adiposo não foi afetada pelo cozimento.

Não foi observada diferença no conteúdo de colesterol em carnes bovinas cozidas por vários métodos (assado, microondas, frito em frigideira e refogado) (MORGAN *et al.*, 1988; PRUSA, HUGHES, 1986), embora o cozimento em microondas exibisse valores ligeiramente maiores. JANICKI, APPLIEDORF (1974) verificaram decréscimo no conteúdo de colesterol com vários métodos de cozimento.

Lipídios totais e conteúdo de colesterol não foram influenciados pela temperatura interna de 60, 71 e 77°C (AKINWUNMI *et al.*, 1993 e REITMEIER, PRUSA, 1987). HEYMANN *et al.* (1990) obtiveram resultados semelhantes para colesterol, porém observaram que o teor de lipídios, em geral, aumentou

com o incremento da temperatura interna.

A temperatura interna de cozimento influenciou a composição de ácidos graxos, de modo que a 76,7°C a carne continha mais 14:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2 e 20:0 do que a 65,6°C, a 71,1°C continha mais 14:0, 16:1, 18:1, 18:2 e 20:0 do que a 65,6°C (HEYMANN *et al.*, 1990). Os ácidos graxos 10:0, 12:0, 18:3 e 20:4 não foram influenciados pela temperatura interna.

12. ERROS ANALÍTICOS

Os métodos analíticos para colesterol podem ser divididos em três grupos: colorimétricos, enzimáticos e cromatográficos. Dos três métodos, o procedimento colorimétrico é o mais barato e tem sido o mais utilizado na determinação de colesterol em carnes (KRITCHEVSKY, TEPPER, 1961; TU *et al.*, 1967; SWIZE *et al.*, 1992; PRUSA, HUGHES, 1986; REITMEIER, PRUSA, 1987; MORGAN *et al.*, 1988, BOHAC *et al.*, 1988). O método enzimático também é menos oneroso, no entanto é pouco utilizado em amostras de carnes (HUTCHISON *et al.*, 1987). Os métodos cromatográficos, embora mais caros, são os mais específicos, pois além de separar os esteróis separam possíveis interferentes. Muitos trabalhos empregam cromatografia gasosa de alta resolução na análise de colesterol em carnes (SLOVER *et al.*, 1987; BOHAC *et al.*, 1988; HEYMANN *et al.*, 1990), mas apenas dois (CSALLANY *et al.*, 1989, ARNETH, AL-AHMAD, 1991) foram encontrados utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

Muito se discute sobre a falta de especificidade do método colorimétrico, no entanto, BOHAC *et al.* (1988) realizaram um estudo comparativo em carne bovina e suína entre um método colorimétrico e cromatografia gasosa de alta resolução. Os valores de colesterol obtidos pelos dois métodos não demonstraram diferença significativa. Para que os resultados de colesterol não sejam superestimados recomendam a saponificação dos lipídios totais extraídos, eliminando, assim, ácidos graxos livres e triacilgliceróis que possam estar presentes e interferir na reação de

cor. O uso de antioxidante no extrato lipídico também foi recomendado para evitar a oxidação de certos compostos, os quais podem resultar em produtos de oxidação. A reação de cor (SEARCY, BERGQUIST, 1960), com ácido sulfúrico concentrado e ácido acético saturado com sulfato ferroso, produz na presença de colesterol uma cor estável após 10 min, a qual é lida num comprimento de onda menos suscetível às interferências. Este método colorimétrico foi adaptado e utilizado por BRAGAGNOLO, RODRIGUEZ-AMAYA (1993), demonstrando exatidão e precisão, além de ser rápido e barato, no entanto, exige controle rígido das condições analíticas e utiliza reagentes corrosivos.

A determinação de lipídios totais é realizada na maioria dos trabalhos encontrados na literatura pelo método de FOLCH *et al.* (1957). Alguns trabalhos utilizaram o método de BLIGH, DYER (1959), que é semelhante ao método de FOLCH *et al.* (1957) e também encontra-se, em menor proporção, o uso de Soxhlet com éter.

Embora tenha-se tentado utilizar CLAE para a determinação de ácidos graxos, a cromatografia gasosa com derivação, principalmente metilação, continua sendo o método universal. O número de ácidos graxos relatados em trabalhos publicados para carne bovina e suína é bem baixo, mesmo utilizando coluna capilar. Por exemplo, SLOVER *et al.* (1987) identificaram 27 ácidos graxos, SINCLAIR, O'DEA (1987) 18, HUTCHISON *et al.* (1987) 10, RHEE *et al.* (1988b) apenas 8 com coluna capilar e SWEETEN *et al.* (1990) 15, WOOD, LISTER (1973) 11 e VILLEGAS *et al.* (1973) 7 com coluna recheada.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o volume de trabalhos realizados sobre o efeito de diversos fatores nos teores de colesterol, lipídios totais e composição de ácidos graxos seja grande, os resultados são tão conflitantes que conclusões definitivas não são possíveis de serem feitas. Houve concordância apenas na constatação que a composição de ácidos graxos é influenciada pela alimentação. Maiores

estudos são requeridos, com melhor definição do desenho experimental e utilizando métodos aprimorados em relação ao colesterol e ácidos graxos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-TARBOUSH, H. M. & DAWOOD, A. Cholesterol and fat contents of animal adipose tissues. **Food Chem.**, **46**: 89, 1993.
- AKINWUNMI, I; THOMPSON, L. D. & RAMSEY, C. B. Marbling, fat trim and doneness effects on sensory attributes, cooking loss and composition of cooked beef steaks. **J. Food Sci.**, **58**: 242, 1993.
- ARNETH, W. & AL-AHMAD, H. Cholesterol und seine ester in fleisch - Analytik und Gehalte **Mitteilungsblatt**, **112**: 201, 1991.
- BLIGH, E. G. & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, **37**: 911, 1959.
- BOHAC, C. E. & RHEE, K. S. Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. **Meat Sci.**, **23**: 71, 1988.
- BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R. AND ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **J. Food. Sci.**, **53**: 1642, 1988.
- BRAGAGNOLO, N. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Avaliação comparativa de três métodos para determinação de colesterol em gema de ovo. **Arq. Biol. Tecnol.**, **36**: 237, 1993.
- BRAGAGNOLO, N. & RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Clên. Tecnol. Aliment.**, **15**: 11, 1995.
- BROOKS, C. C. Fatty acid composition of pork lipids as affected by basal diet, fat source and fat level. **J. Anim. Sci.**, **33**: 1224, 1971.
- CHACHO, K. & PERKINS, E. G. Anatomical variation in fatty acid composition and trilyceride distribution in animal depot fats. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, **42**: 1121, 1965.
- CRAIG, H. B., BLUMER, T. N. CLAWSON, A. J. & SMART, W. W. G., JR. Chemical, physical and organoleptic evaluation of aged country-style hams from fed rations with and without peanut oil. **J. Anim. Sci.**, **23**: 956, 1964.

- CSALLANY, A. S., KINDOM, S. E., ADDIS, P. B. & LEE, J. HPLC method for quantitation of cholesterol and four of its major oxidation products in muscle and liver tissues. *Lipids* **24**: 645, 1989.
- DRYDEN, F. D. & MARCHELLO, J. A. Influence of dietary fats upon carcass lipid composition in the bovine. *J. Anim. Sci.*, **37**: 33, 1973.
- EICHHORN, J. M., WAKAYAMA, E. J., BLOMQUIST, G. J. & BAILEY, C. M. Cholesterol content of muscle and adipose tissue from crossbred bulls and steers. *Meat Science*, **16**: 71, 1986a.
- EICHHORN, J. M., COLEMAN, L. J., WAKAYAMA, E. J., BLOMQUIST, G. J., BAILEY, C. M. & JENKINS, T. G. Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature females. *J. Ani. Sci.*, **63**: 781, 1986b.
- ENGESETH, N. J., LEE, K. O., BERGEN, W. G., HELFERICH, W. G., KNUDSON, B. K. & MERKEL, R. A. Fatty acid profiles of lipid deposit and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. *J. Food Sci.*, **57**: 1060, 1992.
- FOLCH, J.; LEES, M. & STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biolog. Chem.*, **226**: 497, 1957.
- FULLER, M. F., DUNCAN, W. R. H. & BOYNE, A. W. Effect of environmental temperature on the degree of unsaturation of depot fats of pigs given different amounts of food. *J. Sci. Fd Agric.*, **25**: 205, 1974.
- GARRETT, W. N., YANG, Y. T., DUNKLEY, W. L. & SMITH, L. M. Energy utilization, feedlot performance and fatty acid composition of beef steers fed protein encapsulated tallow or vegetable oils. *J. Ani. Sci.*, **42**: 1522, 1976.
- GILLIS, A. T., ESKIN, N. A. M., & CLIPLEF, R. L. Fatty acid composition of bovine intramuscular and subcutaneous fat as related to breed and sex. *J. Food Sci.*, **38**: 408, 1973.
- HEYMANN, H., HEDRICK, H. B., KARRASCH, M. A., EGGEMAN, M. K. & ELLERSIECK, M. R. Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *J. Food Sci.*, **55**: 613, 1990.

- HOOD, R. L. A note of the cholesterol content of beef rib steaks. **CSIRO Food Research Q**, 47: 44, 1987.
- HOOD, H. L. & ALLEN, E. Influence of sex and postmortem aging on intramuscular and subcutaneous bovine lipids. **J. Food Sci.**, 36: 786, 1971.
- HOELSCHER, L. M., SAVELL, J. W., SMITH, S. B. & CROSS, H. R. Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose tissues of beef loin steaks. **J. Food. Sci.**, 53: 518, 1988.
- HUTCHISON, G. I.; GREENFIELD, H. & WILLS, R. B. H. Composition of Australian foods. 35. Pork. **Food Tech. Australia**, 39: 216, 1987.
- IRIE, M. & SAKIMOTO, M. Fat characteristics of pigs fed fish oil containing eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. **J. Amin. Sci.**, 70: 470, 1992.
- LODGE, G. A., SARKAR, N. K. & KRAMER, J. K. G. Fat deposition and fatty acid composition in the neonatal pig. **J. Ani. Sci.**, 47: 497, 1978.
- JACOBSON, N. L., RICHARD, M., BERGER, P. J. & KLUGE, J. P. Comparative effects of tallow, lard and soybean oil, with and without supplemental cholesterol, on growth, tissue cholesterol and other responses of calves. **J. Food Nutrition**, 104: 573, 1974.
- JANICKI, L. J. & APPLIEDORF, H. Effect of broiling, grill frying and microwave cooking on moisture, some lipid components and total fatty acids of groun beef. **J. Food Sci.**, 39: 715, 1974.
- KAUFFMAN, R. G., SUESS, G. G., BRAY, R. W. & SCARTH, R. D. Incidence of marbling of the bovine and porcine *Longissimus*. **J. Amin. Sci.**, 27: 969, 1968.
- KOCH, D. E., PEARSON, A. M., MAGEE, W. T. & HOEFER, J. A. Effect of diet on the fatty acid composition of pork fat. **J. Anim. Sci.**, 27: 361, 1968.
- KRITCHEVSKY, D. & TEPPER, S. A. The free and ester sterol content of various foodstuffs. **J. Nutrition**, 74: 441, 1961.
- MACGRATH, W. S. , JR., VANDER NOOT, G. W., GILBREATH, R. L. & HANS FISHER. Influence of enviromental temperature and dietary fat on backfat composition of swine. **J. Nutr.** 96: 461, 1968.

- McNAMARA, D. J. Coronary heart disease. In: **Present knowledge in nutrition** (Brown, M. L. Ed.), pp. 349, 1990.
- MARCHELLO, J. A., VAVRA, M., DRYDEN, F. D. & RAY, D. E. Influence of sex on certain constituents of bovine muscles. **J. Anim. Sci.**, **31**: 707, 1970.
- MILLER, M. F., SHACKELFORD, S. D., HAYDEN, K. D. & REAGAN, J. O. Determination of the alteration in fatty acids profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated of monosaturated fats in the diet. **J. Anim. Sci.**, **68**: 1624, 1990.
- MORGAN, J. B., CALKINS, C. R. & MANDIGO, R. W. Effect of trim level, cooking method, and chop type on lipid retention, caloric content, and cholesterol level in cooked pork. **J. Food Sci.**, **53**: 1802, 1988.
- MORGAN, C. A., NOBLE, R. C., COCCHI, M & MCCARTNEY, R. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. **J. Sci. Food Agric.**, **58**: 357, 1992.
- MORRIS, C. A., KIRTON, A. H., HOGG, B. W.; BROWN, J. M. & MORTIMER, B. J. Meat composition in genetically selected and control cattle from a serial slaughter experiment. **Meat Sci.**, **39**: 427, 1995.
- MOSS, M., HOLDEN, J. M., ONO, K., CROSS, R., SLOVER, H., BERRY, B., LANZA, E., THOMPSON, R., WOLF, W., VANDERSLICE, J., JONSON, H. & STEWART, K. Nutrient composition of fresh retail pork. **J. Food Sci.**, **48**: 1767, 1983.
- MYER, R. O., LAMKEY, J. W., KNAUFT, D. A., WALKER, W. R., BRENDemuHL, J. H. & COMBS, G. E. Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated:saturated ratio of pork fat. **J. Anim. Sci.**, **70**: 1417, 1992.
- MYRES, A. W. & BOWLAND, J. P. Effects of environmental temperature and dietary copper on growth and lipid metabolism in pigs. 2. Fatty acid composition of adipose tissue lipids. **Can. J. Anim. Sci.**, **53**: 121, 1973.
- NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM EXPERT PANEL. Report on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults. **Arch. Intern. Med.** **148**: 36, 1988.
- PARK, J., RHEE, K. S., KEETON, J. T. & RHEE, K. C. Properties of low-fat frankfurters containing monosaturated and omega-3 polyunsaturated oils. **J. Food Sci.**, **54**: 500, 1989.

- PERKINS, E. G., MCKEITH, F. K., JONES, D. J., MOWREY, D. H., HILL, S. E., NOVAKOFSKI, J. & CONNOR, P. L. Fatty acid and cholesterol changes in pork longissimus muscle nad fat due to ractopamine. **J. Food Sci.**, **57**:1266, 1992.
- PRUSA, K. J. & HUGHES, K. V. Cholesterol and selected attributes of pork tenderloin steaks heated by conventional, convection and microwave ovens to two internal endpoint temperatures. **J. Food Sci.**, **51**: 1139, 1986.
- RAO, V. K. & KOWALE, B. N. Fatty acid composition of adult buffalo meat during processing and storage. **J. Food Sci. Technol.**, **30**: 216, 1993.
- REITMEIER, C. A. & PRUSA, K. J. Cholesterol content and sensory analysis of ground pork as influenced by fat level and heating. **J. Food Sci.**, **52**: 916, 1987.
- RHEE, K. S.; DUTSON, T. R.; SMITH, G. C., HOSTETLER, R. L. & REISER, R. Cholesterol content of raw and cooked beef longissimus muscles with different degrees of marbling. **J. Food Sci.**, **47**: 716, 1982.
- RHEE, K. S., ZIPRIN, Y. A., ORDONEZ, G. & BOHAC, C. E. Fatty acid profiles on the total lipids and lipid oxidation in pork muscles as affected by canola oil in the animal diet and muscle location. **Meat Sci.**, **23**: 201, 1988a.
- RHEE, K. S., DAVIDSON, T. L., KNABE, D. A., CROSS, H. R., ZIPRIN, Y. A. & RHEE, K. C. Effect of dietary high-oleic sunflower oil on pork carcass traits and fatty acid profiles of raw tissues. **Meat Sci.**, **24**: 249, 1988b.
- RUMSEY, T. S., OLTJEN, R. R., BOVARD, K. P. & PRIODE, B. M. Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in breef cattle. **J. Anim. Sci.**, **35**: 1069, 1972.
- SEARCY, R. L. & BERGQUIST, L. M. A new color reaction for the quantitation of serum cholesterol. **Cli. Chim. Acta**, **5**: 192, 1960.
- SINCLAIR, A. J. & O'DEA, K. The lipid levels and fatty acid compositions of the lean portions of pork, chicken and rabbit meats. **Food Tech. Australia**, **39**: 232, 1987.
- SLOVER, H. T., THOMPSON, JR. R. H., DAVIS, C. S. & MEROLA, G. V. The lipid composition of raw and cooked fresh pork **J. Food Comp. Anal.**, **1**: 38, 1987.

- ST JOHN, L. C., YOUNG, D. A., KNABE, D. A., THOMPSON, L. D., SCHELLING, G. T., GRUNDY, S. M. & SMITH, S. B. Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. *J. Anim. Sci.*, **64**: 1441, 1987.
- STINSON, C. G., DEMAN, J. M. & BOWLAND, J. P. Fatty acid composition and glyceride structure of piglet body fat from different sampling sites. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **44**: 253, 1967.
- STROMER, M. H., GOLL, D. E. & ROBERTS, J. H. Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. *J. Anim. Sci.*, **25**: 1145, 1966.
- SUMIDA, D. M., VOGT, D. W., COBB, E. H., IWANAGA, I. I. & REIMER, D. Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. *J. Anim. Sci.*, **35**: 1058, 1972.
- SWEETEN, M. K., CROSS, H. R., SMITH, G. C. & SMITH, S. B. Subcellular distribution and composition of lipids in muscle and adipose tissues. *J. Food Sci.*, **55**: 43, 1990.
- SWIZE, S. S., HARRIS, K. B., SAVELL, J. W. & CROSS, H. R. Cholesterol content of lean and fat from beef, pork, and lamb cuts. *J. Food Comp. Anal.* **5**: 160, 1992.
- TERRELL, R. N., SUESS, G. G. & BRAY, R. W. Influence of sex, liveweight and anatomical location on bovine lipids. I. Fatty acid composition of subcutaneous and intermuscular fat depots. *J. Anim. Sci.*, **28**: 448, 1969.
- THOMPSON, E. H., ALLEN, C. E., & MEADE, R. J. Influence of copper on stearic acid desaturation and fatty acid composition in the pig. *J. Anim. Sci.*, **36**: 868, 1973.
- TU, C., POWRIE, W. D. & FENEMA, O. Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *J. Food Sci.*, **32**: 30, 1967.
- VILLEGAS, F. J., HEDRICK, H. B., VEUM, T. L., MCFATE, K. L. & BAILEY, M. E. Effect of diet and breed on fatty acid composition of porcine adipose tissue. *J. Anim. Sci.* **36**: 663, 1973.
- WEYANT, J. R., WRENN, T. R., WOOD, D. L. & BITMAN, J. Cholesterol content of polyunsaturated meat. *J. Food Sci.* **41**: 1421, 1976.
- WOOD, J. D. & LISTER, D. The fatty acid and phospholipid composition of *Longissimus dorsi* muscle from Pietrain and Large White pigs. *J. Sci. Fd. Agric.* **24**: 1449, 1973.

