

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

O óleo de abacate (***Persea americana Mill***) como matéria-prima para a indústria alimentícia

Flávia Danieli

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2006

Flávia Danieli
Nutricionista

O óleo de abacate (***Persea americana Mill***) como matéria-prima para a indústria alimentícia

Orientadora:
Profa. Dra. JOCELEM MASTRODI SALGADO

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Danieli, Flávia

O óleo de abacate (*Persea americana Mill*) como matéria-prima para a indústria alimentícia / Flávia Danieli. - - Piracicaba, 2006.
47 p.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Abacate 2. Colesterol 3. Esteróis 4. Indústria de alimentos 5. Óleo comestível
6. Vitamina E I. Título

CDD 664.363

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Ao Neto, companheiro de todos os momentos,

DEDICO

Aos meus pais Marivaldo e Célia e minhas irmãs Fabiana e Fernanda, pelo constante
apoio e otimismo,

MINHA GRATIDÃO E HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

À Profa. Jocelem Salgado, pela orientação competente, apoio e amizade constante.

À amiga Andréa Dario Frias pela amizade, sugestões e apoio durante o trabalho.

À profa. Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA/Unicamp, pelo apoio e orientação durante as análises.

À profa. Marisa Aparecida Bismara Regitano D'Arce pela amizade e orientação em momentos difíceis.

À funcionária Débora, pela valiosa amizade e colaboração no decorrer do trabalho.

À Denise Becker pela amizade e colaboração durante as análises.

À Tatiana C Lopes, que foi e continua sendo a melhor amiga deste longo caminho.

Às amigas Tatiana, Kiara e Fernanda pela alegria e incentivo, indispensáveis nos momentos difíceis.

À Alice pelo auxílio durante as análises.

Aos professores da Banca Examinadora, pela revisão e aperfeiçoamento deste trabalho.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Abacate e suas propriedades funcionais na redução do risco de doenças.....	13
2.2 Insaponificáveis do abacate.....	14
2.2.1 Esteróis vegetais.....	15
2.2.2 Vitamina E.....	19
2.3 Ácidos graxos monoinsaturados.....	21
2.4 Obtenção do óleo de abacate.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Local do experimento.....	25
3.2 Matéria-prima.....	25
3.3 Análise da matéria-prima.....	25
3.3.1 Peso médio.....	25
3.3.2 Porcentagem da casca, polpa e caroço.....	26
3.3.3 Composição centesimal da polpa.....	26
3.4 Extração do óleo bruto.....	26
3.5 Neutralização do óleo bruto.....	27
3.6 Caracterização química dos óleos bruto e refinado.....	28
3.6.1 Composição em ácidos graxos.....	28
3.6.2 Índice de acidez.....	28
3.6.3 Índice de iodo.....	29
3.6.4 Índice de peróxido.....	29
3.6.5 Índice de saponificação.....	30

3.6.6	Matéria insaponificável.....	30
3.6.7	Composição de esteróis totais.....	30
3.6.8	Vitamina E (tocoferol).....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Caracterização da matéria-prima.....	35
4.2	Extração do óleo do óleo bruto.....	35
4.3	Neutralização do óleo bruto.....	36
4.4	Caracterização química dos óleos bruto e neutralizado.....	36
5	CONCLUSÕES.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

RESUMO

O óleo de abacate (*Persea americana Mill*) como matéria-prima para a indústria alimentícia

Hábitos de vida saudáveis e uma dieta balanceada aliados ao alto consumo de frutas e vegetais, estão associados a redução do risco de doenças e à manutenção da saúde. O óleo de abacate possui em sua composição substâncias bioativas capazes de prevenir e controlar as dislipidemias. Como existem poucas pesquisas científicas avaliando o potencial deste óleo para consumo humano, o presente trabalho estudou os processos de extração e refino do óleo de abacate, bem como suas propriedades funcionais. Os resultados mostraram que os processos de extração e refino do óleo a partir da variedade Margarida são tecnicamente viáveis, o que o torna excelente matéria-prima para a indústria alimentícia. Além disso, possui um perfil de ácidos graxos muito semelhantes ao azeite de oliva, predominando em ambos o ácido oléico, que em conjunto com os esteróis vegetais e a vitamina E presentes, é capaz de influenciar positivamente o controle metabólico do colesterol, prevenindo ou retardando as doenças cardiovasculares.

PALAVRAS CHAVE: óleo de abacate, colesterol, esteróis vegetais, vitamina E, ácido oléico.

ABSTRACT

The avocado oil (*Persea americana Mill*) as raw material for food industry

Healthy life habits and an equilibrate diet, associated with a high fruit and vegetable intake, are joined with the prevention of diseases and health maintenance. The avocado oil has in these composition bioactives substances that can help in the prevention and control of hyperlipidemia. As there are a few scientific researches evaluating the oil potential for human consumption, the present proposal studied the extraction and refining process of avocado oil and its functional properties. The results have been showed that extraction and refining process of Margarida's variety are technically possible, became it an excellent raw material for food industry. Besides, the fatty acid composition of avocado oil are similar to olive oil, predominating in both, the oleic acid, that together of sterols and vitamin E presents, can to influence to metabolic control of cholesterol, preventing or delaying the cardiovascular disease.

KEYWORDS: avocado oil, cholesterol, sterols, vitamin E, oleic acid.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Estrutura química dos fitosteróis mais comuns e do colesterol.....	16
Figura 2 - Fluxograma básico do processo de extração do óleo de abacate por solvente	27
Figura 3 - Principais etapas para a obtenção da matéria insaponificável do óleo de abacate.....	32
Figura 4 - Principais etapas para o isolamento e recuperação da fração esterólica em óleo de abacate, partindo-se da cromatografia em camada delgada (CCD).....	33

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Proporção da casca, polpa e caroço presentes no abacate.....	35
Tabela 2 - Composição centesimal da polpa.....	35
Tabela 3 - Resultados do teste de neutralização do óleo bruto de abacate, com soluções de hidróxido de sódio em diferentes concentrações.....	36
Tabela 4 - Composição em ácidos graxos do óleo bruto de abacate da variedade Margarida, extraído por solvente, comparado com as especificações do Mercado Internacional de óleo bruto de abacate e resultados da composição de diferentes variedades de abacate.....	37
Tabela 5 - Comparação entre a composição de ácidos graxos do óleo de abacate da variedade Margarida e o azeite de oliva.....	38
Tabela 6 - Caracterização química dos óleos bruto e neutralizado.....	39
Tabela 7 - Compostos presentes na fração esterólica do óleo de abacate, em g/100g de esteróis totais.....	40
Tabela 8 - Comparação da composição de esteróis do óleo de abacate da variedade Margarida com a composição de esteróis do azeite de oliva.....	41

1 INTRODUÇÃO

A doença cardiovascular é a principal causa de morbimortalidade no Brasil (300.000 mortes/ano), representando um enorme ônus financeiro para o país (CORONELLI, 2003).

Alguns estudos populacionais chamam a atenção para uma maior suscetibilidade às doenças crônicas em grupos submetidos à modernização do seu estilo de vida. Mudanças na dieta, estresse psicológico, sedentarismo, obesidade, hereditariedade e mudanças sócio-econômicas têm sido considerados fatores de risco para essa situação (CARDOSO, A.M.; MATTOS, I.E.; KOIFMAN, R.J., 2001).