**COMPARAÇÃO DA COLORIMETRIA E DA CLAE
NA ANÁLISE DE COLESTEROL E
DETERMINAÇÃO DE COLESTEROL, LIPÍDIOS
TOTAIS E ÁCIDOS GRAXOS EM CORTES DE
CARNE SUÍNA**

**Trabalho a ser enviado ao Journal of Food Composition and
Analysis**

RESUMO

Foram comparados um método por CLAE e outro colorimétrico para determinação de colesterol em carnes. As etapas anteriores à quantificação são semelhantes nos dois métodos, consistindo da extração dos lipídios, saponificação e extração da matéria insaponificável. O método por CLAE utiliza uma coluna de C_{18} e fase móvel de acetonitrila:isopropanol (70:30), sendo a detecção fixada a 210 nm. O método colorimétrico envolve a reação com ácido sulfúrico concentrado e ácido acético saturado com sulfato ferroso, sendo a leitura realizada a 490 nm após 10 min. Foi analisado simultaneamente um total de 28 amostras. Não houve diferença significativa nos resultados para todas amostras analisadas. Portanto, qualquer um dos métodos analisados pode ser utilizado com segurança. O método colorimétrico é mais barato e rápido, mas precisa de controle rigoroso das condições analíticas e utiliza reagentes corrosivos. O método por CLAE não exige atenção constante, mas é mais oneroso e requer experiência no uso do aparelho. Posteriormente, foram determinados os teores de colesterol (por CLAE), lipídios totais e a composição de ácidos graxos em vários cortes de carne suína. O teor médio de lipídios totais variou de 3 a 5 g/100g na carne e 83 g/100g no toucinho. Colesterol variou em média de 42 a 53 mg/100g, sendo menor no lombo e maior no toucinho. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) no nível de colesterol entre lombo com e sem gordura externa. Em todos os cortes, foram identificados cinquenta e um (51) ácidos graxos, sendo os principais: 18:1 ω 9, 16:0, 18:0, 18:2 ω 6, 16:1 ω 7 e 18:1 ω 7. Algumas variações significativas, mas pequenas, nas percentagens de ácidos graxos foram verificadas entre os diferentes cortes.

SUMMARY

A colorimetric method and an HPLC method were compared for the determination of cholesterol in pork. The steps preceding measurement were similar, consisting of extraction of the lipids, saponification and extraction of unsaponifiable matter. The HPLC method utilized a C₁₈ column with acetonitrile:isopropanol (70:30) as move phase; detection was set at 210 nm. The colorimetric method involved reaction with concentrated sulfuric acid and acetic acid saturated with ferrous sulfate, the absorbance being read at 490 nm after 10 minutes. No significant difference was seen in the results of all samples; thus, either method can be reliably used. The colorimetric method is rapid and low-cost, but requires rigorous control of analytical condition and uses corrosive reagents. The HPLC method does not need constant attention, but is expensive and require experience of the operation in the instrument. Subsequently, total lipids, cholesterol and fatty acid composition were determined in various cuts of pork. The mean total lipids varied from 3 to 5 g/100g for the meat and 83 g/100g for backfat. Cholesterol varied, on the average, from 47 to 53 mg/100g, being lower in loin and higher in backfat. No significant difference ($p>0,05$) was seen in loin with or without fat. Fifty-one fatty acids were identified in all cuts, with 18:1 ω 9, 16:0, 18:0, 18:2 ω 6, 16:1 ω 7 and 18:1 ω 7 as principal components. Some significant but small variations in the fatty acid percentages were verified between cuts.

INTRODUÇÃO

A composição geral de carne suína consiste de 72% de água, 20% de proteína, 7% de gordura, 1% de minerais e menos que 1% de carboidratos (Anderson, 1988; Seus, 1990). Comparando-se a composição com outros alimentos, a carne suína é um alimento rico em proteína, pobre em carboidratos e contém relativamente baixo nível energético (em torno de 147 kcal/100g de carne suína). As principais vitaminas encontradas são B₁, B₂, B₆, B₁₂, A e C. É uma das fontes mais importantes de vitamina B₁ (Seus, 1990). É também, a proteína animal mais produzida e consumida em todo o mundo. Mundialmente, mais de 70 milhões de toneladas são comercializadas, contra menos de 50 milhões de toneladas de carne bovina e pouco mais de 30 milhões de carne de frango (Albuquerque, 1995).

A carne suína, no entanto, contém constituintes que podem ser indesejáveis, como o colesterol. Mattson *et al.* (1972) verificaram uma relação linear entre o colesterol da dieta e o sanguíneo e observaram que cada 100 mg de colesterol/1000 kcal consumida resulta em um aumento de colesterol no plasma de aproximadamente 12 mg/100 ml. Entretanto, de acordo com McNamara (1990) apenas uma parte da população é sensível ao colesterol da dieta, com uma diminuição do colesterol plasmático, quando o colesterol da dieta é reduzido. Por sua vez, o National Cholesterol Education Program (1988) estima uma redução de 10 a 15% do nível de colesterol sanguíneo através da dieta. Para manter o colesterol sanguíneo baixo, a dieta deve ser pobre em lipídios totais, colesterol e ácidos graxos saturados.

O Brasil conta com um plantel de mais de 30 milhões de suínos, responsáveis pela oferta anual de 1,3 milhões de toneladas. O consumo per capita no país permanece estabilizado na faixa dos 7,5 quilos por habitante/ano, o que é ainda muito baixo comparado com Alemanha (62,1 kg por habitante/ano), Estados Unidos (28,0 kg por habitante/ano) e Portugal (24,3 kg por habitante/ano).

O Brasil também é um exportador de carne com excelente potencial para expansão. Atualmente a exportação é de 30 mil toneladas/ano, com receita em torno dos US\$ 50 milhões. A expectativa para a virada do século é

que o país exporte em torno de 150 mil toneladas por ano (Albuquerque, 1995).

Valores encontrados na literatura para colesterol em carne suína variam largamente. Estas discrepâncias podem ser atribuídas à variação natural das amostras devido aos fatores como tipo de corte, idade, raça e dieta do animal. Entretanto, um exame da literatura sobre determinação de colesterol revela que estas diferenças podem ser geradas, em grande extensão, pelos diferentes procedimentos analíticos utilizados.

Os métodos analíticos para análise de colesterol podem ser divididos em três grupos: colorimétricos, enzimáticos e cromatográficos. Dos três métodos, o procedimento colorimétrico é o mais barato e tem sido o mais utilizado na determinação de colesterol em carnes (Kritchevsky and Tepper, 1961; Tu *et al.*, 1967; Swize *et al.*, 1992; Prusa and Hughes, 1986; Reitmeier and Prusa, 1987; Morgan *et al.*, 1988). O método enzimático também é menos oneroso, no entanto é pouco utilizado em amostras de carnes (Hutchison *et al.*, 1987). Os métodos cromatográficos, embora mais caros, são os mais específicos, pois além de separar os esteróis separam outros possíveis interferentes. Muitos trabalhos empregam cromatografia gasosa na análise de colesterol em carnes (Slover *et al.*, 1987; Bohac *et al.*, 1988; Heymann *et al.*, 1990), mas apenas dois (Csallany *et al.*, 1989; Arneth and Al-Ahmad, 1991) foram encontrados utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

Apesar de existir uma ampla literatura internacional sobre lipídios totais, colesterol e composição de ácidos graxos, dados brasileiros são escassos, embora as doenças cardiovasculares sejam a maior causa de morte no país.

Assim, os objetivos deste trabalho foram:

- 1- Comparar um método por CLAE e o método colorimétrico de Bohac *et al.* (1988) desenvolvido e amplamente utilizado para carnes na determinação de colesterol.
- 2- Determinar, a partir do mesmo extrato, os teores de lipídios totais e colesterol, e a composição de ácidos graxos em diversos cortes de carne suína.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras. Foi analisado simultaneamente um total de 28 amostras para determinar colesterol por dois métodos, sendo 6 amostras de lombo; 6 de pernil; 3 de leitão (pernil+lombo), 3 de couro, 4 de toucinho e 6 de carne bovina (contrafilé). As amostras de lombo, pernil e contrafilé foram adquiridas, ao acaso, em diferentes açougues de Campinas, São Paulo. Já as amostras de leitão, couro e toucinho foram provenientes da Fazenda Barra Dourada, Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul, resultantes do cruzamento de Agpic 405 (Hampshire com Landrace x Large White) e Camborough 15 (Duroc Pic com Landrace Pic x Large White Pic).

Uma análise integrada de lipídios totais, colesterol e composição de ácidos graxos foi realizada em 4 cortes de carne suína sendo 6 amostras de lombo, 7 de pernil, 4 de paleta e 4 de toucinho, adquiridas em diversos açougues de Campinas no ano de 1994 e 1995. As amostras de carne foram homogeneizadas após remoção de toda gordura externa. Além disso, 4 amostras de lombo foram analisadas pareadas, com e sem gordura externa.

Todas as amostras foram homogeneizadas em um multiprocessador até obtenção de uma massa homogênea. Subamostras de 10 g em duplicata foram tomadas para análise.

Extração e determinação dos lipídios totais. Os lipídios totais foram extraídos com clorofórmio:metanol (2:1) de acordo com Folch *et al.* (1957). Aliquotas foram tomadas e os lipídios totais foram determinados gravimetricamente.

Determinação de colesterol por colorimetria. Uma alíquota de 5 ml do extrato clorofórmico foi tomada para análise de acordo com Bohac *et al.* (1988) (Figura 1). Para a construção da curva de calibração concentrações de padrão foram submetidas às etapas de saponificação e desenvolvimento de cor. A curva padrão foi construída de 50 a 200 µg, a qual foi linear, passou pela origem e cobriu a faixa de concentração das amostras.

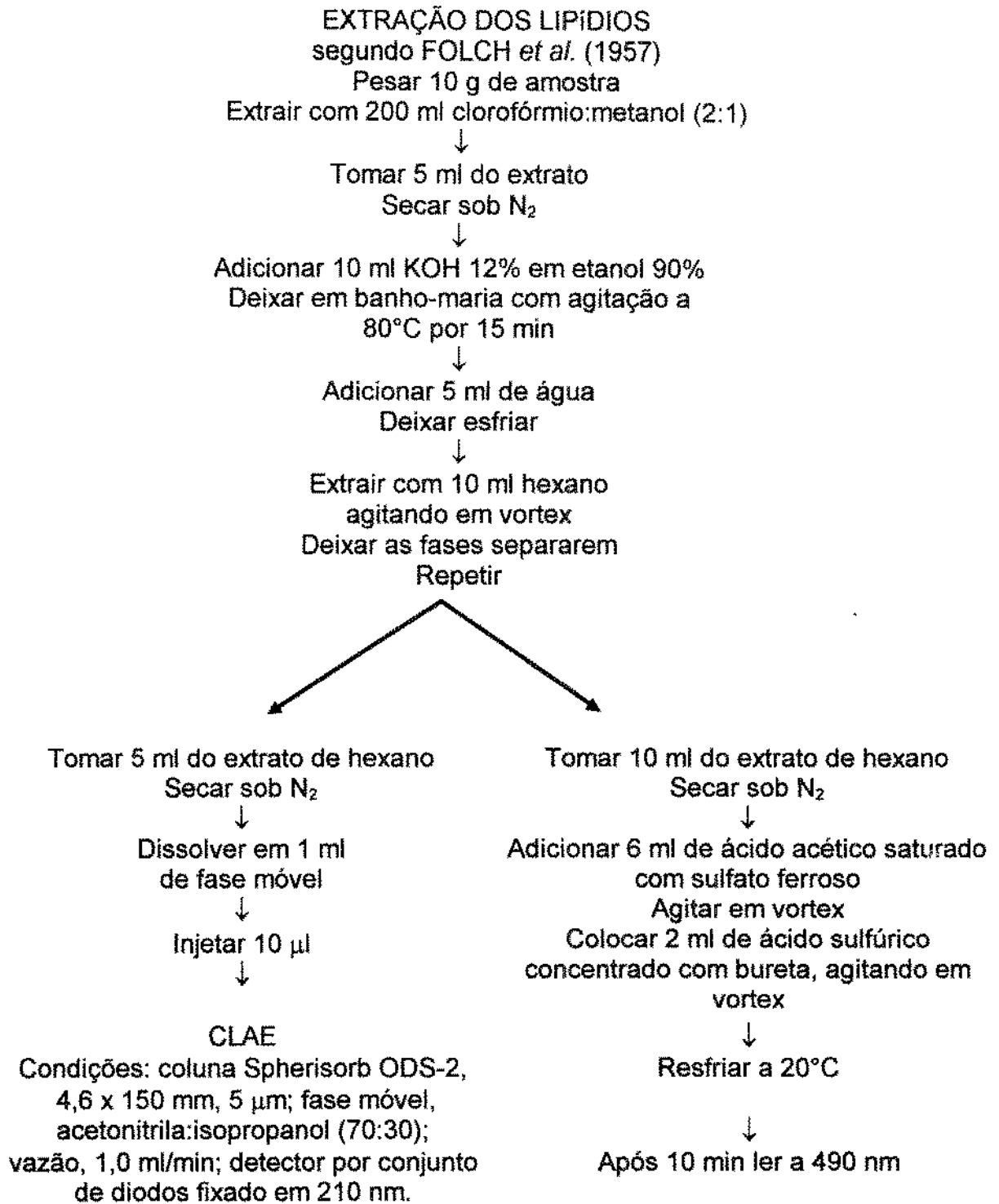


FIGURA 1 - FLUXOGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DE COLESTEROL POR CLAE E POR COLORIMETRIA.

Determinação do colesterol por CLAE. Para a comparação de métodos, as etapas anteriores à quantificação foram semelhantes ao método colorimétrico (Figura 1), consistindo da extração dos lipídios, saponificação e extração dos insaponificáveis. Uma alíquota de 5 ml da matéria insaponificável foi seca sob N_2 e dissolvida em 1 ml de fase móvel. O colesterol foi quantificado por cromatografia líquida de alta eficiência. Foi utilizado um cromatógrafo a líquido equipado com sistema ternário de solventes (Varian, 9010), válvula 'Rheodyne' com alça de amostragem de 10 μ l, detector por conjunto de diodos (Waters, 994) e um registrador (Hewlett-Packard, 2225 D). A coluna analítica usada foi Spherisorb ODS-2, 4,6 x 150 mm, 5 μ m precedida de coluna de guarda, Spherisorb ODS-2, 10 x 4,6 mm, 5 μ m. A fase móvel consistiu de acetonitrila:isopropanol (70:30) numa vazão de 1,0 ml/min. Todos os solventes usados foram grau cromatográfico, filtrados e desgaseificados em ultra-som antes do uso. O colesterol foi detectado em 210 nm e os espectros de absorvâncias obtidos entre 190 e 300 nm.

A identificação do colesterol foi baseada nos tempos de retenção, co-cromatografia e espectros de absorvância obtidos pelo detector de conjunto de diodos no início, ápice e término do pico, os quais demonstraram a pureza do pico (Figura 2).

A quantificação foi feita por padronização externa com a curva de calibração construída de 0,5 a 2,0 μ g/10 μ l. A curva padrão foi linear, passou pela origem e cobriu a faixa de concentração das amostras.

Para a determinação de colesterol por CLAE nos cortes de carne suína, o procedimento analítico foi semelhante ao usado na comparação de métodos.

Determinação dos ácidos graxos. Alíquotas do extrato lipídico contendo 100 mg de lipídios foram saponificadas, os ácidos graxos foram metilados com 14% de trifluoreto de boro (BF_3) em metanol (Metcalf *et al.*, 1966) e a composição de ácidos graxos determinada por cromatografia gasosa de alta resolução (CG). Para CG, um cromatógrafo a gás (Varian 3300) equipado com injetor split/splitless (razão do split; 100:1), detector por ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida, DB-WAX (30 m; 0,30 mm e 0,25 μ m) foi utilizado. A temperatura da coluna foi de 150°C por 11 min e programada até 210°C numa vazão de 3°C/min. Outras condições de operação foram: gás de

arraste, hidrogênio, vazão de 1,26 ml/min, velocidade linear de 39,4 cm/s; gás "make-up", nitrogênio a 30 ml/min; temperatura do injetor, 250°C; temperatura do detector, 280°C; volume injetado, 5 µl. Os tempos de retenção e as porcentagens de área foram computados automaticamente por um integrador (Varian, 4290). Os ácidos graxos foram identificados pelos tempos de retenção, co-cromatografia e comprimento equivalente da cadeia (ECL'). O último parâmetro, empregado na identificação de misturas complexas de ácidos graxos em peixes (Christie, 1988; Bannon *et al.*, 1988; Ackman, 1987; Kramer *et al.*, 1985, Flanzy *et al.*, 1976, Hansen and Andresen, 1968, Miwa *et al.*, 1960), foi usado pela primeira vez em ácidos graxos de carne.

Análise Estatística. Com o objetivo de verificar as diferenças entre os dois métodos e as diferenças nos teores de colesterol, lípidios totais e composição de ácidos graxos entre os cortes, foi realizada análise de variância (ANOVA) a um nível de significância de 5%.

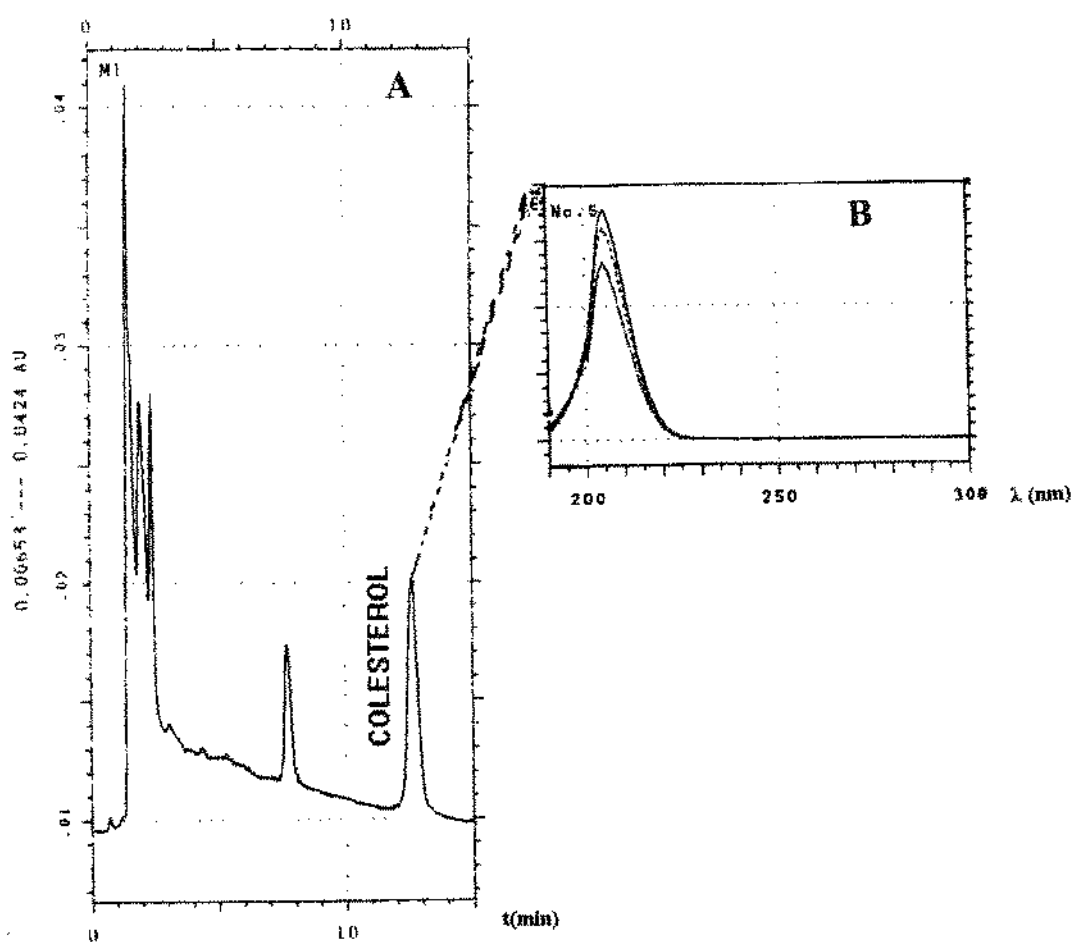


FIGURA 2 - CROMATOGRAMA (A) E ESPECTRO DE ABSORVÂNCIA NO UV (B)
CARACTERÍSTICO DE CARNE SUÍNA

Condições cromatográficas: coluna, Spherisorb ODS-2, 150 x 4,6 mm, 5 μ m; fase móvel, acetonitrila:isopropanol (70:30); vazão, 1,0 ml/min; volume de amostra injetado, 10 μ l, detecção por conjunto de díodo, 210 nm..

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e as estimativas de desvios-padrão obtidos pelos métodos por CLAE e colorimétrico podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1
COMPARAÇÃO DE COLORIMETRIA E CLAE NA DETERMINAÇÃO DE COLESTEROL
(MG/ 100G)

Corte	n	CLAE	Colorimetria
		média ± dp*	média ± dp*
Lombo	6	36 ± 2 a	39 ± 5 a
Pernil	6	48 ± 5 a	43 ± 8 a
Couro	3	87 ± 12 a	86 ± 10 a
Toucinho	4	59 ± 14 a	58 ± 12 a
Leitão (lombo e pernil)	3	68 ± 15 a	71 ± 18 a
Carne bovina (contrafilé)	6	33 ± 6 a	32 ± 6 a

n= número de amostras analisadas

*Média e estimativa de desvio-padrão

Valores na mesma linha horizontal com letras iguais não apresentam diferença significativa a nível de 5%.

Através da análise estatística, os resultados dos dois métodos foram equivalentes para as 28 amostras analisadas. As estimativas de desvio padrão, que são praticamente iguais pelos dois métodos, refletem as variações naturais das amostras e não variações analíticas. O método colorimétrico, assim como o CLAE, pode ser utilizado com segurança. Entretanto, este método apesar de ser mais barato e rápido, precisa de controle rigoroso das condições analíticas e utiliza reagentes corrosivos. Já o método por CLAE não exige atenção constante, mas é mais oneroso e requer experiência no uso do aparelho.

Os resultados obtidos para colesterol e lipídios totais nos diferentes cortes podem ser observados na Tabela 2.

TABELA 2
TEORES DE LIPÍDIOS TOTAIS E COLESTEROL EM CORTES DE CARNE SUÍNA*

Amostra	n	Lipídios totais (g/ 100 g)	Colesterol (mg/ 100 g de amostra)
Cortes			
Lombo	10	3 ± 1 d	42 ± 6 c
Toucinho	4	83 ± 1 a	53 ± 3 a
Pernil	7	5 ± 3 c	49 ± 4 b
Paleta	4	5 ± 1 c	47 ± 6 b
Nível de gordura externa			
Lombo sem gordura	4	3 ± 2 d	46 ± 5 bc
Lombo com gordura	4	13 ± 6 b	50 ± 5 ab

n= número de amostras analisadas em duplicata

*Média e estimativa de desvio-padrão

Valores com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes a nível de 5%.

O lombo apresentou teor de colesterol e de lipídios totais significativamente menor enquanto o toucinho apresentou significativamente maior teor de colesterol e, especialmente, de lipídios totais. Não houve diferença significativa entre o teor de colesterol no lombo analisado com gordura externa ou sem gordura externa. Já o teor de lipídios totais no lombo com gordura externa, como era esperado, foi significativamente maior que o lombo sem gordura externa. O teor de colesterol nos cortes, lombo, pernil e paleta não foi significativamente diferente. No entanto, em relação aos lipídios totais o lombo foi significativamente menor que o pernil e paleta. Cabe lembrar de novo que os desvios encontrados refletem as variações naturais das amostras e não variações analíticas.

Os resultados obtidos para lipídios totais foram semelhantes aos de Sinclair and O'dea (1987), menores que os de Swize *et al.* (1992), Moss *et al.* (1983), Tu *et al.* (1967), Campbell and Turkki (1967), Slover *et al.* (1987) e Reiser (1974) e maiores que os de Sinclair *et al.* (1982) e Hutchison *et al.* (1987). Swize *et al.* (1992) obtiveram valores semelhantes para lombo com gordura externa, embora para lombo sem gordura externa, encontraram valores maiores.

Hutchison *et al.* (1987) demonstraram que os cortes tradicionais de suínos são hoje em dia 20 a 40% mais magros que no passado e que os novos

tipos de cortes (retirando a gordura externa) são 40% mais magros que os tradicionais. Sinclair and O'dea (1987) também encontraram valores menores para os novos cortes (2,3 a 3,2%) que os cortes tradicionais (3,5 a 6,0%).

Os valores de colesterol encontrados na literatura variaram entre 30 a 98 mg/ 100g. A maioria dos resultados encontra-se na média de 60 mg/100g. Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com um trabalho anterior (Bragagnolo and Rodriguez-Amaya, 1995) no qual o colesterol foi determinado pelo método colorimétrico de Bohac *et al.* (1988) e de vários outros trabalhos (Hutchison *et al.*, 1987; Bohac *et al.*, 1988; Bohac and Rhee, 1988; Punwar and Derse, 1978). Valores mais baixos (30 mg/100g) foram obtidos por Csallany *et al.* (1989) e valores maiores foram obtidos por Reiser (1974) (60 mg/100g), Moss *et al.* (1983) (59-67 mg/100g), Tu *et al.* (1967) (56-71 mg/100g), Swize *et al.* (1992) (70-74 mg/100g) e Kritchevsky and Tepper (1961) (98 mg/ 100g). Níveis mais altos (102-368 mg/100g) encontram-se na Tabela de Composição de Alimentos de Franco (1994), tabela utilizada no Brasil.

O conteúdo de colesterol, quando expresso em mg/g de lipídios dos músculos, mostrou uma relação curvilínea entre colesterol e percentagem de lipídios no músculo (Figura 3). Quando a quantidade dos lipídios do músculo é baixa, a concentração de colesterol é alta. Resultado semelhante foi obtido em carne bovina por Hood (1987), que concluiu que os lipídios das membranas funcionais contêm maior concentração de colesterol que os lipídios do tecido adiposo intramuscular.

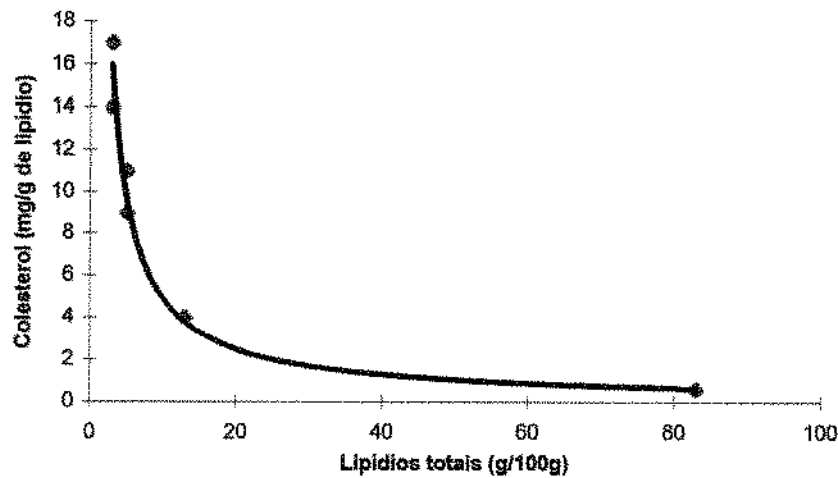


FIGURA 3 - RELAÇÃO ENTRE PERCENTAGEM DE LIPÍDIOS TOTAIS E TEOR DE COLESTEROL DE CORTES DE CARNE SUÍNA

Muitos trabalhos têm demonstrado que não existe diferença significativa no teor de colesterol entre cortes com diferentes graus de gorduras intramuscular (Bragagnolo and Rodriguez-Amaya, 1995; Hoelscher *et al.*, 1988; Tu *et al.*, 1967) e diferentes graus de qualidade (Moss *et al.*, 1983; Hutchison *et al.*, 1987). No entanto, Swize *et al.* (1992) verificaram que o *Longissimus* sem gordura externa (0 cm) apresentou valor de colesterol significativamente menor que o com gordura externa (6 cm); já o *Semimenbranosus* com e sem gordura externa não apresentou diferença significativa. Reitmeier and Prusa (1987) analisaram amostras de carne suína moída com diferentes graus de gordura e observaram que as com menor nível de gordura (4 ou 9%) continham menos colesterol que as com maior nível de gordura (18 ou 23%).

Foram detectados cinquenta e um (51) ácidos graxos (Figura 4), sendo os principais 18:1 ω 9, 16:0, 18:0, 18:2 ω 6, 16:1 ω 7 e 18:1 ω 7 (Tabela 3), os quais representam 91 a 96% do total de ácidos graxos.

Os ácidos graxos 14:0, 16:0, 16:1 ω 7 e 18:1 ω 7 foram semelhantes em todos os cortes analisados. Diferenças significativas foram encontradas em alguns ácidos graxos majoritários. O ácido graxo 18:2 ω 6 foi significativamente maior no pernil (19,7%) e menor no lombo com gordura (10,1%), mas não houve diferença significativa entre lombo, paleta e toucinho. O ácido graxo 18:1 ω 9 foi significativamente maior na paleta (39,7%) e menor no pernil (33,4%), no

entanto não houve diferença significativa entre paleta, lombo e toucinho e entre pernil e lombo. O ácido graxo 18:0 foi significativamente maior no lombo (12,1%) e menor no pernil (6,9%), não apresentando diferença entre lombo, toucinho e paleta e entre pernil e lombo. Entre lombo com e sem gordura o único ácido graxo que apresentou diferença significativa foi o 18:2 ω 6, onde o lombo com gordura foi significativamente menor (8,5%) que o lombo sem gordura (12,9%), embora a variação entre lotes de lombo sem gordura tenha sido relativamente alta. Alguns ácidos graxos minoritários também foram significativamente diferentes como por exemplo o 20:4 ω 6 que foi significativamente maior no pernil (2,0%) e menor no toucinho (0,2%), no entanto, foi semelhante para paleta, lombo e toucinho.

Estas variações na composição de ácidos graxos podem estar relacionadas com a variação dos lipídios totais e com o conteúdo de triacilgliceróis da carne (Sinclair and O'dea, 1987). Jeremiah (1982), Bohac and Rhee (1988) e Campbell and Turkki (1967) também observaram diferenças na composição de ácidos graxos de diferentes localizações anatômicas ou cortes. No entanto, Hutchison *et al.* (1987) observaram que as composições de ácidos graxos não diferiram entre cortes e Chacko and Perkins (1965) relataram que, em geral, a distribuição de ácidos graxos é mantida em todas as amostras.

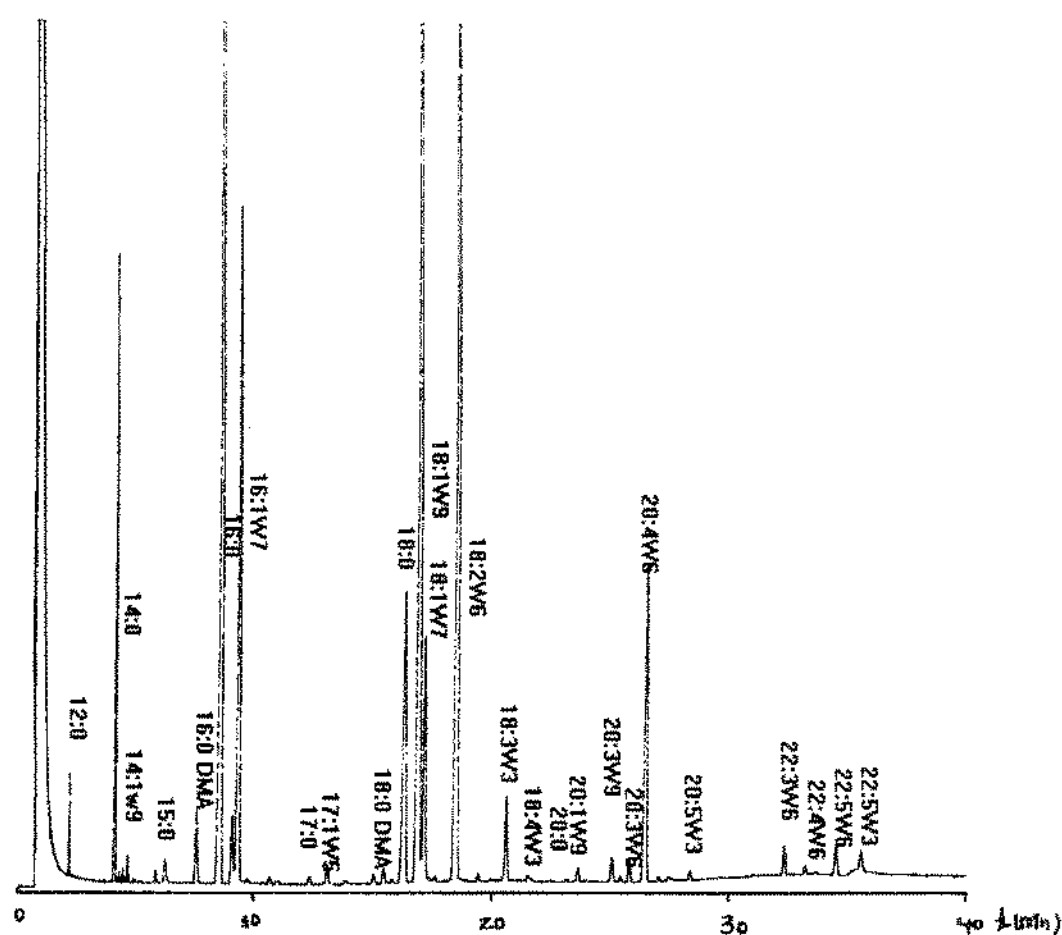


FIGURA 4- CROMATOGRAMA OBTIDO POR CG CARACTERÍSTICO DOS ÁCIDOS GRAXOS DE CARNE SUÍNA.

Condições cromatográficas: detector por ionização em chama a 280°C; injetor split a 250°C, razão do split:100:1; coluna capilar de sílica fundida, DB-WAX (30m, 0,30 mm e 0,25 μ m); volume de amostra injetado, 5 μ l; temperatura programada da coluna, 150°C por 11 min subindo até 210°C numa razão de 3°C/min.

TABELA 3
COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS (%) EM CORTES DE CARNE SUÍNA*.

Ácidos graxos e DMA	Cortes				Nível de gordura externa	
	Lombo	Pernil	Paleta	Toucinho	Lombo sem gordura	Lombo com gordura
10:0	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 a
12:0	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
14:0	1,8 ± 0,2 a	2,0 ± 0,0 a	1,8 ± 0,2 a	1,5 ± 0,1 a	1,7 ± 0,6 a	1,9 ± 0,4 a
15:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
15:1ω9	0,1 ± 0,0 c	0,2 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 c	tr c	0,1 ± 0,0 bc	0,3 ± 0,0 a
16:0 DMA	tr c	0,3 ± 0,0 b	0,5 ± 0,1 a	tr c	0,4 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b
i-16:0	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	tr b	tr b	0,1 ± 0,0 b	tr b
16:0	26,2 ± 1,5 a	22,6 ± 0,0 a	23,2 ± 1,1 a	23,9 ± 0,4 a	25,1 ± 3,0 a	26,4 ± 2,8 a
16:1ω9	0,3 ± 0,0 b	0,5 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 ab	0,4 ± 0,0 b
16:1ω7	3,2 ± 0,4 a	3,8 ± 0,0 a	3,1 ± 0,2 a	2,0 ± 0,4 a	3,2 ± 1,2 a	3,2 ± 1,0 a
16:2ω7	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
16:2ω6	0,1 ± 0,0 a	tr a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
ai-17:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr b	0,1 ± 0,0 b	tr b
17:0	0,3 ± 0,0 c	0,3 ± 0,0 bc	0,3 ± 0,0 bc	0,5 ± 0,1 a	0,4 ± 0,0 b	0,5 ± 0,0 a
17:1ω5	0,3 ± 0,0 c	0,5 ± 0,0 ab	0,4 ± 0,0 bc	0,5 ± 0,1 a	0,4 ± 0,0 bc	0,4 ± 0,0 ab
18:0 DMA	0,1 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 ab	tr b	0,2 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 b
18:1 DMA	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:0	12,1 ± 2,0 a	6,9 ± 0,0 b	9,3 ± 0,8 ab	12,3 ± 2,6 a	11,0 ± 0,7 ab	13,2 ± 3,0 a
18:1ω9	38,9 ± 2,1 ab	33,4 ± 0,1 b	39,7 ± 0,5 a	38,5 ± 1,4 ab	38,6 ± 0,7 ab	39,3 ± 2,9 a
18:1ω7	2,5 ± 1,0 a	2,9 ± 0,0 a	2,9 ± 0,3 a	2,3 ± 0,3 a	3,5 ± 0,7 a	2,9 ± 0,4 a
18:1ω5	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:2ω6	10,1 ± 2,7 bc	19,7 ± 0,1 a	13,4 ± 1,6 b	14,1 ± 0,8 b	12,9 ± 3,0 b	8,5 ± 1,3 c
18:2ω4	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:2ω3	tr b	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b	tr b	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b
19:1ω9	0,1 ± 0,0 b	tr b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 a
18:3ω3	0,5 ± 0,1 b	1,3 ± 0,0 a	0,5 ± 0,1 b	0,6 ± 0,1 b	0,1 ± 0,0 c	0,1 ± 0,0 c
18:4ω3	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
20:0	0,2 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 c	0,1 ± 0,0 bc	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 a
20:1ω11	tr b	0,4 ± 0,0 a	tr b	tr b	tr b	tr b
20:1ω9	0,7 ± 0,0 ab	0,4 ± 0,0 b	0,6 0,1 ab	0,7 ± 0,0 a	0,7 ± 0,1 ab	0,7 ± 0,0 ab

TABELA 3
CONTINUAÇÃO.