Quanto maior a intensidade e o tempo de exposição ao fator de risco, maior a possibilidade de desenvolver a doença. A hipercolesterolemia é um importante fator de risco para doenças cardiovasculares.

De acordo com dados da AMERICAN HEARTH ASSOCIATION (2002), mais de 30% da população brasileira e 51% da população americana, apresentam altos níveis de colesterol (maior que 200 mg/dl), um dado preocupante, já que estudos mostram que taxas acima de 240 mg/dl de colesterol total, duplicam o risco de sofrer um ataque cardíaco.

A literatura aponta para o início da aterosclerose já na infância pelo aumento do colesterol plasmático, que pode ser potencializado no decorrer da vida pelo tabagismo, sedentarismo, hipertensão arterial, obesidade e, principalmente alimentação inadequada (CORONELLI, 2003; U.S. PUBLIC HEALTH, 1995).

No Brasil, GERBER & ZIELINSKY (1997) encontraram 28% de hipercolesterolemia em crianças de 6 a 14 anos, residentes em Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. Um outro estudo realizado em Campinas, por MOURA et al., (2000), mostrou 15,7% de hipercolesterolemia leve, 9,8% de moderada e 9,5% de grave, totalizando 35% dos escolares com algum nível de hipercolesterolemia.

O controle das doenças cardiovasculares pode ser feito com o auxílio de medicamentos ou através da dieta, que consiste também na melhor forma de prevenção. Recomendações recentes sugerem que o consumo de grãos, frutas e vegetais deve ser aumentado para se prevenir ou tratar essas doenças (COMMITTEE

ON DIET AND HEALTH, 1989), e dentre os possíveis componentes destes alimentos que teriam ações hipocolesterolêmicas destacam-se as proteínas vegetais, as fibras e alguns compostos fitoquímicos como os esteróis/estanóis, ácido fítico, taninos, inibidores de enzimas, saponinas, entre outros.

Entre os alimentos fontes dessas substâncias, o óleo de abacate se destaca pela excelente qualidade nutricional. De acordo com alguns estudos o óleo é rico em β -sitosterol e ácido oléico, uma gordura insaturada utilizada como coadjuvante no tratamento de hiperlipidemias.

Além disso, assemelha-se muito com o óleo de oliva (importado e altamente consumido no País), por ser extraído da polpa dos frutos e pela similaridade de suas propriedades físico-químicas, principalmente pela composição de seus ácidos graxos, predominando em ambos o ácido oléico (TANGO, J.S.; CARVALHO, C. R.; LIMONTA, S.N.B., 2004).

Além da possibilidade de introduzir o óleo de abacate puro para uso comestível como substituto do óleo de oliva, uma das alternativas para oferecer ao consumidor brasileiro um produto de qualidade superior seria a produção de óleo de oliva e abacate mesclado, em substituição às misturas de óleo de oliva com óleos vegetais (principalmente óleo de soja), normalmente oferecidas pelo mercado interno com a finalidade de diminuir os custos de importação do azeite de oliva no Brasil (SOARES et al. 1992).

Com base no exposto acima e na procura dos consumidores por alimentos mais saudáveis que possam ser utilizados como coadjuvantes no tratamento de algumas doenças, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e traçar um perfil qualitativo e funcional do óleo de abacate, para ser utilizado como matéria-prima na indústria alimentícia; estudar os processos de extração e refino do óleo de abacate da variedade Margarida; avaliar as características físico-químicas do óleo bruto e semi-refinado e quantificar as substâncias com ação funcional no óleo bruto e semi-refinado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Abacate e suas propriedades funcionais na redução do risco de doenças cardiovasculares

O abacate está entre as frutas mais vendidas no mundo e se destaca bastante pela sua qualidade nutricional. No Brasil, normalmente é utilizado em pratos doces, seja fresco com açúcar ou creme, vitaminas ou sorvetes, mas também pode ser utilizado em pratos salgados como o guacamole (OLIVEIRA et al., 2006).

Apesar de sua versatilidade e valor nutritivo, cada 100g da fruta contém cerca de 180 calorias sendo que 85% delas são provenientes da gordura. O abacate também é fonte de muitos nutrientes, destacando-se as fibras e vitaminas. De acordo com NAVEH et al., (2002) o total de fibras presentes no fruto fresco é de aproximadamente 5.2g/100g. Sendo 75% insolúveis e 25% solúveis.

Esteróis, álcoois, tocoferóis e carotenos também estão presentes. Mesmo não podendo ser considerado como fonte protéica, o abacate contém quantidades muito superiores desse nutriente quando comparado às outras frutas (SALGADO, 2005).

Estudos recentes indicam que o abacate pode trazer benefícios à saúde, pois a maior parte da gordura dessa fruta é monoinsaturada. Esse tipo de gordura ajuda a diminuir os níveis de colesterol total, LDL colesterol (mau colesterol) e triacilgliceróis além de aumentar os níveis de HDL colesterol (bom colesterol) (SALGADO, 2005).

Em pesquisa realizada por SALGADO, J.M.; BIN, C.; CORNÉLIO, A.R., 2006 foi avaliada a influência do consumo de abacate da variedade Hass, durante sessenta dias, nos níveis séricos de colesterol total, HDL e LDL colesterol, triglicérides, colesterol hepático e excretado de ratos hipercolesterolêmicos. Ao final de 30 dias, a dieta com 15% de abacate mostrou ser mais efetiva para reduzir os níveis de colesterol total, HDL e LDL em comparação ao controle. Independente do tempo de estudo, foi percebido que para o teor de colesterol excretado, a melhor dieta foi a de 5% de abacate, pois quanto maior a concentração de abacate, menor a excreção de colesterol. A dieta com 5% de abacate, também foi a que mais influenciou nos níveis de triglicérides e colesterol hepático independente do tempo de análise.

Além disso, a grande quantidade de gordura é um importante fator para a biodisponibilidade dos carotenóides. UNLU et al. (2005) verificaram que a adição de abacate e óleo de abacate na salada, como únicas fontes lipídicas, aumentaram significativamente a absorção de luteína e α e β -carotenos.

O abacate é rico em vitaminas E e C, potentes antioxidantes, ajuda a promover a saúde dos dentes e gengivas, protegendo os tecidos do corpo dos radicais livres. Contêm vitaminas A e do complexo B, uma delas, o folato, é essencial para o desenvolvimento saudável de células e tecidos (SALGADO, 2005).

Também é rico em fitonutrientes que ajudam na redução dos níveis de colesterol agindo como antioxidantes neutralizando a ação dos radicais livres, auxiliando assim, na redução do risco de doenças cardiovasculares e câncer (SALGADO, 2005).

2.2 Insaponificáveis do abacate

O óleo de abacate apresenta um elevado teor de insaponificáveis (1 a 4%), quando comparado aos óleos comestíveis comuns. Os insaponificáveis são definidos como substâncias presentes comumente nos óleos de origem vegetal e animal, insolúveis em água e não susceptíveis de modificações por reações de saponificação (TURATTI et al., 1985).

O valor comercial da fração insaponificável do óleo de abacate é muito elevado, em decorrência de suas conhecidas propriedades medicinais e cosmetológicas. Sua utilização decorre de suas propriedades funcionais, e em geral utiliza-se o óleo enriquecido com uma alta concentração de insaponificáveis (MEDINA, 1978).

Os principais componentes contidos na fração insaponificável dos óleos e gorduras são os esteróis, álcoois alifáticos e terpênicos, hidrocarbonetos terpênicos, tocoferóis, carotenos e outros compostos, alguns dos quais ainda não identificados. O componente predominante nos insaponificáveis do abacate é o grupo dos esteróis e o responsável por 80% dessa fração é o beta-sitosterol. Outros esteróis presentes são o campesterol, stigmasterol e colesterol (TURATTI et al., 1985).

2.2.1 Esteróis vegetais

Os fitosteróis, também conhecidos como esteróis vegetais, são substâncias que ocorrem em todo reino vegetal e encontram-se em maiores concentrações em alimentos gordurosos como óleos, nozes e sementes. A soja e derivados não desengordurados são também boas fontes (HICKS & MOREAU, 2001).

A maioria dos fitosteróis contém 28 ou 29 carbonos, e uma ou duas ligações duplas C=C tipicamente no núcleo esterol e algumas vezes, uma segunda dupla no lado acil da cadeia. No entanto, podemos encontrar também fitostanóis, conhecidos como estanóis vegetais, um subgrupo altamente saturado dos fitosteróis, que não apresenta nenhuma dupla ligação na molécula. Estudos recentes concluíram que tanto os esteróis como os estanóis são capazes de alterar positivamente as taxas de colesterol (MOREAU et al, 2002).

Os fitosteróis são componentes chaves das membranas celulares vegetais, assim como o colesterol é um componente chave das membranas celulares animais. Existem mais de 40 tipos de fitosteróis, mas relativamente poucos são encontrados em quantidades significantes em alimentos. Os fitosteróis mais abundantes nos alimentos são o beta-sitosterol, o campesterol e o estigmasterol, que apresentam uma estrutura química semelhante ao colesterol, diferindo somente em seus comprimentos da cadeia lateral (HICKS & MOREAU, 2001) (Figura 1). Esta similaridade na estrutura explica a capacidade dos fitosteróis em reduzir o colesterol.

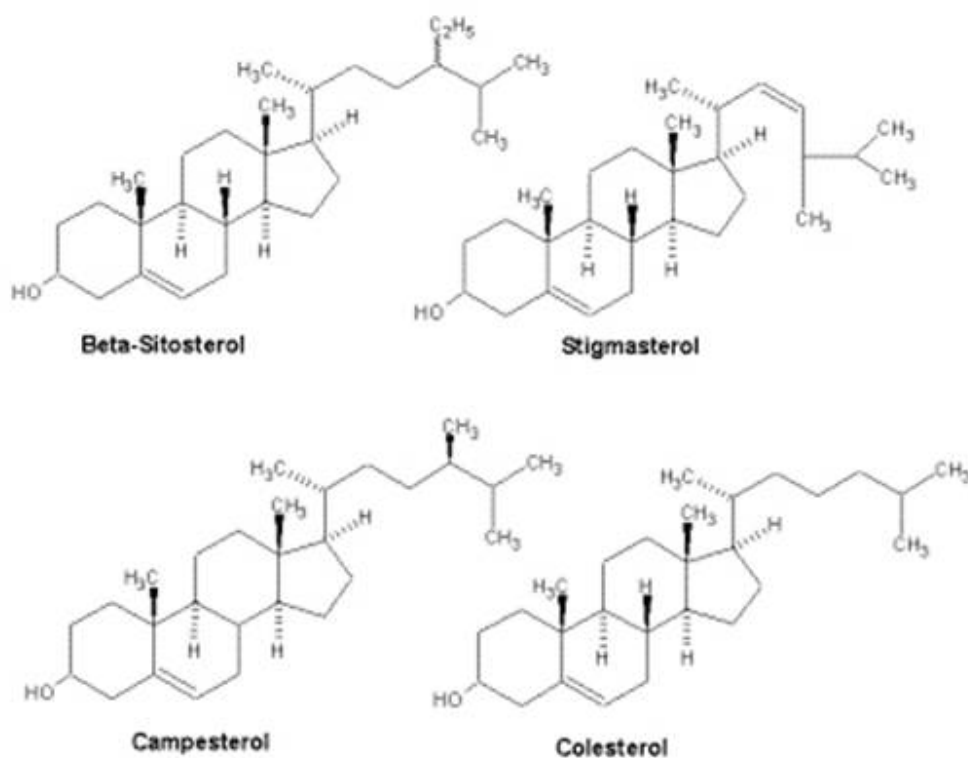


Figura 1 - Estrutura química dos fitosteróis mais comuns e do colesterol

O β -sitosterol é o principal esterol presente nos alimentos, principalmente no abacate, e é extraído dos óleos vegetais. A sua esterificação, que forma o éster de sitosterol, melhora a solubilidade deste composto, possibilitando sua adição em alimentos, de forma que quantidade suficiente de esteróis fique disponível, sem causar problemas com a solubilidade das vitaminas (LOTTEMBERG, 2002).

De acordo com MORENO et al. (2003), o β -sitosterol é um dos componentes do azeite de oliva responsável pela redução de doenças cardiovasculares e desenvolvimento de câncer no Mediterrâneo. Em estudos realizados anteriormente, concluiu-se que o β -sitosterol inibe a produção de $O_2(-)$ e H_2O_2 (peróxidos), compostos estes que contribuem para o aumento das doenças cardiovasculares e placas de ateroma.

MATVIENKO et al (2002), mostrou em estudo randomizado que o consumo de 1,3g de β -sitosterol ao dia, durante 30 dias reduziu em até 14,6% o LDL-colesterol no plasma de estudantes do sexo masculino moderadamente hipercolesterolêmicos. Essa

redução está associada ao papel preventivo dos fitosteróis na redução do colesterol plasmático, que vem se confirmando cada vez mais.

Uma dieta balanceada com quantidades adequadas de vegetais fornece 200 a 400mg de fitosteróis, mas de acordo com a SOCIEDADE INTERNACIONAL DE ATEROSCLEROSE (2003), a ingestão de pelo menos 2g/dia promove uma redução significativa no LDL-colesterol, ainda que não influencie as concentrações séricas de HDL-colesterol e de triglicérides.

Têm sido confirmados efeitos benéficos dos fitosteróis nos lipídios sanguíneos em estudos experimentais com animais e humanos. Esses estudos podem levar à novas alternativas terapêuticas para tratamentos coadjuvantes da hipercolesterolemia (TAPIERO et al, 2003).

Em estudo realizado com hamsters alimentados com uma dieta contendo 1% de fitosterol, encontrou-se um decréscimo significativo na absorção do colesterol e uma redução da produção de placas quando comparado ao grupo controle (NATIONAL INSTITUTE OF NUTRITION, 1998).