Ácidos graxos e DMA	Cortes			Nível de gordura externa		
	Lombo	Pernil	Toucinho	Lombo sem gordura	Lombo com gordura	
20:2ω6	0,4 ± 0,0 b	0,5 ± 0,0 b	0,6 ± 0,0 a	0,5 ± 0,1 b	0,3 ± 0,0 c	
20:2ω3	0,1 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 a	tr b	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 ab	
20:3ω6	0,1 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 ab	
20:4ω6	0,6 ± 0,1 c	2,0 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 d	0,4 ± 0,1 cd	0,8 ± 0,0 bc	
20:3ω3	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	
20:5ω3	tr c	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 a	tr ab	
21:4ω6	tr a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a	
22:3ω3	tr a	0,1 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	
22:4ω6	0,1 ± 0,0 bcd	0,3 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 d	0,1 ± 0,0 cd	tr bc	
22:5ω3	0,1 ± 0,0 c	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 c	0,1 ± 0,0 b	tr c	
22:6ω3	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	
Saturados	41,4	32,7	38,8	39,2	42,7	
Monoinsaturados	46,2	42,2	44,5	47,3	47,9	
Polinsaturados	12,5	25,1	16,5	15,3	11,0	
Polins./Sat.	0,3	0,8	0,4	0,4	0,3	
Total ω3	0,9	2,2	1,1	0,8	0,7	
Total ω6	11,4	22,7	15,3	14,3	10,1	
ω3/ω6	0,08	0,1	0,07	0,06	0,07	

*Média e estimativa de desvio-padrão de cinco amostras em duplicata.

DMA = dimetilacetil, i = iso, ai = anteiso, tr = traços

Foram detectados também traços (< 0,1%) de 13:0, 14:1ω9, 14:1ω7, 14:1ω5, 15:1ω11, 16:1ω11, 16:1ω5, 17:1ω11, 18:1ω4, 18:3ω6, 19:0, 19:2ω6, 20:1ω5, 22:1ω11, 22:1ω9, 23:0, 24:0 e 24:1ω9.

Foram detectados ainda 0,1% de 14:1ω9, 16:1ω5, e 0,2% de 19:2ω6 no lombo com gordura; 0,1% de 14:1ω7, 20:1ω7, 20:1ω5, e 0,3% de 23:0 de nc lombo sem gordura; 0,1% de 18:3ω6 e 22:1ω9 na paleta e 0,1% de 19:0 no toucinho.

Valores na mesma linha com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

O número de ácidos graxos relatados em trabalhos publicados para carne suína é bem baixo, mesmo utilizando coluna capilar. Slover *et al.* (1987) identificaram 27 dos quais 5 foram principais, sendo os mesmos e na mesma ordem no presente trabalho e que somados perfazem acima de 96% do total de ácidos graxos. Sinclair and O'dea (1987) identificaram 18 ácidos graxos, Hutchison *et al.* (1987) 13 e Rhee *et al.* (1988) apenas 8 ácidos graxos com coluna capilar. Rhee *et al.* (1988) identificaram 5 ácidos graxos principais, sendo um deles o 20:4 que não foi encontrado como principal no presente trabalho. Também não indicaram a posição da dupla ligação e, além disso, o 18:0 ocupou o quarto lugar e o 18:2 o terceiro, ordem inversa do presente trabalho. Sinclair and O'dea (1987) identificaram o 20:4 ω 6 como o quinto ácido graxo principal, o 18:2 ω 6 o terceiro lugar e o 16:1 ficou em sexto lugar. Os trabalhos que fizeram uso de coluna recheada identificaram poucos picos, 11 por Wood and Lister (1973), 9 por Jeremiah (1982), 8 por Stinson *et al.* (1967), 7 por Chacko and Perkins (1965) e Villegas *et al.* (1973) e 6 por Campbell and Turkki (1967). Também não indicaram a posição da dupla ligação, porém, todos identificaram os mesmos cinco ácidos graxos principais encontrados no presente trabalho.

De acordo com Sinclair and O'dea (1987) a proporção de 20:4 ω 6 (ácido araquidônico) e 18:2 ω 6 (ácido linoléico) decresceu com o aumento de lipídios intramusculares. No presente trabalho isto foi observado apenas para o ácido araquidônico sendo que, o toucinho apresentou o menor valor.

No presente trabalho a razão poliinsaturados/saturados variou de 0,3 a 0,8 sendo menor no lombo (com e sem gordura) e no toucinho e maior no pernil. O valor de ω 3 variou de 0,7 a 2,2 sendo menor no lombo com gordura e maior no pernil. Interessante notar que o toucinho foi o segundo no teor de ω 3. O valor de ω 6 variou de 10,1 a 22,7 sendo menor no lombo com gordura e maior no pernil. No entanto, a razão ω 3/ ω 6 foi semelhante para todos os cortes variando de 0,06 a 0,1, sendo que a maior razão encontrada foi no pernil. Sinclair and O'dea (1987) encontraram valores semelhantes aos do presente trabalho para a razão poliinsaturados/saturados (faixa de 0,40 a 0,62). Rhee *et al.* (1988) também observaram uma razão semelhante (0,46 a 0,50) e esta razão aumentou (0,54 a 0,65) quando foram incorporados 12% de óleo de girassol na

dieta dos suínos. Slover *et al.* (1987) encontraram valor menor que os demais, em torno de 0,2.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKMAN, R. G. (1987). WCOT (capillary) gas-chromatography. In: *Analysis of Oils and Fats*. (R. J. Hamilton, R. J. and J. B. Rossel, Eds), pp.137. Elsevier, Essex.
- ALBUQUERQUE, A. (1995). A caminho do crescimento. *Suinocultura Industrial* **117**, 9.
- ANDERSON, B. A. (1988). Composition and nutritional value of edible meat by products. In: *Edible meat by-products. Advances in Meat Research* (A. M. Pearson and T.R. Dutson, Eds), pp. 15. Elsevier.
- ARNETH, W. AND AL-AHMAD, H. (1991). Cholesterol und seine ester in fleisch - Analytik und Gehalte *Mitteilungsblatt* **112**, 201.
- BANNON, C. D., CRASKE, J. D. AND NORMAN, L. M. (1988). Effect of overload of capillary gas-liquid chromatographic columns on the equivalent chain lengths of C18 unsaturated fatty acid methyl esters. *J. Chromatogr.* **44**, 43.
- BOHAC, C. E. AND RHEE, K. S. (1988). Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. *Meat Sci.* **23**, 71.
- BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R. AND ONO, K. (1988). Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *J. Food. Sci.* **53**, 1642.
- BRAGAGNOLO, N. AND RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. (1995). Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **15**, 11.
- CAMPBELL, A. M. AND TURKKI, P. R.(1967). Lipids of raw and cooked ground beef and pork. *J. Food. Sci.* **32**, 144.
- CHACHO, K. AND PERKINS, E. G. (1965). Anatomical variation in fatty acid composition and trilyceride distribution in animal depot fats. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **42**, 1121.
- CHRISTIE, W. W. (1988). Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography. *J. Chromatogr.* **447**, 305.
- CSALLANY, A. S., KINDOM, S. E., ADDIS, P. B. AND LEE, J. (1989). HPLC method for quantitation of cholesterol and four of its major oxidation products in muscle and liver tissues. *Lipids* **24**, 645.
- FLANZY, J.; BOUDON, M.; LEGER, C. AND PIHET, J. (1976). Application of carbowax 20M as an open-Tubular liquid phase in analyses of nutritionally important fats and oils. *J. Chromatogr. Sci.* **14**, 17.

- FOLCH, J.; LEES, M. AND STANLEY, G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol Chem.* **226**, 497.
- FRANCO, G. (1994) *Tabela de composição química dos alimentos*. pp.155. Ateneu, Rio de Janeiro.
- HANSEN, H. L. AND ANDRESEN, K. (1968). Calculation of the retention time of the "air peak" in gas chromatograms. *J. Chromatogr.* **34**, 246.
- HEYMANN, H.; HEDRICK, H.B.; KARRASCH, M.A.; EGGEMAN, M.K. AND ELLERSIECK, M.R. (1990). Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *J. Food. Sci.* **55**, 613.
- HOELSCHER, L. M., SAVELL, J. W., SMITH, S. B. AND CROSS, H. R. (1988). Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose tissues of beef loin steaks. *J. Food. Sci.* **53**, 518.
- HOOD, R. L. (1987). A note of the cholesterol content of beef rib steaks. *CSIRO Food Research Q*, **47**, 44.
- HUTCHISON, G. I.; GREENFIELD, H. AND WILLS, R. B. H. (1987). Composition of Australian foods. 35. pork. *Food Tech. Australia* **39**, 216.
- KRAMER, J. K. G.; FOUCHARD, R. C. AND JENKINS, K. J. (1985). Differences in chromatographic properties of fused silica capillary columns, coated, crosslinked, bonded, or crosslinked and bonded with polyethylene glycols (Carbowax 20M) using complex fatty acid methyl ester mixtures. *J. Chromatogr. Sci.* **23**, 54.
- KRITCHEVSKY, D. AND TEPPER, S. A. (1961). The free and ester sterol content of various foodstuffs. *J. Nutr.* **74**, 441.
- JEREMIAH, L. E. (1982). Influences of anatomical location and muscle quality on porcine lipid composition. *Meat Sci.* **7**, 1.
- MCNAMARA, D. J. (1990). Coronary heart disease. In: *Present knowledge in nutrition* (Brown, M. L. Ed.), pp. 349.
- MATTSON, F. H.; ERICKSON, B. A. AND KLIGMAN, A. M. (1972). Effect of dietary cholesterol on serum cholesterol in man. *Amer. J. Clin. Nutr.* **25**, 289.
- METCALFE, L. D.; SCHMITZ, A. A. AND PELKA, J. R. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* **12**, 514.
- MIWA, T. K., MIKOLAJCZAK, K. L., EARLE, F. R. AND WOLFF, I.A. (1960). Gas chromatographic characterization of fatty acids. Identification constants for mono-and dicarboxylic methyl esters. *Anal. Chem.* **32**, 1739.
- MORGAN, J. B.; CALKINS, C. R. AND MANDIGO, R. W. (1988). Effect of trim level, cooking method, and chop type on lipid retention, caloric content, and cholesterol level in cooked pork. *J. Food Sci.* **53**, 1602.
- MOSS, M., HOLDEN, J. M., ONO, K., CROSS, R., SLOVER, H., BERRY, B., LANZA, E., THOMPSON, R., WOLF, W., VANDERSLICE, J., JONSON, H. AND STEWART, K. (1983). Nutrient composition of fresh retail pork. *J. Food Sci.* **48**, 1767.
- NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM (1988). Report of the National Cholesterol Education Program expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults. *Arch. Int. Med.* **148**, 36.

- PRUSA, K. J. AND HUGHES, K. V. (1986). Cholesterol and selected attributes of pork tenderloin steaks heated by conventional, convection and microwave ovens to two internal endpoint temperatures. *J. Food Sci.* **51**, 1139.
- PUNWAR, J. K. AND DERSE, P. H. (1978). Application of the official AOAC cholesterol method to a wide variety of food products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **63**, 727.
- REISER, R. (1974). Fat has less cholesterol than lean. *J. Nutr.* **105**, 15.
- REITMEIER, C. A. AND PRUSA, K. J. (1987). Cholesterol content and sensory analysis of ground pork as influenced by fat level and heating. *J. Food Sci.* **62**, 916.
- RHEE, K. S.; DAVIDSON, T. L., KNABE, D. A., CROSS, H. R., ZIPPRIN, Y. A. AND RHEE, K. C. (1988). Effect of dietary high-oleic sunflower oil on pork carcass traits and fatty acid profiles of raw tissues. *Meat Sci.* **24**, 249.
- SEUS, I. (1990). The nutritional value of meat and meat products. A critical look at their constituents as compared with other foods. *Fleischwirtsch* **70**, 1444.
- SINCLAIR, A. J., SLATTERY, W. J. AND O'DEA, K. (1982). The analysis of polyunsaturated fatty acids in meat by capillary gas-liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.* **33**, 771.
- SINCLAIR, A. J. AND O'DEA, K. (1987). The lipid levels and fatty acid compositions of the lean portions of pork, chicken and rabbit meats. *Food Tech. Australia* **39**, 232.
- SLOVER, H. T.; THOMPSON, JR. R. H.; DAVIS, C. S. AND MEROLA, G. V. (1987). The lipid composition of raw and cooked fresh pork. *J. Food Comp. Anal.* **1**, 38.
- STINSON, C. G., DEMAN, J. M. AND BOWLAND, J. P. (1967). Fatty acid composition and glyceride structure of piglet body fat from different sampling sites. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **44**, 253.
- SWIZE, S. S.; HARRIS, K. B.; SAVELL, J. W. AND CROSS, H. R. (1992). Cholesterol content of lean and fat from beef, pork, and lamb cuts. *J. Food Comp. Anal.* **5**, 160.
- TU, C.; POWRIE, W. D. AND FENEMA, O. (1967). Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *J. Food Sci.* **32**, 30.
- VILLEGAS, F. J., HEDRICK, H. B., VEUM, T. L., MCFATE, K. L. AND BAILEY, M. E. (1973). Effect of diet and breed on fatty acid composition of porcine adipose tissue. *J. Animal Sci.* **36**, 663.
- WOOD, J. D. AND LISTER, D. (1973). The fatty acid and phospholipid composition of *Longissimus dorsi* muscle from Pietrain and Large White pigs. *J. Sci. Fd. Agric.* **24**, 1449.

**EFEITO DA IDADE NOS TEORES DE LIPÍDIOS
TOTAIS, COLESTEROL E COMPOSIÇÃO DE
ÁCIDOS GRAXOS EM SUÍNOS RESULTANTES
DO CRUZAMENTO AGPIC 405 COM
CAMBOROUGH 15**

**Trabalho a ser enviado a Lebensmittel-Wissenschaft und
Technology**

RESUMO

Foi verificado o efeito da idade nos teores de lipídios totais, colesterol e composição de ácidos graxos, em suínos resultantes do cruzamento de Agpic 405 (Hampshire com Landrace x Large White) e Camborough 15 (Duroc Pic com Landrace Pic x Large White Pic). Estes três componentes são responsáveis pelo nível de colesterol no sangue humano. Cinco leitões de 15 dias e cinco de 21 dias foram analisados, sendo cada carcaça separada em carne, toucinho e couro. Cortes (pernil e lombo) e toucinho de três suínos adultos também foram analisados. As percentagens de lipídios na carne foram $3,8 \pm 0,9$; $3,2 \pm 0,6$; $3,5 \pm 1,4$ e $2,4 \pm 0,8$ para leitões de 15 dias e de 21 dias, pernil e lombo adulto, respectivamente. No couro foram 19 ± 7 e 32 ± 5 para 15 e 21 dias, respectivamente e no toucinho, 50 ± 6 ; 68 ± 7 e 92 ± 1 , para leitões de 15 dias e de 21 dias e suíno adulto, respectivamente. Os teores de colesterol (mg/100g), determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (coluna C_{18} , e detector por conjunto de diodos), para carne foram 98 ± 9 ; 95 ± 29 ; 49 ± 3 e 44 ± 2 para leitões de 15 dias e 21 dias, pernil e lombo adulto. No couro foram 109 ± 15 e 94 ± 10 para 15 e 21 dias e no toucinho, 102 ± 13 ; 79 ± 8 e 33 ± 3 para 15 dias e de 21 dias e suíno adulto, respectivamente. Estes resultados contrariam o conceito popular que o teor de colesterol é menor em animais mais jovens. Os ácidos graxos foram determinados por cromatografia gasosa (coluna capilar de sílica fundida, DB-WAX), sendo separados 58 ácidos graxos. Houve alguma diferença na composição de ácidos graxos entre as três porções de leitão analisadas, e em relação à idade de 15 e 21 dias. No suíno adulto, valores maiores de 18:0, 18:1 ω 9 foram obtidos nos cortes e de 18:0 no toucinho e teores menores de 16:1 ω 7 e 18:2 ω 6 em ambos. Também houve várias mudanças nos ácidos graxos minoritários.

SUMMARY

The effect of age on the total lipid and cholesterol contents and the fatty acid composition of pork from animals resulting from the breeding of Agpic 405 (Hampshire with Landrace x Large White) and Camborough 15 (Duroc Pic with Landrace Pic x Large White Pic) was verified. These three components are responsible for the cholesterol levels in human blood. Ten suckling pigs, five 15 days and five 21 days old, were analyzed, each carcass being separated into meat, backfat and skin. Meat cuts (pork loin and fresh ham) and backfat of three adult swine were also analyzed. The total lipid percentages in meat were $3,8 \pm 0,9$; $3,2 \pm 0,6$; $3,5 \pm 1,4$ and $2,4 \pm 0,8$ for suckling pigs of 15 and of 21 days, adult pork loin and fresh ham, respectively. In the skin the values were 19 ± 7 e 32 ± 5 for animals of 15 and 21 days, respectively, and in the backfat, 50 ± 6 ; 68 ± 7 e 92 ± 1 , for suckling pigs of 15 and 21 days and adult pig. The cholesterol concentrations (mg/100g), determined by high performance liquid chromatography (C_{18} column and photodiode array detector), for meat were 98 ± 9 ; 95 ± 29 ; 49 ± 3 and 44 ± 2 for suckling pigs of 15 days and of 21 days, adult pork loin and fresh ham. In the skin, the values were 102 ± 13 ; 79 ± 8 e 33 ± 3 for 15 and 21 days and in the backfat, , 102 ± 13 ; 79 ± 8 e 33 ± 3 for 15 and 21 days and adult swine, respectively. The results contradict the popular concept that cholesterol level is lower in younger animals. The fatty acids were determined by gas chromatography (fused silica capillary column, DD-WAX), 58 fatty acids being separated. Some differences were seen in the fatty acid composition, between the three portions of the suckling pig and in relation to age (15 and 21 days). The adult swine presented higher levels of 18:0, 18:1 ω 9 in the meat cuts and of 18:0 in the backfat and lower levels of 16:1 ω 7 and 18:2 ω 6 in both. Various changes were also seen in the minor fatty acids.

Introdução

A demanda de produtos "light" tem aumentado no Brasil, como acontece na Europa e Estados Unidos, onde o consumo de produtos naturais com baixo teor de gordura aumentou muito nos últimos anos. Como reflexo disto os produtores de suínos têm procurado, pelo cruzamento de raças, novas linhagens com baixos teores de gordura, alto rendimento de carcaça e carne saborosa. A genética tem sido responsável por cerca de 30 a 40% da evolução da suinocultura. O restante resulta do manejo, o que inclui cuidados na formulação da ração, no seu fornecimento aos animais e no sistema de criação (confinado ou no pasto).