Foi investigado por WERMAN, M.J.; NEMAN, I.; MOKADY, S., (1991) o efeito da ingestão de vários tipos de óleo de abacate no metabolismo hepático de ratas fêmeas. Os animais foram alimentados com dietas contendo 10% de óleo de abacate durante 4 semanas. Ratos alimentados com óleo refinado obtido através da centrifugação da polpa úmida foram comparados com ratos alimentados com óleo bruto extraído por solvente orgânico. Os resultados mostraram que os ratos alimentados com o óleo extraído do caroço exibiram um aumento da incorporação de acetato [1-14C] nos lipídios totais do fígado. Além disso, foi observada uma redução significativa nos níveis de triglicéridios e colesterol total dos ratos alimentados com o óleo extraído do caroço.

O estudo sugere que as diferenças entre os animais alimentados com o óleo extraído da semente e o óleo bruto, na distribuição das diferentes classes de lípidos, indicam que mais de um fator estão envolvidos nas alterações causadas pelos óleos.

Vários estudos em humanos têm demonstrado o efeito hipocolesterolêmico do consumo de fitosteróis na alimentação humana. Não está totalmente claro se os esteróis regulam o metabolismo das lipoproteínas no fígado e intestinos, mas sabe-se que reduzem os níveis circulantes de lipoproteínas aterogênicas.

As lipoproteínas do plasma contêm diversas apolipoproteínas, como as apolipoproteína E (apoE), que controlam o seu metabolismo (KUUST, G.H.; VANHANEN, H.; MIETTINEN, T.A., 1989).

Em humanos, a apoE é um componente estrutural de quilomícrons e remanescentes de VLDL, os quais regulam a ligação e a captação celular de LDL. Assim, mutações nas apoE foram descritas como responsáveis pela ocorrência de várias formas de dislipidemias. Há três genes principais de apoE em toda população humana: E2, E3, E4. Assim, estes genes caracterizam fenótipos de apoE, sendo três homozigóticos (E2/E2, E3/E3, E4/E4) e três heterozigóticos (E2/E3, E2/E4, E3/E4). As concentrações de colesterol total e triglicérides no plasma, representadas principalmente pelas lipoproteínas de baixa densidade (LDL,VLDL), dependem do genótipo apo E. O genótipo E2 eleva triglicérides e reduz o colesterol total, enquanto E4 reduz triglicérides e eleva o colesterol total, ao mesmo tempo que E3 desempenha papel intermediário entre as outras duas apoE. Sabe-se que os indivíduos E3/4, absorvem maior quantidade de colesterol da dieta (MIETTINEN & VANHANEN, 1994). No entanto, a resposta da colesterolemia com o uso de fitosteróis em função dos diferentes fenótipos de apoE não está ainda totalmente elucidada na literatura.

HO SS e col. investigaram o efeito do estigmasterol, campesterol e beta-sitosterol na produção de lipoproteínas em células HepG2 de fígado humano e células Caco2 do intestino e seus mecanismos envolvidos. As células foram incubadas por 24h com 50 micromol/L dos diferentes fitosteróis e 10 micromol/L de atorvastatina. Os níveis de lipoproteínas de muito baixa densidade – VLDL, em células HepG2 e níveis de quilomícrons em células Caco2, foram medidas por western blotting. Os níveis de secreção de apo B100 tiveram uma redução significativa de aproximadamente 30% depois da incubação com os fitosteróis quando comparado com o controle. Além disso, as concentrações de éster de colesterol (CE) também diminuíram significativamente em comparação as células controle, quando células HepG2 foram incubadas com fitosteróis. Secreção de células apo B48 do intestino reduziu 15% com estigmasterol, 16% com campesterol e 19% com beta-sitosterol em comparação ao controle.

Estudos clínicos também demonstraram que a adição de fitoesteróis na dieta reduz os níveis plasmáticos de colesterol total e LDL-colesterol. Em humanos, há

necessidade de no mínimo 3g/dia de fitoesteróis para redução da colesterolemia, embora as concentrações de HDL-colesterol e triglicérides não se alterem. Esses resultados levaram ao enriquecimento de margarinas comercialmente disponíveis, com ésteres de fitosteróis ou fitostanóis, que são os fitosteróis reduzidos (LAW, 2000).

Durante os últimos 10 anos, várias publicações examinaram as interações gene dieta, nas quais foi estudada a resposta dos lípides plasmáticos, em função de alterações no teor de gordura e de colesterol da dieta (TALL et al, 1997).

2.2.2 Vitamina E (tocoferol)

A vitamina E é uma substância lipossolúvel e existente na natureza como tocoferóis e tocotrienóis, em quatro formas diferentes (α , β , γ e δ), sendo o α -tocoferol a forma antioxidante mais ativa e amplamente distribuída nos tecidos e no plasma. Constitui o antioxidante lipossolúvel mais efetivo encontrado na natureza, e importante fator de proteção contra a peroxidação lipídica nas membranas celulares e na circulação sanguínea (NIKI, et al. 1996). Os óleos vegetais e as margarinas, além de amêndoas, amendoim e gérmen de trigo, constituem alimentos ricos em vitamina E.

A vitamina E pode exercer um potente efeito antioxidante, agindo diretamente na neutralização dos radicais livres ou participando indiretamente de sistemas enzimáticos com esta função. (BENDICH, 1992; HALLIWEL & GUTTERDGE, 1989; GOODE & WEBSTER, 1993).

Os radicais livres causam lesões em praticamente todas as matérias orgânicas, com particular interesse nas biomembranas lipídicas (MORANDI, 1996). A produção endógena de superóxidos e peróxidos de hidrogênio pode iniciar a peroxidação lipídica em membranas biológicas expostas. Os radicais de ácidos graxos formados dessa maneira podem reagir espontaneamente com o oxigênio, formando peroxiradical de ácido graxo e este pode propagar a peroxidação de mais moléculas de ácidos graxos pela retirada de átomos de hidrogênio para formar hidroperóxidos e novos radicais de ácidos graxos e assim por diante, levando a oxidação de muitas moléculas de ácidos graxos (ABBEY, 1991; JIALAL & GRUNDY, 1992).

Como resultado da peroxidação de ácidos graxos ocorre a produção de malondialdeído em tecidos submetidos à peroxidação dos ácidos graxos poliinsaturados dentro das membranas fosfolipídicas (PERROTA & SHINAIDER, 1992). A vitamina E (α -tocoferol) fornece átomos de hidrogênio para as membranas celulares e impede a reação em cadeia que se propaga nas membranas lipídicas (TIIDUS et al., 1993).

Alguns trabalhos populacionais e de laboratório são disponíveis para o entendimento do papel desta vitamina na proteção contra os radicais livres. Em um estudo realizado por VANNUCCHI H et al. (1998) com ratos, onde foi provocada lesão de membrana por meio de isquemia mesentérica, observou-se que houve uma diminuição da produção de radicais livres no grupo de animais que receberam dieta suplementada com vitamina E, sendo esta produção aumentada no grupo que recebeu uma dieta deficiente desta vitamina. Neste estudo, foi avaliada a proteção oferecida pela vitamina E à membrana, impedindo a translocação intestinal de *Cândida albicans* e os resultados obtidos levaram a conclusão de que não houve influência da vitamina E na translocação intestinal (MORANDI, 1996). Doses terapêuticas de vitamina E se relacionaram com uma diminuição significativa do risco de doença coronariana em um grande estudo envolvendo cento e vinte mil pessoas, num seguimento de até oito anos. A conclusão deste trabalho se apóia na hipótese de que a LDL oxidada é consideravelmente mais aterogênica do que a LDL nativa e que esta oxidação ocorre *in vivo* em animais e no homem. Animais recebendo antioxidantes mostraram redução de 30 a 80% nas taxas de progressão da lesão em estudos de aterosclerose experimental (STEINBERG, 1992).

CORDEIRO (1996) observou em um estudo utilizando ratos alimentados com dieta normal e deficiente para os níveis de vitamina E, e submetidos à nefrectomia subtotal, valores mais altos de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, sugerindo um importante papel dos radicais livres no desenvolvimento da insuficiência renal crônica. Em outro experimento realizado por VANNUCCHI et al. (1997) foi demonstrado que a deficiência de vitamina E pode desencadear o processo de lipoperoxidação no fígado de ratos.

De acordo com alguns estudos, a vitamina E também exerce efeito modulador tanto nos componentes inflamatórios quanto imune da função imunológica. Em geral, a

deficiência e o baixo conteúdo tecidual desta vitamina aumentam os componentes da resposta inflamatória e suprimem os da resposta imune.

A suplementação dietética de vitamina E causa o efeito oposto. Em estudo realizado por MEYDANI & MEYDANI (1990), indivíduos idosos foram suplementados com 800 unidades internacionais de α -tocoferol por 30 dias. Os resultados mostraram um aumento de 50% na resposta da hipersensibilidade do tipo tardia, 65% de aumento na produção de IL-2 (interleucina-2) e redução do estresse oxidativo indicado por maior decréscimo de TBARS no plasma.

2.3 Ácidos Graxos Monoinsaturados

Os ácidos graxos estão formados de uma cadeia hidrocarbonada, variando no comprimento, de 2 a 20 ou mais átomos de carbono, com um grupo carboxílico (HO C=O) a um extremo da cadeia e um grupo metílico (CH₃) no outro. Os ácidos graxos mais comuns nos alimentos consistem em um número par de átomos de carbono, variando de 12 a 22 carbonos, se bem que, ácidos graxos mais curtos, mais compridos ou com um número ímpar de carbonos têm sido identificados em alimentos preparados (SALEM et al., 1996).

Os ácidos graxos são, freqüentemente, nomeados em forma abreviada de acordo com suas estruturas químicas e são classificados como saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, dependendo do número de duplas ligações. Os ácidos graxos saturados se encontram, predominantemente, em alimentos como carne, ovos, queijo, leite e manteiga, óleos de coco e palma, como também em “shortening” vegetais hidrogenados. O ácido oléico é o mais comum dos ácidos graxos monoinsaturados e se encontra na maioria das gorduras animais, incluindo aves, carne de vaca e cordeiro, bem como em azeitonas, sementes e nozes. Já, os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) se classificam, principalmente, nas séries ômega 6 (ω -6) e ômega 3 (ω -3). O ácido linoléico é o expoente mais importante da série (ω -6) e está presente de forma abundante nos óleos vegetais como óleo de girassol, cártamo, milho, soja, algodão, etc. O ácido α -linolênico, representante da família ω -3, é encontrado em

quantidades apreciáveis em sementes oleaginosas como canola, soja e linhaça (DOLORES, 2003).

No óleo de oliva, predomina o ácido oléico (w-9), além do alto teor de alfa-tocoferol, isômero ativo da vitamina E. O fato de a estrutura molecular do ac. oléico ter somente uma dupla ligação, juntamente com a presença de vitamina E, confere ao óleo de oliva maior proteção contra a peroxidação lipídica. Essa é uma das vantagens associadas ao óleo de oliva que estimularam sua utilização na terapia nutricional (WAITZBERG, 2002).

Os ácidos graxos monoinsaturados também se associam à redução de incidência de doenças cardíacas. O mecanismo provável de sua atuação parece estar relacionado com os níveis plasmáticos e com o transporte de lípidos (DOLORES, 2003).

A substituição de gordura saturada por monoinsaturada em pacientes hiperlipidêmicos e normais, levou a diminuição plasmática das lipoproteínas de baixa densidade – LDL, sem redução das lipoproteínas de alta densidade (HDL), com redução do risco de coronariopatias (WAITZBERG, 2002).

De acordo com RODENA e col. uma suplementação dietética com azeite de oliva extra virgem já é considerada cardioprotetora, pois auxilia na redução dos índices de LDL – colesterol e apolipoproteínas AII. Em seu estudo, testou os efeitos de uma substituição na dieta de 8% de ácido linoléico para oléico, nos níveis séricos de lipoproteínas e LDL – colesterol em mulheres pós menopausadas que consumiam uma dieta rica em gordura. Os resultados comprovaram que os níveis séricos de LDL-colesterol apresentaram uma redução significativa em relação à dieta anterior.

Segundo recomendações da AMERICAN HEARTH ASSOCIATION (2002), o consumo de lípidos dietéticos deve ser inferior a 30% do valor calórico total – VCT. A proporção ideal recomendada de ácidos graxos é de 10% poliinsaturados, 10% saturados e o restante como monoinsaturados. Portanto, o uso elevado de monoinsaturados deve ser visto de forma criteriosa. Embora altas doses destes ácidos graxos monoinsaturados tenham produzidos efeitos satisfatórios no diabetes, câncer e na hiperlipidemia, mais estudos são necessários para verificar sua utilização em outras situações clínicas.

2.4 Obtenção do óleo de abacate

A industrialização do abacate para a produção de óleo apresenta boas perspectivas no Brasil, visto que o fruto de algumas variedades aqui cultivadas como Wagner, Fuerte, Linda e Margarida, contém quantidades apreciáveis de lipídios (em média 20% de óleo na polpa úmida). Além disso, existe a disponibilidade da matéria-prima durante praticamente o ano todo, pois as variedades mais ricas em óleo têm um período de safra entre os meses de Julho e Novembro, enquanto que as variedades com menos quantidade de óleo na polpa (em média 9% na polpa úmida) um período de safra entre os meses de Janeiro e Junho. No período de pico da safra (Março e Abril), o preço da fruta no mercado interno atinge valores muito baixos, devido ao grande volume produzido.

São apontadas algumas vantagens existentes na produção agrícola do abacate quando comparada com a das oleaginosas mais comumente empregadas na produção de óleos comestíveis. Dentre elas, citam-se: maior produção de óleo por unidade de área plantada; aproveitamento de terrenos que por sua topografia mais acidentada não se prestam à mecanização; perenidade da planta; versatilidade agrícola, podendo ser produzido, praticamente, em todas as regiões do país. Por outro lado, a vantagem das oleaginosas é proporcionar, além do óleo, farelos com alto valor protéico, o que não ocorre com o abacate.

O óleo de abacate é constituído de 60 a 84% de ácidos graxos insaturados e se destaca pelo alto teor de ácido oléico (TANGO, 1972). O teor de óleo na polpa varia segundo os diferentes cultivares e dentro de uma mesma variedade pode sofrer variações com a altitude, insolação, queda pluviométrica e a umidade relativa do ar (LUCCHESI, 1975).