A carne suína tem sido correlacionada com as doenças cardiovasculares por se acreditar que tenha elevado teor de gordura e de colesterol. No entanto, ao contrário de outros animais domésticos, a gordura do suíno não está infiltrada na carne. Setenta por cento da gordura do suíno forma uma capa subcutânea para proteção contra o frio.

O teor de colesterol em carne suína relatado na literatura varia e as discrepâncias podem ser atribuídas à variação natural das amostras, devido a uma série de fatores, tais como idade, raça, dieta e sistema de criação dos animais, e aos métodos analíticos.

O colesterol sanguíneo não depende apenas do colesterol dos alimentos, mas também da quantidade de gordura e da composição de ácidos graxos. Portanto, uma análise integrada destes três componentes foi realizada em leitão de 15 e de 21 dias e suíno adulto, resultantes do cruzamento de Agpic 405 (Hampshire com Landrace x Large White) e Camborough 15 (Duroc Pic com Landrace Pic x Large White Pic), para verificar o efeito da idade.

Material e Métodos

Material

Cinco leitões de 15 dias e cinco de 21 dias foram analisados sendo cada amostra separada em carne, toucinho e couro. Cortes (pernil e lombo) e toucinho de três suínos adultos também foram analisados. Os leitões com 15 e 21 dias, pesando em torno de 6,5 kg são abatidos para serem consumidos, normalmente assados sem tempero, preferencialmente em fornos à lenha, resultando em uma verdadeira "delicatessen". No suíno adulto (110 dias) foram selecionados os cortes de lombo e pernil por serem os mais comuns e os mais consumidos. Um trabalho anterior mostrou que não houve diferença significativa no teor de colesterol nos diferentes cortes de carne suína (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1995).

Os leitões e os suínos foram resultantes do cruzamento de Agpic 405 (Hampshire com Landrace x Large White) e Camborough 15 (Duroc Pic com Landrace Pic x Large White Pic).

As amostras foram provenientes da Fazenda Barra Dourada, Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul, sendo que os leitões foram criados com alimentação natural (leite materno) e os adultos foram criados soltos no pasto, com suplementação de ração balanceada à base de milho, trigo, soja e complemento vitamínico.

Métodos

Os métodos utilizados para determinação dos lipídios totais, colesterol e ácidos graxos foram descritos anteriormente (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1997).

Resultados e Discussão

As percentagens de lipídios na carne foram $3,8 \pm 0,9$; $3,2 \pm 0,6$; $3,5 \pm 1,4$; $2,4 \pm 0,8$ para leitão de 15 dias e de 21 dias, pernil e lombo adulto, respectivamente. No couro foram 19 ± 7 e 32 ± 5 para 15 e 21 dias, respectivamente e no toucinho, 50 ± 6 ; 68 ± 7 e 92 ± 1 , para leitão de 15 dias e de 21 dias e suíno adulto, respectivamente (**Fig. 1**). Na carne, não houve diferença significativa entre 15 e 21 dias e pernil, porém o lombo foi significativamente menor. Tanto no couro como no toucinho, houve um aumento substancial de 15 para 21 dias. No toucinho, o aumento continuou, com o teor quase dobrando de leitão de 15 dias a suíno adulto.

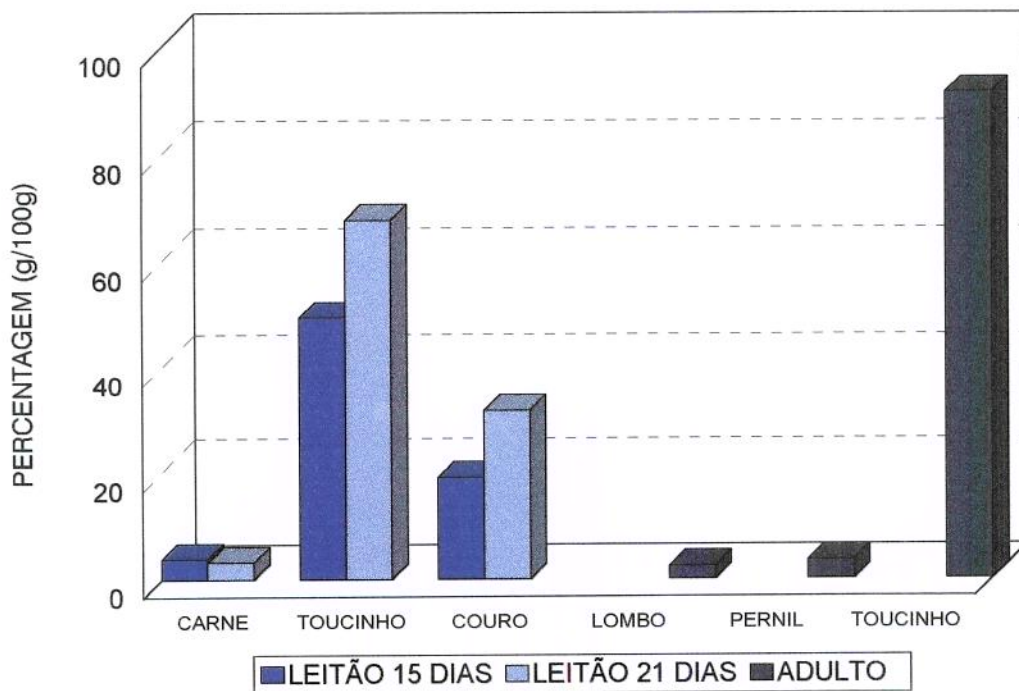


Fig.1 Teores de lipídios totais em leitões de 15 e de 21 dias e de suíno adulto resultantes do cruzamento Agpic 405 x Camborough 15.

Os valores de lipídios totais obtidos no músculo de 15 e 21 dias estão de acordo com Lodge *et al.* (1978) que encontraram em músculo de 14 e de 21 dias, 3,4 e 2,9%, respectivamente. No entanto, no toucinho, os valores obtidos no presente trabalho foram mais baixos que os de Lodge *et al.* (1978) que

obtiveram 69,8% para 14 dias e 77,5% após 21 dias, embora a tendência de aumentar seja confirmada.

Os teores de colesterol (mg/100g) para carne foram 98 ± 9 ; 95 ± 29 ; 49 ± 3 , 44 ± 2 para leitão de 15 dias e de 21 dias, pernil e lombo adulto. No couro foram, 109 ± 15 e 94 ± 10 para 15 e 21 dias e no toucinho, 102 ± 13 , 79 ± 8 e 33 ± 3 para 15 dias, 21 dias e suíno adulto, respectivamente (**Fig. 2**).

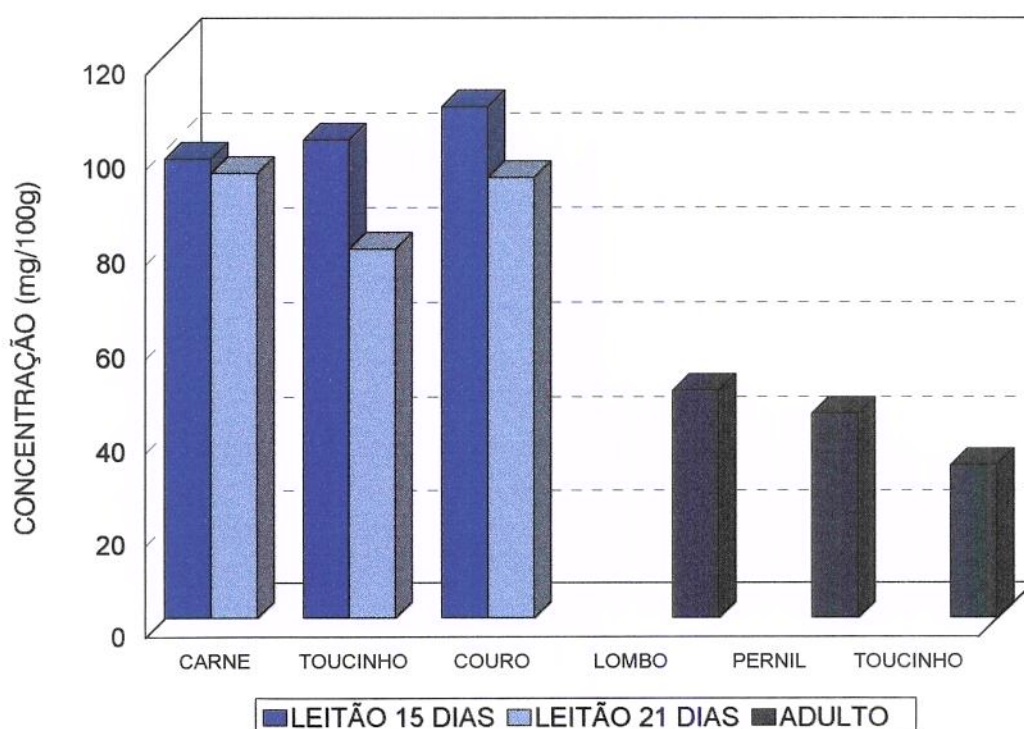


Fig. 2 Teores de colesterol em leitões de 15 e de 21 dias e de suíno adulto resultantes do cruzamento Agpic 405 x Camborough 15.

O teor de colesterol na carne entre 15 e 21 dias não foi significativamente diferente ao nível de 5%, entretanto, diminuiu significativamente no pernil e lombo adulto. No couro, de 15 para 21 dias, houve diminuição significativa. No toucinho, a diminuição foi significativa de 15 a 21 dias e até o suíno adulto. Estes resultados contrariam o conceito popular que o teor de colesterol é menor em animais mais jovens. Em bovinos, resultados semelhantes aos obtidos com suínos foram reportados por Morris *et al.* (1995). Entretanto,

Stromer *et al.* (1966) observaram elevação de colesterol na camada de gordura subcutânea interna e externa com aumento de maturidade e nenhum efeito da idade em músculos.

Os presentes valores para suíno adulto foram semelhantes aos encontrados em um trabalho anterior (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1995) determinados colorimetricamente, com exceção do toucinho que apresentou um valor menor no presente trabalho. Esta discrepância pode ser atribuída ao desenvolvimento desta nova linhagem com o intuito de obter uma raça com baixos níveis de colesterol ou ao sistema de criação, o qual foi solto em pastagens. Bohac *et al.* (1988), Tu *et al.* (1967) e Swize *et al.* (1992) relataram valores maiores e Hutchison *et al.* (1987) e Csallany *et al.* (1989) valores menores para carne suína que os obtidos nos nossos dois trabalhos. Tu *et al.* (1967) e Reiser (1975) encontraram para tecido adiposo ou gordura subcutânea valores semelhantes ao do toucinho, no entanto, Bohac *et al.* (1988) e Hutchison *et al.* (1987) obtiveram valores maiores.

Foram detectados cinquenta e oito picos no cromatograma de ácidos graxos de carne suína, sendo que os principais ácidos graxos em todas as amostras foram, independente da idade e corte, 18:1 ω 9, 16:0, 18:2 ω 6, 16:1 ω 7, 18:0, 18:1 ω 7 e 14:0, os quais totalizam 92,5 a 95,5% do total de ácidos graxos (Tabela 1 e 2).

Não houve diferença significativa nos ácidos graxos principais, 14:0, 16:0 e 18:1 ω 7 entre carne, couro e toucinho e entre animais de 15 dias, 21 dias e adulto.

Na carne, não houve diferença significativa nos ácidos graxos entre 15 e 21 dias, com exceção de 15:1 ω 9, 19:1 ω 9, 20:2 ω 6, 20:2 ω 3, 20:3 ω 6, 20:3 ω 3 e 22:6 ω 3 que foram ligeiramente maiores e 16:2 ω 7 e 20:1 ω 5 que foram menores com 21 dias. Por outro lado, houve um aumento significativo de 18:0, 18:1 ω 9, 18:4 ω 3, 20:1 ω 9 e uma diminuição significativa de 16:1 ω 9, 16:1 ω 7, 18:2 ω 6, 18:3 ω 3, 22:4 ω 6 e 22:5 ω 3 com aumento da idade de 21 dias para adulto (lombo e pernil). Os teores de ácidos graxos no lombo e pernil do animal adulto foram semelhantes, com algumas exceções. Os ácidos graxos 20:2 ω 6 e 22:3 ω 3

foram significativamente maiores no lombo e 18:1 ω 6, 18:1 ω 5, 18:2 ω 4, 19:1 ω 9, 20:1 ω 5, 20:3 ω 6, 22:1 ω 9 e 22:6 ω 3 maiores no pernil. Como as diferenças foram pequenas, as percentagens totais de ácidos graxos não foram tão diferentes, com uma tendência de percentagem maior de monoinsaturados e menor de poliinsaturados na carne de animais adultos.

No couro não houve diferença significativa nos ácidos graxos entre 15 e 21 dias.

No toucinho, não houve diferença significativa na maioria dos ácidos graxos entre 15 e 21 dias; 20:1 ω 5, 20:2 ω 6 e 20:5 ω 3 foram significativamente maiores com 15 dias e 20:2 ω 3 significativamente maior com 21 dias. Por outro lado, houve aumento de 12:0, 17:0, 18:0, 18:1 ω 6, i-19:0, 18:2 ω 4, 18:4 ω 3, 20:1 ω 9 e 20:2 ω 6 e diminuição de 16:1 ω 9, 16:1 ω 7, 17:1 ω 5, 18:1 ω 4, 18:2 ω 6, 20:2 ω 3, 20:3 ω 6 e 20:4 ω 6 de 21 dias para animal adulto. Com estas alterações houve um aumento na percentagem total de ácidos graxos saturados e diminuição do total de poliinsaturados. As mudanças na composição de ácidos graxos podem, em parte, ser atribuídas à mudança de alimentação, desde que os leitões foram alimentados apenas com leite materno e os suínos adultos com pasto e ração balanceada. De acordo com Rhee *et al.* (1988) e Morgan (1992), a composição de ácidos graxos em suínos é grandemente influenciada pela composição de gordura da dieta.

Lodge *et al.* (1978) encontraram pequenas mudanças na composição de ácidos graxos entre 14 e 21 dias, sendo que 16:0 e 18:1 diminuíram no músculo enquanto 18:2 aumentou. No toucinho 16:0 diminuiu e 18:2 aumentou. Observamos, no presente trabalho, as mesmas tendências com exceção do 18:2 que no toucinho teve efeito contrário, embora estas diferenças não tenham sido significativas.

Tabela 1 Composição de ácidos graxos (%) em leitão (15 e 21 dias) e suínos adultos resultantes do cruzamento de Agpic 405 x Camborough 15.

Ácido Graxo e DMA	Carne			
	15 dias*	21 dias*	Lombo**	Pernil**
10:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,1 a
12:0	0,2 ± 0,1 a	0,3 ± 0,1 a	0,2 ± 0,0 a	0,3 ± 0,1 a
14:0	3,3 ± 0,9 a	2,9 ± 0,6 a	2,0 ± 0,0 a	2,3 ± 0,7 a
14:1ω7	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr b	tr b
14:1ω5	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a
i-15:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a	tr a
15:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
15:1ω9	0,2 ± 0,0 b	0,3 ± 0,1 a	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b
16:0 DMA	0,6 ± 0,1 b	1,1 ± 0,3 a	0,6 ± 0,1 b	0,4 ± 0,0 b
16:0	27,9 ± 2,0 a	26,3 ± 3,3 a	25,1 ± 0,4 a	24,1 ± 1,2 a
16:1ω9	0,8 ± 0,1 a	1,1 ± 0,2 a	0,3 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 b
16:1ω7	9,1 ± 1,5 a	7,7 ± 1,2 a	3,4 ± 0,1 b	3,0 ± 0,4 b
16:1ω5	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
16:2ω7	0,1 ± 0,0 a	tr b	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
16:2ω6	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
ai-17:0	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
17:0	0,2 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 a
17:1ω5	0,3 ± 0,1 a	0,3 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 ab
18:0 DMA	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,4 ± 0,1 a	0,2 ± 0,0 b
18:1 DMA	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:0	4,8 ± 0,7 b	5,0 ± 0,8 b	9,8 ± 1,0 a	9,6 ± 0,8 a
18:1ω9	25,8 ± 1,1 b	23,4 ± 2,4 b	40,8 ± 3,3 a	38,8 ± 3,4 a
18:1ω7	3,3 ± 0,1 a	3,5 ± 0,3 a	3,4 ± 0,3 a	3,1 ± 0,4 a
18:1ω6	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,4 ± 0,1 a
18:1ω5	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr b	0,2 ± 0,0 a
18:1ω4	tr b	tr b	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:1ω3	tr b	tr b	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
18:2ω6	17,7 ± 2,9 a	19,6 ± 3,4 a	9,0 ± 2,9 b	13,0 ± 2,4 ab
18:2ω4	0,1 ± 0,0 b	tr b	0,1 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 a
18:2ω3	tr a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:3ω6	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a

Tabela 1 Continuação.

Ácido Graxo e DMA	Carne			
	15 dias*	21 dias*	Lombo**	Pernil**
19:1 ω 9	tr c	0,1 $\pm$ 0,0 b	tr c	0,4 $\pm$ 0,0 a
18:3 ω 3	0,9 $\pm$ 0,2 a	0,9 $\pm$ 0,2 a	0,3 $\pm$ 0,0 b	0,5 $\pm$ 0,2 ab
18:4 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0 b	0,1 $\pm$ 0,0 b	0,4 $\pm$ 0,0 a	0,5 $\pm$ 0,1 a
20:0	tr b	0,1 $\pm$ 0,0 ab	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 ab
20:1 ω 9	0,2 $\pm$ 0,0 b	0,3 $\pm$ 0,1 b	0,6 $\pm$ 0,1 a	0,6 $\pm$ 0,0 a
20:1 ω 7	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a
20:1 ω 5	0,3 $\pm$ 0,0 a	tr b	tr b	0,3 $\pm$ 0,1 a
20:2 ω 6	0,1 $\pm$ 0,0 c	0,4 $\pm$ 0,0 a	0,2 $\pm$ 0,0 b	0,1 $\pm$ 0,0 c
20:2 ω 3	tr b	0,4 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 b	0,1 $\pm$ 0,0 b
20:3 ω 6	0,2 $\pm$ 0,0 b	0,3 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 c	0,2 $\pm$ 0,0 ab
20:4 ω 6	2,5 $\pm$ 0,1 a	4,1 $\pm$ 0,9 a	1,8 $\pm$ 0,0 a	2,1 $\pm$ 0,0 a
20:3 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a
20:5 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a
22:1 ω 9	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	tr b	0,1 $\pm$ 0,0 a
22:3 ω 3	tr b	0,3 $\pm$ 0,0 a	0,2 $\pm$ 0,0 a	tr b
22:4 ω 6	0,4 $\pm$ 0,0 ab	0,5 $\pm$ 0,1 a	0,1 $\pm$ 0,0 c	0,3 $\pm$ 0,0 bc
23:0	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,2 $\pm$ 0,0 a	tr b	tr b
22:5 ω 3	0,4 $\pm$ 0,0 a	0,5 $\pm$ 0,1 a	0,1 $\pm$ 0,0 b	0,2 $\pm$ 0,0 b
22:6 ω 3	tr c	0,3 $\pm$ 0,1 a	0,1 $\pm$ 0,0 c	0,2 $\pm$ 0,0 b
Saturados	37,0	35,3	37,7	37,0
Monoinsaturados	40,8	37,8	49,4	48,3
Poliinsaturados	22,9	28,0	13,2	18,0
Poliinat./Saturados	0,62	0,79	0,35	0,49
Total ω 3	1,6	2,7	1,7	2,0
Total ω 6	21,2	25,4	11,6	15,5
ω 3/ ω 6	0,08	0,1	0,2	0,1

*Média de 5 amostras em duplicata.