A relação entre o teor de óleo e o estado de maturação do fruto também têm sido objeto de estudo por alguns autores. Segundo MONCAYO (1968), quando os frutos chegam ao estado de amadurecimento, o conteúdo de óleo começa a decrescer. TIJERO (1974) cita que o conteúdo de óleo no abacate varia com o grau de maturação do fruto. De acordo com MONTENEGRO (1961) o teor de óleo na polpa do abacate eleva-se progressivamente, desde o início da formação do fruto até a sua maturação.

TANGO et al (2004), estudando o teor de óleo de diferentes cultivares no estado de São Paulo, verificaram que, com o amadurecimento dos frutos, ocorre uma redução do teor de umidade da polpa e, conseqüentemente, há um aumento na percentagem de óleo.

A quantidade de umidade presente na polpa do abacate é um fator importante no rendimento do óleo bruto, de modo que se deve preferir para industrialização as variedades de baixo teor de água, que geralmente, são as que apresentam maior teor de óleo (TIJERO, 1974).

Vários pesquisadores têm estudado processos de extração do óleo do abacate e, com isso, vários processos têm sido propostos, sem que, contudo, nenhum deles tivesse sido totalmente aprovado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Bromatologia e Óleos e Gorduras do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ / USP.

3.2 Matéria-prima

Foram utilizados frutos de abacate da variedade Margarida, provenientes da região de Piracicaba – SP. Os abacates foram colhidos no seu estado de maturação quando ainda se apresentavam firmes. Logo após foram armazenados à temperatura ambiente, até atingirem seu ponto de maturação, ou seja, quando os frutos amolecem e cedem à leve pressão feita com os dedos.

Foi selecionada a variedade Margarida por ser disponível no mercado brasileiro de abacate e apresentar teor de matéria graxa ao redor de 20%.

Para extração do óleo foi utilizado o abacate no seu ponto de maturação, pois segundo alguns autores como MONTENEGRO (1961), o teor de óleo na polpa do abacate eleva-se progressivamente desde o início de formação do fruto até a sua maturação.

3.3 Caracterização da matéria-prima

Para caracterização da matéria-prima foi colhida, ao acaso, uma amostra de 35 frutos, que foram pesados e separados nos seus três componentes: casca, polpa e caroço. Nesse material foram determinados o peso médio e a porcentagem da casca, polpa e caroço.

3.3.1 Peso médio

Foi determinado por pesagem dos frutos e calculada a média. Os resultados foram expressos em gramas.

3.3.2 Porcentagem da casca, polpa e caroço

Foi determinada por separação dos componentes, pesagem e cálculo da média. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3.3 Composição centesimal da polpa de abacate

A composição centesimal da polpa de abacate foi determinada conforme a seguir:

Umidade: determinada em estufa a 100°C e a vácuo (pressão 25mmHg), segundo método de referência 15010 da “Association of Official Analytical Chemists” – AOAC (1975). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Proteína (N x 6,25): determinada pelo método de Kjeldhal, segundo referência da American Association of Cereal Chemists – AACC (1969). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Matéria graxa: determinada por extração com éter de petróleo, segundo o método de referência Bc 3-49, da “American Oil Chemists Society” AOCS (1974). Resultados expressos em porcentagem.

Fibras: foram determinadas pelo método de SCHARRER e KURCHNER, segundo DIERMAIR (1963). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Cinzas: determinadas em muflas a 550°C, segundo método da Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1975). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Carboidratos: obtidos por diferença $100\% - (\% \text{ proteína} + \% \text{ umidade} + \% \text{ fibra} + \% \text{ cinza})$

3.4 Extração do óleo bruto

O óleo bruto foi extraído pelo processo de extração por solvente da polpa seca

em estufa, sendo realizado dois ensaios de extração: um com hexano e acetona na proporção 1:1 e outro somente com o hexano. O fluxograma é apresentado abaixo na figura 2.



Figura 2 - Fluxograma básico do processo de extração do óleo de abacate por solvente

3.5 Neutralização do óleo bruto

A partir do óleo bruto, foram realizados ensaios de neutralização, com soluções de soda em diferentes concentrações: 15, 20, 25, 30 e 35° Bë (Graus Beumë). Cerca de 300g de óleo bruto foi colocado em béquer de 500ml. Em seguida adicionou-se, à temperatura ambiente, a quantidade necessária de solução de soda para neutralizar a acidez com um excesso de 10%, calculada com base na acidez do óleo bruto. A mistura

foi agitada vigorosamente durante 30 minutos. Após este tempo de contato, diminuiu-se a agitação e iniciou-se o aquecimento da mistura até 60°C. Utilizou-se para isso uma chapa de aquecimento com controle de temperatura e agitador magnético com controle de velocidade. Ao atingir a temperatura de 60°C, parou-se a agitação e deixou-se decantar até a separação do sabão (flocos). Para cada concentração de soda testada, observou-se a floculação (formação de flocos) e sua sedimentação.

3.6 Caracterização química dos óleos bruto e neutralizado

Os óleos bruto e neutralizado foram caracterizados através das análises descritas a seguir:

3.6.1 Composição em ácidos graxos

Foi realizada por cromatografia em fase gasosa, com detector de condutividade térmica, utilizando-se como gás de arraste o hélio a uma vazão aproximada de 1,0 ml por minuto, e coluna com suporte de Cromossorio W e fase estacionária de polietileno glicol succinato a 17,5%. Temperatura do detector: 280°C; temperatura do vaporizador: 250°C e temperatura da coluna: 110°C, segundo método de referencia Ce 1-62 da AOCS (1974). Foram injetadas amostras de 2 microlitros de ésteres metílicos dos ácidos graxos. Os ésteres metílicos foram preparados por processo de esterificação segundo o método de referencia Ce 2-66 da AOCS (1974). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.6.2 Índice de acidez

Foi realizado segundo as normas da AOCS-Ca 5a-40 (1983), através da dissolução de amostra de 5 g de óleo em álcool etílico a quente (60-65°C) e titulação com hidróxido de sódio 0,1 N. O volume gasto indicou a porcentagem de ácidos graxos livres (em ácido oléico) determinado através da fórmula:

$$\%AGL = \frac{(\text{ml de hidróxido de sódio} \times 28,2 \times N)}{p}$$

Sendo: N = normalidade da solução de hidróxido de sódio

P = peso da amostra (g)

3.6.3 Índice de iodo

Esta análise foi realizada segundo AOCS-Cd 1b-87 (1990), com a dissolução de amostras de 0,2 a 0,22 g de óleo em ciclohexano e ácido acético e em solução de Wijs, durante 60 minutos no escuro e titulação com solução de tiosulfato de sódio 0,1 N e goma de amido, após adição de KI 15% em excesso e água destilada. Pela diferença de volumes gastos na titulação do branco e da amostra, foi obtido o número de mg de iodo absorvido por 100 mg de óleo.

$$I.I. = \frac{[(B-A) \times 12,69 \times N]}{P}$$

Sendo: B = ml de tiosulfato de sódio gastos com o branco

A = ml de tiosulfato de sódio gastos com a amostra

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio

p = peso da amostra

3.6.4 Índice de peróxido

Segundo as normas da AOCS-Cd 8-53 (1983), o índice de peróxido foi realizado através da dissolução de amostras de 5 g de óleo em solução de ácido acético (3:2) e adição de solução de iodeto de potássio saturada, seguida de titulação com solução de tiosulfato de sódio 0,01 N. O volume gasto após a adição da goma de amido indicou a concentração de peróxidos em meq/Kg, através da fórmula:

$$IP = \frac{[N \times (\text{ml de tiosulfato amostra} - \text{ml de tiosulfato branco}) \times 1000]}{P}$$

Sendo: N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio

p = peso da amostra (g)

3.6.5 Índice de saponificação

Foi determinado por titulação, segundo referencia Cd 3-25 da AOCS (1974). Os resultados foram expressos em miligramas de hidróxido de potássio necessários para saponificar 1 grama de amostra.

3.6.6 Matéria insaponificável

A metodologia oficial internacional para obtenção da matéria insaponificável recomenda a lavagem do extrato insaponificável com água destilada para remoção do resíduo de sabão. Esta etapa não foi realizada em função da formação de emulsão e aumento da possibilidade de perdas dos analitos. Recomenda-se ainda tratar as placas cromatográficas com solução alcoólica de KOH a 0,2 N. Porém, com o uso de placas preparativas confeccionadas artesanalmente tal procedimento tornou-se impraticável em função da fragilidade da sílica impregnada. Foram testados isolamentos da fração esteróica utilizando placas industrializadas previamente tratadas com KOH e placas preparativas sem tratamento, observando-se que em placas não tratadas a separação mostra-se eficiente e não gera dúvidas quanto à delimitação da banda de fitosteróis.

3.6.7 Composição de esteróis totais

Foi determinada a composição e conteúdo de esteróis totais mediante cromatografia em fase gasosa com coluna capilar Regulamento da Comunidade Européia (2003). Esta metodologia está resumidamente apresentada nas Figuras 3 e 4, com as seguintes modificações: (i) dispensou-se a etapa de lavagem do extrato

insaponificável com água destilada para remoção do resíduo de sabão (ii) as placas cromatográficas não foram tratadas com solução alcoólica de KOH a 0,2 N; (iii) a etapa de derivatização dos esteróis não foi realizada. Condições cromatográficas: Temperaturas do injetor, forno e detector de 280°C, 300°C e 300°C, respectivamente; fluxo de Hélio de 1,1 mL/ min; Pressão na coluna: 25,86 psi; Velocidade média: 35 cm/ s; Hidrogênio: 30 mL/ min; Ar: 300 mL/ min; Make up (N2)= 20 mL/ min; Split: 50:1; Volume de injeção: 1 μ L; Tempo de corrida: 30 minutos.

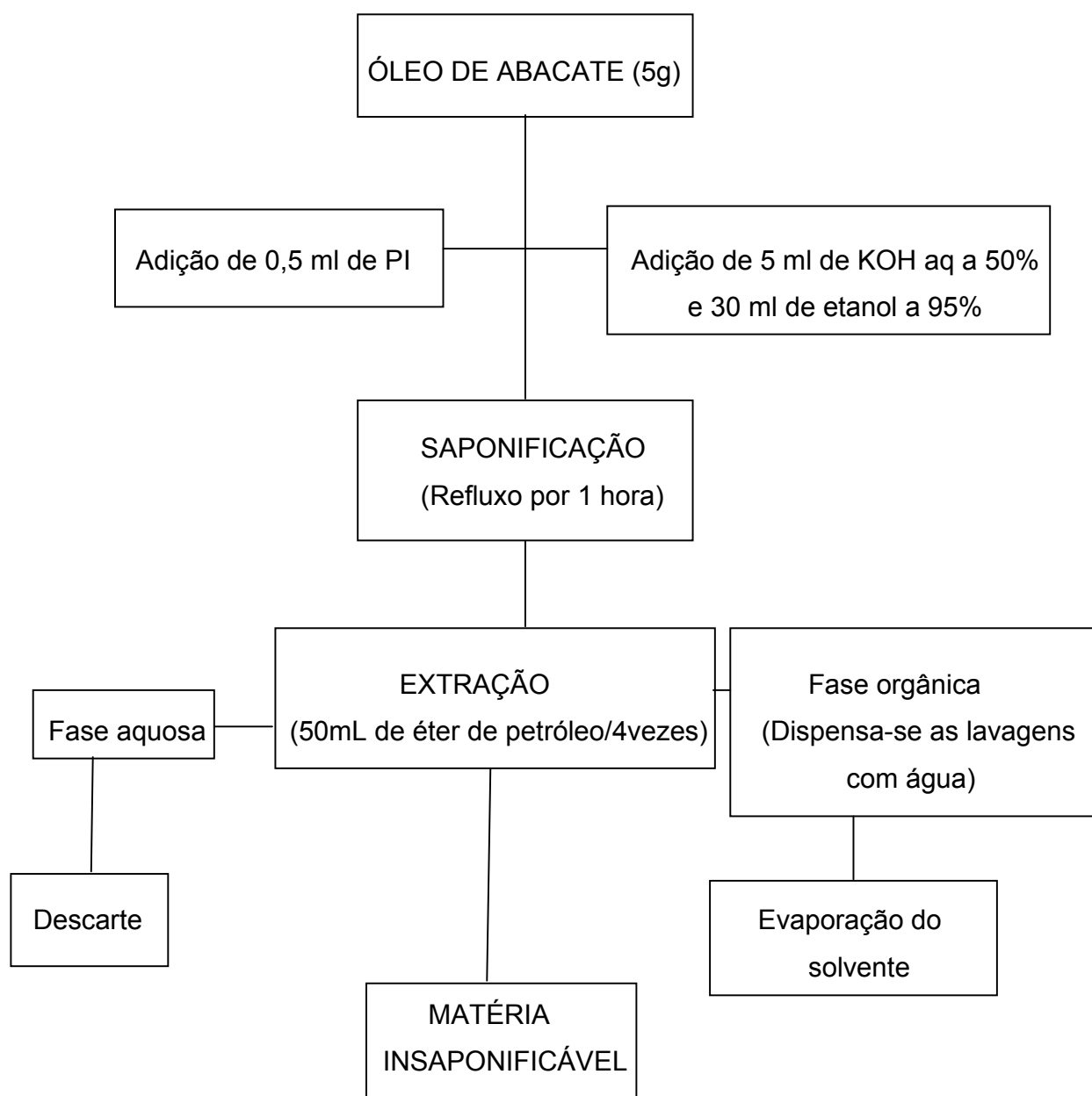


Figura 3 - Principais etapas para a obtenção da matéria insaponificável do óleo de abacate