**Média de 3 amostras em duplicata.

DMA = dimetilacetal, i = iso, ai = anteiso, tr = traços

Foram detectados traços ($\leq 0,1\%$) de 14:1 ω 9, 15:1 ω 11, 16:1 ω 11, 17:1 ω 11, i-19:0, 19:1 ω 11, 19:2 ω 6, 20:1 ω 11, 21:4 ω 6 e 22:1 ω 11 e 24:0 e 24:1 ω 9.Foram ainda detectados 0,1% de 14:1 ω 9 e 0,2% de 21:4 ω 6 e de 24:1 ω 9 em carne com 21 dias, 0,1% de i-19:0 e 19:1 ω 11 em pernil, 19:2 ω 6 em lombo, 0,2% de 24:0 em carne de 15 dias.

Valores na mesma linha com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

Tabela 2 Composição de ácidos graxos (%) em leitão (15 e 21 dias) de suínos adultos resultantes do cruzamento de Agpic 405 e Camborough 15.

Ácido Graxo e DMA	Couro*		Toucinho		
	15 dias	21 dias	15 dias*	21 dias*	Adulto**
10:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
12:0	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,5 ± 0,1 a
14:0	2,7 ± 0,1 a	2,9 ± 0,7 a	2,4 ± 0,4 a	2,4 ± 0,4 a	2,2 ± 0,2 a
14:1ω7	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	tr a
14:1ω5	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a
i-15:0	0,1 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	tr a	tr a
15:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
16:0	25,9 ± 0,6 a	24,3 ± 1,6 a	26,1 ± 1,1 a	25,2 ± 1,4 a	22,7 ± 1,3 a
16:1ω9	0,7 ± 0,1 a	0,7 ± 0,0 a	0,6 ± 0,1 a	0,8 ± 0,2 a	0,3 ± 0,1 b
16:1ω7	9,1 ± 0,1 a	9,3 ± 1,2 a	8,1 ± 0,6 a	7,8 ± 0,6 a	1,5 ± 0,1 b
16:1ω5	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a
16:2ω7	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
17:0	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 a
17:1ω5	0,3 ± 0,1 a	0,4 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 b
18:0	4,8 ± 1,4 a	4,4 ± 0,8 a	5,5 ± 1,1 b	5,7 ± 0,9 b	14,1 ± 0,7 a
18:1ω9	33,7 ± 0,4 a	36,3 ± 1,0 a	33,7 ± 1,8 b	35,8 ± 3,1 ab	41,2 ± 1,4 a
18:1ω7	3,0 ± 0,0 a	3,6 ± 0,6 a	3,3 ± 0,3 a	3,4 ± 0,7 a	2,5 ± 0,0 a
18:1ω6	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 a
18:1ω5	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
i-19:0	tr a	tr a	0,1 ± 0,0 b	tr b	0,4 ± 0,0 a
18:1ω4	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr b
18:2ω6	15,5 ± 1,4 a	14,2 ± 0,6 a	15,2 ± 1,0 a	14,2 ± 1,4 a	9,0 ± 1,1 b
18:2ω4	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr b	tr b	0,2 ± 0,0 a
18:3ω6	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
18:3ω3	1,0 ± 0,1 a	0,9 ± 0,1 a	0,9 ± 0,0 a	0,8 ± 0,1 a	0,5 ± 0,0 a
18:4ω3	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,6 ± 0,0 a
20:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
20:1ω9	0,3 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 b	0,5 ± 0,1 b	1,0 ± 0,0 a
20:1ω7	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
20:1ω5	0,4 ± 0,0 a	0,5 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 a	tr b	0,1 ± 0,0 b
20:2ω6	tr a	tr a	0,4 ± 0,0 a	tr b	0,4 ± 0,0 a
20:2ω3	tr a	tr a	tr b	0,5 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b

Tabela 2 Continuação.

Ácido Graxo e DMA	Couro*		Toucinho		
	15 dias	21 dias	15 dias*	21 dias*	Adulto**
20:3 ω 6	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,2 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,2 $\pm$ 0,0 a	tr b
20:4 ω 6	0,5 $\pm$ 0,0 a	0,5 $\pm$ 0,0 a	0,4 $\pm$ 0,0 a	0,4 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 b
20:3 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a
20:5 ω 3	tr a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	tr b	tr b
22:4 ω 6	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	tr a
22:5 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	0,1 $\pm$ 0,0 a	tr a
22:6 ω 3	0,1 $\pm$ 0,0 a	tr a	0,1 $\pm$ 0,0 a	tr a	tr a
Saturados	34,1	32,3	35,0	33,9	40,6
Monoinsat.	48,2	52,2	47,5	49,5	47,9
Polinsat.	18,0	16,6	17,9	16,7	11,5
Polinat./Sat	0,53	0,51	0,51	0,49	0,28
Total ω 3	1,5	1,4	1,5	1,6	1,4
Total ω 6	16,4	15,2	16,4	15,1	10
ω 3/ ω 6	0,1	0,09	0,09	0,11	0,14

*Média de 5 amostras em duplicata.

**Média de 3 amostras em duplicata.

DMA = dimetilacetil, i = iso, ai = anteiso, tr = traços

Foram detectados traços ($\leq 0,1\%$) de 14:1 ω 9, 15:1 ω 11, 15:1 ω 9, 16:1 ω 11, 16:2 ω 6, ai-17:0, 17:1 ω 11, 18:0 DMA, 18:1 DMA, 18:1 ω 3, 18:2 ω 3, i-19:0, 19:1 ω 11, 19:1 ω 9, 19:2 ω 6, 20:1 ω 11, 21:4 ω 6 e 22:1 ω 11, 22:1 ω 9, 21:4 ω 6, 22:3 ω 3, 23:0 e 24:0 e 24:1 ω 9.

Foram ainda detectados 0,1% de 16:0 DMA em toucinho 21 dias, de 18:1 ω 3 em couro de 21 dias, de 16:2 ω 6, 18:2 ω 3, 19:1 ω 11, 19:1 ω 9, 19:2 ω 6 e 0,4 % de 20:1 ω 11 em toucinho adulto, 0,2% de 24:0 e 0,1% de 24:1 ω 9 no toucinho 15 dias.

Valores na mesma linha com letras iguais entre couro (15 e 21 dias) e entre toucinho (15 e 21 dias e adulto) não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%

Brooks e Davis (1969) analisaram leitões de -16 a 6° dias e obtiveram 6 ácidos graxos como principais (14:0, 16:0, 16:1, 18:0, 18:1 e 18:2) que somados perfazem 95% dos ácidos graxos. Embora uma comparação direta dos dados não seja correta, devido a diferença de idade, observamos que os resultados obtidos no presente trabalho aos 15 dias e os de Brooks e Davis (1969) aos 6 dias mostraram tendências similares, como a diminuição do mirístico (14:0) e do esteárico (18:0), e manutenção dos teores de palmitoléico (16:1).

Conclusão

O teor de colesterol, contrariamente ao conceito popular, diminui com a idade do animal. O conteúdo de lipídios totais também diminuiu com a idade no músculo e aumentou no toucinho.

Não houve mudanças na composição de ácidos graxos no couro de leitão de 15 e 21 dias. Na carne e toucinho, houve algumas mudanças em alguns poucos ácidos graxos, a maioria não demonstrando alteração significativa. Em relação à carne de suíno adulto, houve um aumento significativo de 18:0, 18:1 ω 9, 18:4 ω 3, 20:1 ω 9 e diminuição significativa de 16:1 ω 9, 16:1 ω 7 e 18:3 ω 3 com aumento da idade de 21 dias para adulto (lombo e pernil). No toucinho houve aumento de 12:0, 17:0, 18:0, 18:1 ω 9, 18:2 ω 4, 18:4 ω 3, 20:1 ω 9 e 20:2 ω 6 e diminuição de 16:1 ω 9, 16:1 ω 7, 18:1 ω 4, 18:2 ω 6, 20:2 ω 3 e 20:4 ω 6 de 21 dias para adulto. As mudanças que ocorreram no toucinho foram maiores que na carne.

No couro não houve alteração no total de ácidos graxos saturados e poliinsaturados de 15 dias, 21 dias e adulto e apenas um ligeiro aumento no total de ácidos graxos monoinsaturados. Na carne, o total de ácidos graxos monoinsaturados aumentou com decréscimo dos poliinsaturados de 15 dias para adulto. No toucinho houve aumento no total de ácidos graxos saturados e diminuição dos poliinsaturados com aumento da idade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- 1 BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R. AND ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *J. Food Sci.*, **53**, 1642 (1988)
- 2 BRAGAGNOLO, N. AND RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, **15**, 11 (1995)
- 3 BRAGAGNOLO, N. AND RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em camarão (*Penaeus brasiliensis*). Enviado para *Ciênc. Tecnol. Aliment.* (1997)
- 4 BROOKS, C. C. AND DAVIS, J. W. Changes in the perinatal pig. *J. Anim Sci.*, **29**, 325 (1969)
- 5 CSALLANY, A. S.; KINDOM, S. E.; ADDIS, P. B. AND LEE, JOO-HEE. HPLC method for quantitation of cholesterol and four of its major oxidation products in muscle and liver tissues. *Lipids*, **24**, 645 (1989)
- 6 HUTCHISON, G. I.; GREENFIELD, H. AND WILLS, R. B. H. Composition of Australian foods. 35. pork. *Food Technol. Australia*, **39**, 216 (1987)
- 7 LODGE, G. A.; SARKAR, N. K. AND KRAMER, J. K. G. Fat deposition and fatty acid composition in the neonatal pig. *J. Ani. Sci.*, **47**, 497 (1978)
- 8 MORGAN, C. A. Manipulation of fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *J. Sci Food Agric.*, **68**, 357 (1992)
- 9 MORRIS, C. A.; KIRTON, A. H. ; HOGG, B. W.; BROWN, J. M. AND MORTIMER, B. J. Meat composition in genetically selected and control cattle from a serial slaughter experiment. *Meat Sci.*, **39**, 427 (1995)
- 10 RHEE, K. S., DAVIDSON, T. L., KNABE, D. A., CROSS, H. R., ZIPRIN, Y. A., RHEE, K. C. Effect of dietary high-oleic sunflower oil on pork carcass traits and fatty acid profiles of raw tissues. *Meat Sci.*, **24**, 249 (1988)
- 11 REISER, R. Fat has less cholesterol than lean. *J. Nutr.*, **105**, 15 (1975).
- 12 STROMER, M. H.; GOLL, D. E. AND ROBERTS, J. H. Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. *J. Animal Sci.*, **25**, 1145 (1966)
- 13 SWIZE, S. S.; HARRIS, K. B.; SAVELL, J. W. AND CROSS, H. R. Cholesterol content of lean and fat from beef, pork, and lamb cuts. *J. Food Comp. Anal.*, **5**, 160 (1992)
- 14 TU, C.; POWRIE, W. D. AND FENEMA, O. Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *J. Food Sci.*, **32**, 30 (1967)

**INFLUÊNCIA DE RAÇA E COZIMENTO NOS
LIPÍDIOS TOTAIS, COLESTEROL E
COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE CARNE
BOVINA**

Trabalho a ser enviado para Meat Science

RESUMO

Um dos fatores que podem influenciar o teor de colesterol, lipídios totais e composição de ácidos graxos nos animais é o genótipo. Portanto, uma análise integrada destes componentes foi realizada em Longissimus dorsi (contrafilé) cru e cozido das seguintes raças: Nelore (*Bos indicus*), Canchim (cruzamento de 3/8 Nelore x 5/8 Charcelais) e Beefalo (cruzamento de 3/8 híbrido Beefalo x 5/8 Nelore). Os lipídios totais foram extraídos com clorofórmio/metanol (2:1(v/v)) de acordo com Folch et al. (1957), o colesterol foi quantificado por cromatografia líquida de alta eficiência (coluna C₁₈; fase móvel, acetonitrila/isopropanol, 70:30 (v/v); detector por conjunto de díodos) e a composição de ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa (coluna capilar DB-WAX de sílica-fundida; gás de arraste, H₂; detector por ionização em chama). As percentagens de lipídios totais na carne crua e grelhada foram $2,5 \pm 0,4$ e $3,9 \pm 0,9$; $2,1 \pm 0,5$ e $3,5 \pm 0,4$; $2,6 \pm 0,6$ e $4,0 \pm 1,0$ para Nelore, Beefalo e Canchim, respectivamente. Os teores de colesterol (mg/100g) para carne crua e grelhada foram 40 ± 4 e 67 ± 11 ; 40 ± 2 e 68 ± 8 , 43 ± 3 e 70 ± 7 para Nelore, Beefalo e Canchim, respectivamente. Não houve diferença significativa ao nível de 5% nos teores de lipídios totais e colesterol das três raças analisadas e nem entre carnes cruas e grelhadas. A retenção de colesterol durante cozimento, calculada em base seca e de acordo com Murphy et al. (1975) foi praticamente total nas três raças. Os principais ácidos graxos identificados em todas as amostras foram 14:0, 16:0, 16:1 ω 7, 18:0, 17:0, 18:1 ω 9, 18:1 ω 7 e 18:2 ω 6. Não houve diferença significativa nestes ácidos graxos; as poucas diferenças significativas entre raça e entre carne crua e grelhada foram notadas em ácidos graxos minoritários.

ABSTRACT

One of the factors that can influence the cholesterol content, total lipids and fatty acid composition is the genotype. Thus, an integrated analysis of these food components was carried out on raw and cooked longissimus muscle of the following cattle breeds: Nelore (*Bos indicus*), Canchin (crossbreed 3/8 Nelore x 5/8 Charcelais) and Beefalo (crossbreed 3/8 hybrid Beefalo x 5/8 Nelore). Total lipid was determined according to Folch et al. (1957), cholesterol by high performance liquid chromatography (C_{18} column; acetonitrile/isopropanol, 70:30 (v/v), as mobile phase; diode array detector) and fatty acid composition by gas chromatography (DB-WAX fused silica capillary column, H_2 as carrier gas, flame ionization detector). The total lipid content (%) of the raw and cooked samples were: Nelore, $2,5 \pm 0,4$ and $3,9 \pm 0,9$; Beefalo, $2,1 \pm 0,5$ and $3,5 \pm 0,4$; and Canchin, $2,6 \pm 0,6$ and $4,0 \pm 1,0$. The cholesterol levels (mg/100g) in raw and cooked meat were: Nelore, 40 ± 4 and 67 ± 11 ; Beefalo, 40 ± 2 and 68 ± 8 ; and Canchin, 43 ± 3 and 70 ± 7 . No significant difference ($P > 0,05$) in total lipids and cholesterol was observed among the three breeds and between raw and cooked meat. Cholesterol retention during cooking, calculated on the dry weight basis and according to Murphy et al. (1975) was practically total in the three breeds. The principal fatty acids were 14:0, 16:0, 16:1 ω 7, 18:0, 17:0, 18:1 ω 9, 18:1 ω 7 and 18:2 ω 6. There was no significant difference in these fatty acids; the few significant differences between breeds and between raw and cooked meat were seen in the minor fatty acids.

INTRODUÇÃO

A doença cardiovascular é a principal causa de morte no Brasil. A incidência desta doença tem sido relacionada com os altos níveis de colesterol sanguíneo (Keys, 1970; Mattson *et al.*, 1972; Kato *et al.*, 1973; Kannel *et al.*, 1979; Stamler *et al.*, 1986). O colesterol sanguíneo, por sua vez, depende não apenas do teor de colesterol dos alimentos, mas também da quantidade de lipídios totais e composição de ácidos graxos da dieta. Para mantê-lo em baixos níveis, a dieta deve ser pobre em colesterol, gordura e ácidos graxos saturados (National Cholesterol Education Program Expert Panel, 1988).

Valores encontrados na literatura destes três componentes em carnes variam largamente por causa da variação natural das amostras, influenciadas por fatores como tipo de corte, grau de gordura, raça do animal, sistema de criação e tipo de alimentação e em parte, aos métodos analíticos. Estudos que investigam os fatores influentes são importantes para oferecer à população carne de baixo teor de gordura e colesterol.

Diante das considerações expostas acima, uma análise integrada de lipídios totais, colesterol e composição de ácidos graxos foi realizada em *Longissimus dorsi* cru e grelhado de três raças bovinas.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram analisadas amostras de *Longissimus dorsi* cruas e grelhadas das seguintes raças: Nelore (*Bos indicus*), Canchin (cruzamento de 3/8 Nelore x 5/8 Charcelais) e Beefalo (cruzamento de 3/8 híbrido Beefalo x 5/8 Nelore). De cada raça foram analisadas amostras de cinco animais. Os animais foram provenientes da mesma fazenda (Fazenda Junqueira, Campo Grande, Mato Grosso do Sul), apresentavam a mesma idade (média de 22 meses) e receberam a mesma alimentação (ração e forrageiras).

As amostras, pesando aproximadamente 3 kg de *Longissimus* músculos, foram retiradas a partir da 6ª até a 9ª costela e cortadas em bifes de aproximadamente 1,5 cm de espessura. Quatorze bifes pareados (7 para

amostra crua e outros 7 para amostra grelhada) foram tomados. Os bifes foram cozidos em chapa quente à temperatura de 165°C e temperatura interna da carne de 75°C. Após a retirada da gordura externa, as amostras cruas e grelhadas foram moídas em um processador de carne até a obtenção de uma massa homogênea. Subamostras de 10 g, em duplicatas, foram tomadas para as análises.

Métodos

Os lipídios foram extraídos com clorofórmio/metanol (2:1 (v/v) da mistura) de acordo com Folch *et al.* (1957). Aliquotas foram tomadas e os lipídios totais foram determinados gravimetricamente. Outra aliquota foi saponificada e a matéria insaponificável foi extraída de acordo com o procedimento de Bohac *et al.* (1988). Colesterol foi quantificado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), usando padronização externa. A identificação do colesterol foi baseada nos tempos de retenção, co-cromatografia e espectros de absorvância obtidos pelo detector conjunto de diodos no início, ápice e término do pico, o qual demonstrou a pureza do pico. Aliquotas do extrato lipídico também foram saponificadas e os ácidos graxos esterificados com 14% de trifluoreto de boro (BF₃) em metanol (Metcalf *et al.*, 1966) e a composição de ácidos graxos determinada por cromatografia gasosa de alta resolução (CG). Os ácidos graxos foram identificados pelos tempos de retenção, co-cromatografia e comprimento equivalente da cadeia (ECL', Anexo 1) (Christie, 1988; Bannon *et al.*, 1988; Ackman, 1987; Kramer *et al.*, 1985; Flanzy *et al.*, 1976; Hansen & Andresen, 1968; Miwa *et al.*, 1960).

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

Foi utilizado um cromatógrafo líquido equipado com sistema ternário de solventes (Varian, 9010), válvula "Rheodyne" com alça de amostragem de 10 µl; detector por conjunto de diodos (Waters, 994) e um registrador (Hewlett-Packard, 2225 D). A coluna analítica usada foi Spherisorb ODS-2, 150 x 4,6 mm, 5 µm, precedida de coluna de guarda, Spherisorb ODS-2, 10 x 4,6 mm, 5 µm. A fase móvel consistiu de acetonitrila/isopropanol (70:30 (v/v) da mistura) numa vazão de 1,0 ml/min. O colesterol foi detectado a 210 nm e os espectros de absorvâncias obtidos entre 190 e 300 nm.

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução

Para CG, um cromatografo a gás (Varian 3300) equipado com injetor split/splitless (razão do split; 100:1), detector por ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida, DB-Wax (30 m; 0,30 mm e 0,25 μ m) foi utilizado. A coluna foi aquecida a 150°C por 11 min e programada a 3°C/min para 210°C. Outras condições de operação foram: gás de arraste: hidrogênio, vazão de 1,26 ml/min, velocidade linear, 39,4 cm/s; gás "make-up", nitrogênio a 30ml/min; temperatura do injetor, 250°C; temperatura do detector, 280°C e volume injetado, 5 μ l. Os tempos de retenção e as percentagens de área foram computados automaticamente por um integrador (Varian, 4290).

Cálculo de Retenção durante o Cozimento

A retenção de lipídios e de colesterol foi calculada na base seca ou de acordo com Murphy *et al.* (1975) (fórmula no Anexo 2). Este último tem sido utilizado para calcular a retenção de nutrientes e foi adotado para calcular a retenção de lipídios totais e colesterol durante o cozimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lipídios totais

Efeito da raça

Os teores de lipídios totais encontrados nas carnes cruas e grelhadas podem ser observados na Tabela 1. Não houve diferença significativa ao nível de 5%, entre as raças estudadas, embora a raça Beefalo tenha apresentado um valor ligeiramente menor tanto para carne grelhada como para carne crua. Morris *et al.* (1995) também não encontraram diferença significativa no teor de lipídios totais da raça Angus geneticamente selecionada em termos de peso ao longo de 4 anos e o Angus controle. Sinclair & O'Dea (1987) avaliaram o efeito do cruzamento das raças Hereford x Hereford e Hereford x Simmental no teor de lipídios intramuscular e observaram que o nível de lipídios da raça Simmental x Hereford (2,4%) foi menor que Hereford (3,9%), independente do sistema de criação. Kauffman *et al.* (1968) também relataram que o conteúdo de gordura

intramuscular foi significativamente relacionado com raça, sendo que Angus continha mais gordura intramuscular que Shorthorn, Hereford, Red Poll e um cruzamento de raça não especificada. Rumsey *et al.* (1972) verificaram que o teor de lipídios totais no tecido adiposo foi maior na raça Shorthorns (72,2%) que em Angus (53,1%).

TABELA 1

Teores de lipídios totais do *Longissimus dorsi* (contrafilé) cru e grelhado de três raças bovinas*.

Raça	Lipídios totais (%)**		Retenção pelo cozimento***	
	Base úmida		Base seca	
	Crua	Grelhada	De acordo com Murphy <i>et al.</i> (1975)	
Nelore	2,5 ± 0,4 a	3,9 ± 0,9 a	96 ± 20 a	91 ± 22 a
Beefalo	2,1 ± 0,5 a	3,5 ± 0,4 a	103 ± 20 a	114 ± 20 a
Canchin	2,6 ± 0,6 a	4,0 ± 1,0 a	91 ± 13 a	98 ± 14 a

*Média e estimativa de desvio-padrão de cinco amostras analisadas em duplicata

**Valores na mesma coluna com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

***Valores na mesma linha com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

Efeito do cozimento

Os valores de lipídios totais nas amostras grelhadas (média de 3,5 a 4,0%) foram maiores que as amostras cruas (média de 2,1 a 2,6%) uma vez que durante o cozimento ocorre perda de água e conseqüente concentração dos componentes da amostra. Calculados em base seca, houve retenção que variou em média de 91 a 103%, como mostra a Tabela 1. Quando calculadas de acordo com Murphy *et al.* (1975) retenções de 91, 114 e 98% foram obtidas para Nelore, Beefalo e Canchin, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os resultados calculados na base seca e pela fórmula de Murphy *et al.* (1975). Com uma etapa a mais, (determinação da umidade), o procedimento na base seca é mais demorado. Moss *et al.* (1983) obtiveram retenções maiores que 100% em carne suína por vários tipos de cozimento.

Surpreendentemente, Morris *et al.* (1995) obtiveram lipídios totais maiores para carne crua (4%) do que para cozida (2,4%), quando analisaram *Longissimus lumborum* da raça Angus geneticamente selecionado e Angus controle. Rao & Kowale (1993) encontraram 2,6 e 4,4% de lipídios totais em músculo cru e cozido de búfalo (*Murrah type*).

De maneira geral os resultados obtidos no presente trabalho também estão de acordo com os encontrados na literatura para carne bovina (sem especificação de raça), tanto para crua como grelhada. Estão dentro da faixa obtida por Sahasrabudle & Stewart (1989) (faixa de 2,1 a 7,5% em carne crua e 3,9 a 11,4% em carne grelhada), por Hood (1987) (faixa de 2,4 a 7,7% no *Longissimus* cru) e por Sweeten *et al.* (1990) (faixa de 1,9 a 6,2% no *Longissimus dorsi* cru). Valores mais elevados foram encontrados por Hoelscher *et al.* (1988) (5,7% no *Longissimus* cru e 7,4 no grelhado), por Swize *et al.* (1992) (7,1% no cru e 12% no grelhado), e por Tu *et al.* (1967) (5,6% no *Longissimus* cru). Os valores apresentados no Handbook USDA (1990) e por Janicki & Appledorf (1974) e Campbell & Turkki (1967) foram bem maiores tanto para amostras cozidas como cruas.

Conteúdo de colesterol

Efeito da raça

A exemplo dos lipídios totais, os teores de colesterol não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% entre as três raças analisadas, tanto para carne crua quanto para carne grelhada (Tabela 2). Estes resultados são compatíveis com os encontrados na literatura, podendo-se citar os trabalhos de Eichhorn *et al.* (1986b) e Wheeler *et al.* (1987) que verificaram, também, que os teores de colesterol não foram influenciados pelo tipo de raça. Morris *et al.* (1995) também não obtiveram diferença significativa para Angus geneticamente selecionados e Angus controle.

TABELA 2

Teores de colesterol do *Longissimus dorsi* (contrafilé) cru e grelhado de três raças bovinas*.

Raça	Colesterol (mg/100g**) Base úmida		Retenção pelo cozimento *** (%)	
	Crua	Grelhada	Base seca	De acordo com Murphy <i>et al.</i> (1975)
Nelore	40 ± 4 a	67 ± 11 a	102 ± 10 a	100 ± 7 a
Beefalo	40 ± 2 a	68 ± 8 a	109 ± 6 a	106 ± 5 a
Canchin	43 ± 3 a	70 ± 7 a	99 ± 14 a	100 ± 5 a

*Média e estimativa de desvio-padrão de cinco amostras analisadas em duplicata.

**Valores na mesma coluna com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

***Valores na mesma linha com letras iguais não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

Por outro lado, os valores relatados na literatura para carne bovina em geral (sem especificação da raça) divergem bastante, sendo que os valores obtidos no presente trabalho para carne crua foram ligeiramente menores que a maioria dos dados. Foi menor também que os resultados obtidos em um trabalho anterior (51 mg/100g) (Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 1995) realizado em contrafilé adquirido no comércio, portanto de raça, local, sistema de criação e alimentação desconhecidos, e analisado pelo método colorimétrico de Bohac *et al.* (1988), aos quais pode-se atribuir a diferença dos resultados. Faixas e teores médios de 46,0-57,0 mg/100g (Hood & Allen, 1971), 52,1-57,5 mg/100g (Hood, 1987), 58,3 mg/100g (Eichhorn *et al.*, 1986a), 54,6-60,0 mg/100g (Tu *et al.*, 1967), 67,8 mg/100g (Swize *et al.*, 1992) e 60,7 mg/100g (Hoelscher *et al.*, 1988) foram obtidos para contrafilé cru.

Efeito do cozimento

O teor de colesterol no *Longissimus dorsi* das raças analisadas foram maiores nas amostras cozidas do que nas cruas devido a diminuição da umidade. Na base seca, retenções de 99 a 109% foram observadas. Calculada de acordo com Murphy *et al.* (1975) a retenção variou de 100 a 106%, confirmando os resultados obtidos na base seca. Rhee *et al.* (1982) observaram que o cozimento não aumentou a quantidade de colesterol na carne bovina cozida, apenas reduziu o peso da amostra crua, tornando a concentração de colesterol por grama de amostra cozida maior. Por outro lado, Kritchevsky & Tepper (1961) concluíram que o cozimento reduz o conteúdo de colesterol, uma vez que encontraram valores menores para a carne bovina cozida (62 mg/100g) do que para carne crua (114mg/100g).

As perdas pelo cozimento no presente trabalho foram bem menores que em um trabalho anterior (Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 1995) no qual obtiveram-se 14% de perda, devido provavelmente a diferença na espessura dos bifes e na temperatura de cozimento (a temperatura não foi controlada e a espessura foi menor no trabalho anterior). Akinwunmi *et al.* (1993) obtiveram perdas equivalentes a 17,94 e 18,71% em carne bovina grelhada com pouca e modesta gordura intramuscular, respectivamente.

Os resultados obtidos neste trabalho para carne grelhada variaram de 67 a 70 mg/100g entre as raças analisadas, os quais não foram significativamente

diferentes a nível de 5% (Tabela 2). Valores semelhantes foram obtidos anteriormente (Bragagnolo & Rodriguez-Amaya, 1995) (66 mg/100g) e por Hutchison *et al.* (1987) (62 a 72 mg/100g). Teores maiores foram encontrados por Sahasrabudle & Stewart (1989) (65 a 86,4 mg/100g), Rhee *et al.* (1982) (76,7 a 92,2 mg/100g), Hoelscher *et al.* (1988) (80,8 mg/100g), Handbook USDA (1990) (81 mg/100g), Swize *et al.* (1992) (92 mg/100g) e valores ainda maiores por Rhee *et al.* (1982) (101,9 mg/100g).

Akinwunmi *et al.* (1993) e Reitmeier & Prusa (1987) observaram que a temperatura interna de cozimento de 75°C não influencia no teor de lipídios totais e conteúdo de colesterol. Heymann *et al.* (1990), embora não tenham encontrado diferença significativa no nível de colesterol em relação à temperatura interna, observaram uma progressiva, porém suave, elevação com o aumento da temperatura interna. Em vista deste fato, sugeriram que a temperatura ótima de cozimento deve ser no mínimo 71,1°C e no máximo 76,7°C.

Vários trabalhos (Morgan *et al.*, 1988; Prusa & Hughes, 1986 e Janicki & Appledorf, 1974) têm demonstrado que o método de cozimento (convencional, frito, cozido com água e microondas) não influencia o teor de colesterol. No entanto, Morgan *et al.* (1988) e Prusa & Hughes (1986) observaram que o método por microondas exibiu valores ligeiramente maiores que os demais métodos, os quais foram atribuídos à menor perda de colesterol durante o pequeno período de aquecimento.

Composição de ácidos graxos

Efeito da raça

Foram detectados 68 picos (Tabela 3) sendo 63 ácidos graxos identificados, um dimetilacetal e quatro ácidos graxos não identificados. Sete ácidos graxos foram os principais e perfazem, em média, 86,6% do total de ácidos graxos, os quais foram: 18:1 ω 9, 16:0, 18:0, 18:2 ω 6, 14:0, 16:1 ω 7 e 18:1 ω 7, presentes na mesma ordem decrescente em todas as raças e tratamento (cru e grelhado).

TABELA 3

Composição de ácidos graxos (%) no total de lipídios de *Longissimus dorsi* (contrafilé) de três raças bovinas*.

Ácido Graxo e DMA	Nelore		Beefalo		Canchim	
	cru	grelhado	cru	grelhado	cru	grelhado
10:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,1 a	0,2 ± 0,0 a
12:0	0,2 ± 0,1 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
i-14:0	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
14:0	3,5 ± 0,6 a	3,4 ± 0,4 a	3,8 ± 0,6 a	3,0 ± 0,3 a	4,7 ± 0,8 a	4,0 ± 0,5 a
14:1ω5	0,6 ± 0,0 abc	0,6 ± 0,1 abc	0,9 ± 0,0 a	0,6 ± 0,1 bc	0,8 ± 0,0 ab	0,4 ± 0,0 a
i-15:0	0,3 ± 0,1 a	0,3 ± 0,0 a	0,4 ± 0,1 a	0,4 ± 0,1 a	0,4 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 c
ai-15:0	0,4 ± 0,1 a	0,4 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 a	0,4 ± 0,1 a	0,4 ± 0,0 a	0,5 ± 0,1 a
15:0	0,5 ± 0,1 a	0,5 ± 0,0 a	0,5 ± 0,1 a	0,6 ± 0,1 a	0,5 ± 0,1 a	0,6 ± 0,1 a
15:1ω11	0,2 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 b	0,9 ± 0,2 a	0,3 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 b	0,7 ± 0,1 a
15:1ω5	0,1 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 a
NI	0,2 ± 0,0 c	0,7 ± 0,1 b	0,3 ± 0,0 c	1,0 ± 0,1 a	0,3 ± 0,0 c	0,3 ± 0,0 c
NI	0,8 ± 0,1 a	tr b	0,3 ± 0,0 b	tr b	0,5 ± 0,0 ab	0,5 ± 0,1 ab
16:0	24,8 ± 1,4 a	24,2 ± 0,9 a	25,5 ± 1,0 a	24,4 ± 0,7 a	25,5 ± 1,3 a	24,4 ± 0,9 a
16:1ω9	0,3 ± 0,0 bc	0,3 ± 0,0 c	0,4 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 abc	0,4 ± 0,0 abc	0,4 ± 0,0 ab
16:1ω7	2,4 ± 0,1 a	2,4 ± 0,4 a	3,7 ± 0,5 a	2,7 ± 0,6 a	3,3 ± 0,4 a	3,1 ± 0,5 a
16:1ω5	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,1 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
i-17:0	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b
16:2ω7	0,1 ± 0,0 b	tr c	0,6 ± 0,0 a	tr c	0,4 ± 0,0 b	0,5 ± 0,0 b
16:2ω5	0,4 ± 0,0 a	0,4 ± 0,0 a	tr b	0,5 ± 0,0 a	0,6 ± 0,1 a	0,6 ± 0,0 a
16:2ω4	0,6 ± 0,1 a	0,6 ± 0,1 a	tr b	0,7 ± 0,1 a	tr b	0,1 ± 0,0 b
17:0	0,9 ± 0,1 a	1,0 ± 0,1 a	0,8 ± 0,3 a	1,0 ± 0,1 a	0,8 ± 0,1 a	1,0 ± 0,2 a
17:1ω11	0,8 ± 0,2 a	0,9 ± 0,1 a	0,9 ± 0,3 a	0,9 ± 0,1 a	0,9 ± 0,1 a	1,0 ± 0,2 a
i-18:0	0,6 ± 0,3 a	0,3 ± 0,2 ab	0,1 ± 0,1 b	0,2 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b
18:0 DMA	0,1 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a
18:0	16,2 ± 0,6 a	17,7 ± 1,8 a	15,0 ± 1,6 a	17,2 ± 2,5 a	14,8 ± 0,3 a	17,1 ± 1,9 a
18:1ω9	32,5 ± 2,8 a	33,7 ± 1,1 a	31,9 ± 1,7 a	31,9 ± 2,2 a	30,8 ± 2,1 a	31,4 ± 1,6 a
18:1ω7	2,2 ± 0,1 a	2,4 ± 0,2 a	2,6 ± 0,3 a	2,7 ± 0,4 a	2,2 ± 0,3 a	2,2 ± 0,3 a
18:1ω6	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,1 a	0,3 ± 0,0 a
NI	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
NI	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
18:1ω5	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,1 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
18:1ω4	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,1 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
18:2ω6	5,0 ± 1,5 a	3,5 ± 0,5 a	4,9 ± 0,8 a	3,9 ± 0,2 a	4,1 ± 1,0 a	4,4 ± 1,2 a
18:2ω3	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 ab	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 c	0,1 ± 0,0 bc
19:1ω11	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,1 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
19:1ω9	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	tr a
18:3ω3	0,6 ± 0,1 ab	0,5 ± 0,0 b	0,7 ± 0,1 a	0,5 ± 0,1 ab	0,7 ± 0,1 ab	0,7 ± 0,1 a
18:4ω3	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 a	0,3 ± 0,2 a	0,3 ± 0,1 a	0,3 ± 0,0 a
20:0	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
20:1ω11	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
20:1ω9	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
20:2ω6	0,2 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 bc	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 c	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 bc
20:3ω6	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 a
20:4ω6	0,5 ± 0,1 b	0,4 ± 0,0 b	0,5 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 b	0,7 ± 0,0 a
20:5ω3	0,1 ± 0,0 bc	0,1 ± 0,0 c	0,2 ± 0,0 ab	0,1 ± 0,0 bc	0,2 ± 0,0 bc	0,3 ± 0,0 a
22:3ω3	1,8 ± 0,3 a	1,5 ± 0,1 a	0,9 ± 0,2 b	0,7 ± 0,1 b	1,7 ± 0,7 a	1,7 ± 0,2 a
22:4ω6	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a	0,1 ± 0,0 a
22:5ω3	0,3 ± 0,0 a	0,2 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	0,4 ± 0,0 a

TABELA 3
Continuação.

Ácido Graxo e DMA	Nelore		Beefalo		Canchin	
	cru	grelhado	cru	grelhado	cru	grelhado
Saturados	47,8	48,4	47,4	47,7	48,0	48,9
Monoinsat.	40,2	41,9	42,8	40,8	40,0	40,6
Poliinsat.	10,3	8,1	9,1	8,0	9,3	10,3
P/S	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total $\omega 3$	3,3	2,8	2,6	2,2	3,4	3,6
Total $\omega 6$	6,3	4,6	6,2	4,9	5,2	5,8
$\omega 3/\omega 6$	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6

*Média e estimativa de desvio-padrão de 5 amostras analisadas em duplicata.

DMA = dimetilacetil, tr = traços, i = iso, ai = anteiso, P/S = poliinsaturados/saturados

Valores na mesma linha horizontal com letras diferentes são significativamente diferentes ao nível de 5%.

Não foi observada diferença significativa a nível de 5% nos principais ácidos graxos (concentração maior que 2%) entre as raças analisadas e entre os tratamentos, cru e grelhado. Algumas discrepâncias significativas foram observadas nos ácidos graxos de menor concentração. Por exemplo, 14:1 ω 5 foi maior em Beefalo cru (0,9%) e menor em Canchin grelhado (0,4%), 15:1 ω 11 maior no Beefalo cru (0,9%) e Canchin grelhado (0,7%) e menor nos demais (faixa de 0,2 a 0,4%), 16:2 ω 7 maior no Beefalo cru (0,6%) e menor no Nelore e Beefalo grelhado (tr), 16:2 ω 5 maior no Canchin cru e grelhado (0,6%) e menor no Beefalo cru (tr), 16:2 ω 4 maior no Beefalo grelhado (0,7%) e Nelore cru e grelhado (0,6%) e menor nos demais (faixa de tr a 0,1%), i-18:0 maior no Nelore cru (0,6%) e menor nos demais (faixa de 0,1 a 0,3%), 20:4 ω 6 maior no Canchin grelhado (0,7%) e menor nos demais (faixa de 0,4 a 0,5%) e 22:3 ω 3 maior no Nelore cru e grelhado (1,8 e 1,5%) e Canchin cru e grelhado (1,7%) e menor no Beefalo (0,9%) cru e (0,7%) grelhado. Morris *et al.* (1995) também não encontraram diferença significativa na composição de 6 ácidos graxos principais em *Longissimus lumborum* de Angus geneticamente selecionados. Rumsey *et al.* (1972) verificaram que a única diferença na composição de ácidos graxos foi o maior teor de 14:1 no Shorthorns do que no Angus. Sumida *et al.* (1972) também observaram que o efeito de raça foi geralmente insignificante. No entanto, Eichhorn *et al.* (1986b) relataram que a raça causou significativa variação em 9 dos 12 ácidos graxos identificados e quantificados em *Longissimus dorsi* de 15 raças e cruzamentos. Sinclair & O'dea (1987) encontraram pequenas variações entre Hereford e Simmental x Hereford,

sendo 14:0 maior no Hereford e 18:2 ω 6, 18:3 ω 3 e 20:5 ω 3 maiores no Simmental x Hereford.

Os dados encontrados na literatura de ácidos graxos em carne são pobres no número de ácidos graxos identificados e quantificados, independente do uso de coluna capilar ou empacotada. Utilizando coluna capilar, Sinclear *et al.* (1982) identificaram 18 ácidos graxos, Sinclair & O'dea (1987) e Hutchison *et al.* (1987) 10 ácidos graxos. Sweeten *et al.* (1990) identificaram 15 ácidos graxos com coluna empacotada. Morris *et al.* (1995) identificaram e quantificaram 6 ácidos graxos, porém não mencionaram a coluna, apenas relataram que a coluna não separou 18:1 e 18:3.

A ordem dos três primeiros ácidos graxos (18:1 ω 9, 16:0 e 18:0) identificados e quantificados no presente trabalho foi a mesma de Rao & Kowale (1993) em búfalo (*Murrah type*), de Morris *et al.* (1995) em Angus, de Eichhorn *et al.* (1986b) em 15 raças e cruzamentos e de Sinclair & O'dea (1987) nos genótipos Hereford e Simmental x Hereford. Foi também a mesma encontrada por Sweeten *et al.* (1990) e por Sinclair *et al.* (1982) em carne bovina em geral (sem raça especificada). O ácido graxo 18:2 ω 6 que ocupou o quarto lugar no presente trabalho e nos de Sinclair & O'dea (1987) e Sweeten *et al.* (1990) foi o quinto no trabalho de Sinclair *et al.* (1982), Rao & Kowale (1993), Morris *et al.* (1995), e Eichhorn *et al.* (1986b). O 14:0 que foi o quinto no presente trabalho, e o sexto em todos os trabalhos mencionados acima (Sweeten *et al.*, 1990; Eichhorn *et al.*, 1986b; Sinclair & O'dea, 1987; Rao & Kowale, 1993 e Sinclair *et al.*, 1982), com exceção do trabalho de Morris *et al.* (1995) onde foi o quarto. O 16:1 ω 7 foi o quarto identificado por Eichhorn *et al.* (1986b), Rao & Kowale (1993), Sinclair *et al.* (1982) e Sinclair & O'dea (1987), quinto por Sinclair & O'dea (1987) e Sweeten *et al.* (1990), e sexto no de Morris *et al.* (1995) e no presente trabalho. O 18:1 ω 7 não foi identificado nestes trabalhos, sendo que no presente trabalho ocupou o sétimo lugar. Apenas o trabalho de Eichhorn *et al.* (1986b) identificou e quantificou o ácido graxo 20:4 como principal.

O total de ácidos graxos saturados (faixa de variação de 47,4% no Beefalo a 48,9% no Canchin), monoinsaturados (faixa de variação de 40,0% no Canchin a 42,8% no Beefalo) e poliinsaturados (faixa de 8,0% no Beefalo a 10,4% no Nelore) foi semelhante para as raças analisadas (Tabela 3). Sinclair

& O'dea (1987) observaram que a proporção de ácidos graxos poliinsaturados depende do nível de lipídios da amostra, mas a proporção de ácidos graxos saturados independe deste nível. Notaram também que a razão poliinsaturados/saturados aumentou em todos os cortes à medida que o teor de lipídios decrescia. No presente trabalho todas as raças apresentaram teores de lipídios totais semelhantes e, conseqüentemente, a razão poliinsaturados/saturados foi também semelhante para todas as raças.

As carnes bovinas têm sido caracterizadas como tendo mais que 50% de ácidos graxos saturados. Campbell & Turkki (1967), por exemplo, relataram valores de até 62,2% de ácidos graxos saturados. Recentes trabalhos tem indicado que carne bovina contém menos que 50% de ácidos graxos saturados. Sinclair *et al.* (1982) encontraram 40,2%; Sweeten *et al.* (1990), 41,2%; Eichhorn *et al.* (1986b), 45,3%; e Bohac & Rhee (1988), 47,4% de ácidos graxos saturados. Uma exceção é o trabalho de Morris *et al.* (1995) no qual foi obtido em torno de 55% de ácidos graxos saturados consistindo somente de 14:0, 16:0 e 18:0.

Efeito do cozimento

Não foi observada diferença significativa a nível de 5% entre amostras cruas e cozidas nos principais ácidos graxos. Algumas diferenças significativas foram observadas em ácidos graxos com concentrações abaixo de 1%. Por exemplo, 14:1 ω 5 foi maior no Beefalo e Canchin cru do que no grelhado, 15:1 ω 6 foi maior no Nelore e Canchin grelhado do que cru, 15:1 ω 11, i-17:0 e 16:2 ω 7 maiores no Beefalo cru do que grelhado, 16:2 ω 5 e 16:2 ω 4 maiores no Beefalo grelhado do que no cru e i-18:0 maior no Nelore cru do que no grelhado.

Morris *et al.* (1995) demonstraram que não há perda preferencial de específicos ácidos graxos durante o cozimento, uma vez que não houve diferença significativa na composição dos mesmos em *Longissimus lumborum* de Angus cru e cozido. No entanto, Rao & Kowale (1993) notaram que o processo de aquecimento aumentou significativamente os ácidos graxos 10:0, 14:0 18:0, 18:2 e 18:3 e decresceu 16:0 no búfalo (*Murrah type*). Janicki & Appledorf (1974) encontraram mudanças significativas em 16:0, 18:1 e 18:2 durante o cozimento com vários métodos (grelhado, assado e microondas) em

carne bovina adquirida no mercado. O ácido graxo 16:0 foi o que sofreu maior perda durante o cozimento, enquanto 18:1 e 18:2 aumentaram.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que as três raças bovinas analisadas (Nelore, Beefalo e Canchin) apresentaram valores semelhantes de colesterol, de lipídios totais e de ácidos graxos tanto para carne crua como para carne grelhada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackman, R. G. (1987). WCOT (capillary) gas-chromatography. In: *Analysis of Oils and Fats*. (R. J. Hamilton, R. J. and J. B. Rossel, Eds), pp.137. Elsevier, Essex.
- Akinwunmi, I; Thompson, L. D. & Ramsey, C. B. (1993). Marbling, fat trim and doneness effects on sensory attributes, cooking loss and composition of cooked beef steaks. *J. Food Sci.* **58**, 242
- Bannon, C. D., Craske, J. D. & Norman, L. M. (1988). Effect of overload of capillary gas-liquid chromatographic columns on the equivalent chain lengths of C18 unsaturated fatty acid methyl esters. *J. Chromatogr.* **44**, 43.
- Bohac, C. E. & Rhee, K. S. (1988) Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. *Meat Sci.* **23**, 71.
- Bohac, C. E.; Rhee, K. S.; Cross, H. R. & Ono, K. (1988). Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *J. Food Sci.* **53**, 1642.
- Bragagnolo, N. & Rodriguez-Amaya, D. B. (1995). Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, **15**, 11.
- Campbell, A. M. & Turkki, P. R.(1967). Lipids of raw and cooked ground beef and pork. *J. Food. Sci.* **32**, 144.
- Christie, W. W. (1988). Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography. *J. Chromatogr.* **447**, 305.
- Eichhorn, J. M.; Wakayama, E.J.; Blomquist, G.J. & Bailey, C.M. (1986a). Cholesterol content of muscle and adipose tissue from crossbred bulls and steers. *Meat Sci.* **16**, 71.
- Eichhorn, J. M.; Coleman, L. J.; Wakayama, E.J.; Blomquist, G.J.; Bailey, C.M. & Jenkins, T.G. (1986b). Effects of breed type and restricted versus ad libitum feeding on fatty acid

- composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature females. *J. Ani. Sci.* **63**, 781.
- Flanzy, J.; Boudon, M.; Leger, C. & Pihet, J. (1976). Application of Carbowax 20M as an open-tubular liquid phase in analyses of nutritionally important fats and oils. *J. Chromatogr. Sci.* **14**, 17.
- Folch, J.; Lees, M. & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497.
- Handbook USDA - Department of Agriculture. (1990) *Compositions of foods: Beef products raw, processed and prepared*, 8-13, p. 168.
- Hansen, H. L. & Andresen, K. (1968). Calculation of the retention time of the "air peak" in gas chromatograms. *J. Chromatogr.* **34**, 246.
- Hood, R. L. (1987). A note of the cholesterol content of beef rib steaks. *CSIRO Food Res. Q* **47**, 44.
- Hood, H.L. & Allen, E. (1971). Influence of sex and postmortem aging on intramuscular and subcutaneous bovine lipids. *J. Food Sci.* **36**, 786.
- Heymann, H.; Hedrick, H. B.; Karrasch, M. A.; Eggeman, M. K. & Ellersieck, M. R. (1990). Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *J. Food Sci.* **55**, 613.
- Hoelscher, L. M., Savell, J. W., Smith, S. B. & Cross, H. R. (1988). Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose tissues of beef loin steaks. *J. Food. Sci.* **53**, 518.
- Hutchison, G. I.; Greenfield, H. & Wills, R. B. H. (1987). Composition of Australian foods. 35. pork. *Food Tech. Australia* **39**, 216.
- Janicki, L. J. & Appledorf, H. (1974). Effect of broiling, grill frying and microwave cooking on moisture, some lipid components and total fatty acids of ground beef. *J. Food Sci.* **39**, 715.
- Kannel, W. B.; Castelli, W. P. & Gordon, T. (1979). Cholesterol in the prediction of atherosclerotic disease. New perspectives based on the Framingham Study. *Ann. Intern. Med.* **90**, 85.
- Kato, H., Tillotson, J. Nichaman, M., Rhoads, G. & Hamilton, H. (1973). Epidemiological studies of coronary heart disease and stroke of Japanese men living in Japan, Hawaii and California. *Am. J. Epidemiol.* **97**, 373.
- Kauffman, R. G., Suess, G. G., Bray, R. W. & Scarth, R. D. (1968). Incidence of marbling of the bovine and porcine *Longissimus*. *J. Anim. Sci.* **27**, 969.
- Keys, A. (1970). Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*. **41**, 1.
- Kramer, J. K. G.; Fouchard, R. C. & Jenkins, K. J. (1985) Differences in chromatographic properties of fused silica capillary columns, coated, crosslinked, bonded, or crosslinked and bonded with polyethylene glycols (Carbowax 20M) using complex fatty acid methyl ester mixtures. *J. Chromatogr. Sci.* **23**, 54.
- Kritchevsky, D. & Tepper, S. A. (1961). The free and ester sterol content of various foodstuffs. *J. Nutr.* **74**, 441.
- Mattson, F. H., Erickson, B. A. & Kligman, A. M. (1972). Effect of dietary cholesterol on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* **25**, 589.
- Metcalfe, L. D.; Schmitz, A. A. & Pelka, J. R. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* **38**, 514.
- Miwa, T. K., Mikolajczak, K. L., Earle, F. R. & Wolff, I. A. (1960). Gas chromatographic characterization of fatty acids. Identification constants for mono- and dicarboxylic methyl esters. *Anal. Chem.* **32**, 1739.
- Morgan, J.B.; Calkins, C.R. & Mandigo, R.W. (1988). Effect of trim level, cooking method, and chop type on lipid retention, caloric content, and cholesterol level in cooked pork. *J. Food Sci.* **53**, 1602.

- Morris, C. A.; Kirton, A. H.; Hogg, B. W.; Brown, J. M. & Mortimer, B. J. (1995). Meat composition in genetically selected and control cattle from a serial slaughter experiment. *Meat Sci.* **39**, 427.
- Moss, M., Holden, J. M., Ono, K., Cross, R., Slover, H., Berry, B., Lanza, E., Thompson, R., Wolf, W., Vanderslice, J., Jonson, H. & Stewart, K. (1983). Nutrient composition of fresh retail pork. *J. Food Sci.* **48**, 1767.
- Murphy, E. W., Criner, P. E. & Gray, B. C. (1975). Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *J. Agric. Food Chem.* **23**, 1153.
- National Cholesterol Education Program Expert Panel. (1988). Report on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults. *Arch. Intern. Med.* **148**, 36.
- Prusa, K. J. & Hughes, K. V. (1986). Cholesterol and selected attributes of pork tenderloin steaks heated by conventional, convection and microwave ovens to two internal endpoint temperatures. *J. Food Sci.* **51**, 1139.
- Rao, V. K. & Kowale, B. N. (1993). Fatty acid composition of adult buffalo meat during processing and storage. *J. Food Sci. Technol.* **30**, 216.
- Reitmeier, C. A. & Prusa, K. J. (1987). Cholesterol content and sensory analysis of ground pork as influenced by fat level and heating. *J. Food Sci.* **62**, 916.
- Rhee, K. S.; Dutson, T. R.; Smith, G. C., Hostetler, R. L. & Reiser, R. (1982). Cholesterol content of raw and cooked beef longissimus muscles with different degrees of marbling. *J. Food Sci.* **47**, 716.
- Rumsey, T. S., Oltjen, R. R., Bovard, K. P. & Priode, B. M. (1972). Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *J. Anim. Sci.* **35**, 1069.
- Sahasradable, M. R. & Stewart, L. (1989). Total lipid and cholesterol in selected retail cuts of Canadian beef. *Can. Inst. Food Sci. Technol.* **22**, 83.
- Sinclair, A. J. & O'dea, K. (1987). The lipid levels and fatty acid compositions of the lean portions of Australian beef and lamb. *Food Tech. Australia* **39**, 228.
- Sinclair, A. J., Slattery, W. J. & O'Dea, K. (1982). The analysis of polyunsaturated fatty acids in meat by capillary gas-liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.* **33**, 771.
- Stamler, J.; Wentworth, D. & Neaton, J. D. (1986). Is relationship between serum cholesterol and risk of premature death from coronary heart disease continuous and graded? Findings in 356 222 primary screeners of the Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT). *JAMA* **256**, 2823.
- Stromer, M.H.; Goll, D.E. & Roberts, J.H. (1966). Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. *J. Anim. Sci.* **25**, 1145.
- Sumida, D. M., Vogt, D. W., Cobb, E. H., Iwanaga, I. I. & Reimer, D. (1972). Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. *J. Anim. Sci.* **35**, 1058.
- Sweeten, M. K., Cross, H. R., Smith, G. C. & Smith S. B. (1990). Subcellular distribution and composition of lipids in muscle and adipose tissues. *J. Food Sci.* **55**, 43.
- Swize, S. S.; Harris, K. B.; Savell, J. W. & Cross, H. R. (1992). Cholesterol content of lean and fat from beef, pork, and lamb cuts. *J. Food Comp. Anal.* **5**, 160.
- Tu, C.; Powrie, W. D. & Fenema, O. (1967). Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *J. Food Sci.* **32**, 30.
- Wheeler, T. L.; Davis, G. W.; Stoecker, B. J. & Harmon, C.J. (1987). Cholesterol concentration of longissimus muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. *J. Food Sci.* **63**, 1531.

ANEXO 1

Comprimento da Cadeia Equivalente (ECL)

Os valores de ECL foram calculados pela seguinte fórmula (Miwa *et al.*, 1960; Bannon *et al.*, 1988):

$$ECL' = n + \frac{2 \times (\log t'_{r,x} - \log t'_{r,n})}{\log t'_{r,n+2} - \log t'_{r,n}}, \text{ onde}$$

$\log t'_{r,x}$ = logaritmo do tempo de retenção corrigido de um ácido graxo eluindo entre dois ácidos graxos com n e $n + 2$ átomos de carbono;

$\log t'_{r,n}$ = logaritmo do tempo de retenção corrigido de um ácido graxo com n átomos de carbono;

$\log t'_{r,n+2}$ = logaritmo do tempo de retenção corrigido de um ácido graxo com $n + 2$ átomos de carbono.

Os valores de ECL foram determinados experimentalmente em misturas de ácidos graxos padrões e nos lipídios totais das amostras. Esses valores experimentais foram comparados com aqueles descritos na literatura, usando a mesma coluna DB-WAX ou equivalente (Flanzy, *et al.*, 1976; Kramer *et al.*, 1985; Ackman, 1987 e Christie, 1988).

A discussão detalhada dos parâmetros de identificação dos ácidos graxos encontra-se na tese de doutorado de:

Maia, E. L. 1992. Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce. Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

ANEXO 2

Fórmula de Murphy *et al.* (1975)

% retenção= $\frac{\text{lipídios (g/100g) carne cozida} \times \text{g de carne após o cozimento}}{\text{lipídios (g/100g) carne crua} \times \text{g de carne antes do cozimento}}$

% retenção= $\frac{\text{colesterol (mg/100g) carne cozida} \times \text{g de carne após o cozimento}}{\text{colesterol (mg/100g) carne crua} \times \text{g de carne antes do cozimento}}$