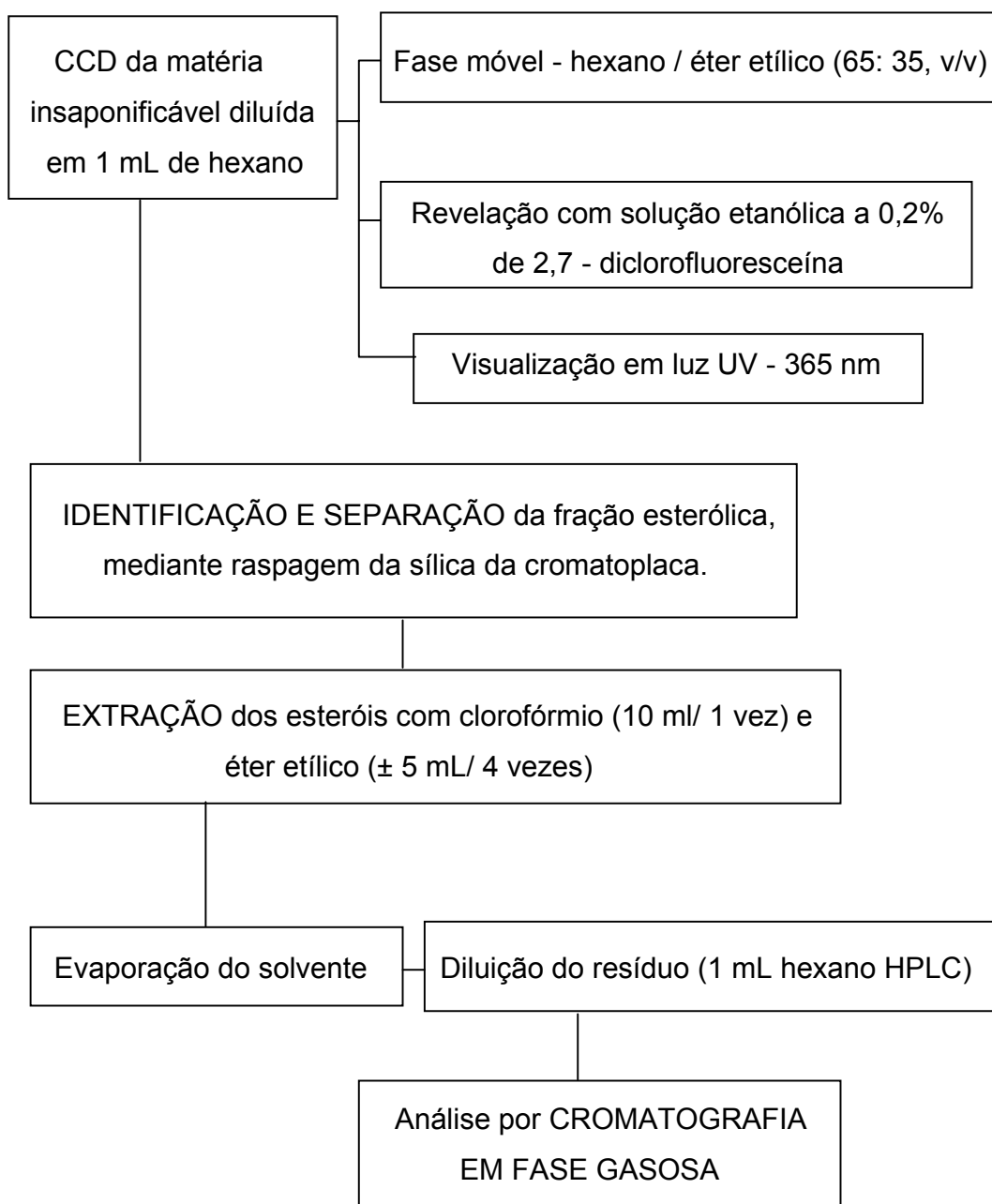


Figura 4 - Principais etapas para o isolamento e recuperação da fração esterólica em óleo de abacate, partindo-se da cromatografia em camada delgada (CCD)

3.6.8 Vitamina E

A determinação da concentração de tocoferol no óleo de abacate foi realizada através da referência AOCS Ce 8-89. Posteriormente, as amostras foram injetadas no aparelho de cromatografia líquida de alta eficiência com um *loop* de vinte microlitros, tendo como fase móvel hexano e isopropanol (98,8/1,2) com fluxo de 0,6 ml por minuto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da matéria-prima

Pela pesagem de 35 frutos determinou-se um peso médio de 607 gramas. Na tabela 1 abaixo são mostrados os valores correspondentes à proporção dos componentes casca, polpa e caroço no fruto.

Na tabela 2 encontram-se os resultados da composição centesimal da polpa. Relacionando os resultados, verifica-se que o teor de óleo do abacate está concentrado na polpa e, sendo esta o principal componente da fruta (66%), pode-se confirmar que a variedade Margarida se constitui uma importante matéria-prima para extração do óleo.

Quanto aos demais componente presente na polpa, ressalta-se o valor reduzido de proteínas e o alto teor de fibras.

Tabela 1 - Proporção da casca, polpa e caroço presentes no abacate

	Componentes do fruto		
	Casca	Polpa	Caroço
Proporção (%)	11,2	66,0	22,8

Tabela 2 - Composição centesimal da polpa

Determinações	Polpa
Umidade (%)	58,35
Proteína (N x 6,25) (%)	2,54
Matéria Graxa (%)	26,31
Fibras (%)	4,85
Cinzas (%)	0,60
Carboidratos (%)	7,25

4.2 Extração do óleo bruto

O óleo bruto, extraído no primeiro ensaio com hexano e cetona (1:1), apresentou uma coloração verde intensa, porém límpida, odor característico e sabor amargo. Já o óleo extraído no segundo ensaio com hexano, solidificou-se, apresentando características de pomada à temperatura ambiente.

4.3 Neutralização do óleo bruto

Na tabela 3 encontram-se os resultados do teste de neutralização do óleo bruto de abacate com soluções de soda em diferentes concentrações. A partir da concentração de 30°Bê (23,67g NaOH/100g) se obteve uma floculação mais rápida e firme, sem formação de emulsão e com boa sedimentação da borra (sabão). Nos ensaios com baixa concentração de soda, houve pouca formação de flocos de sabão, sendo estes de tamanho muito pequeno. Na concentração mais alta, houve saponificação do óleo, o que dificultou a separação da borra do óleo neutro.

Tabela 3 - Resultados do teste de neutralização do óleo bruto de abacate, com soluções de hidróxido de sódio em diferentes concentrações

Amostra	Solução de NaOH		Formação de sabão (floculação) e sedimentação
	°Bê	% NaOH	
1	15	10,06	Não formou flocos
2	20	14,37	Não formou flocos
3	25	18,58	Flocos pequenos - pequena sedimentação
4	30	23,67	Flocos firmes – boa sedimentação
5	35	28,83	Saponificação do óleo neutro

4.4 Caracterização química dos óleos bruto e neutralizado

Na tabela 4 são mostrados os resultados da análise de ácidos graxos por cromatografia do óleo bruto extraído por solvente, bem como as especificações do Mercado Internacional de óleo bruto de abacate e a composição de ácidos graxos do

óleo da polpa de diferentes variedades de abacate, disponíveis na literatura científica. De acordo com os dados da tabela, verifica-se que o óleo de abacate estudado, contém uma quantidade menor de ácido oléico quando comparado aos óleos extraídos das variedades Wagner, Fuerte e Quintal, mas encontra-se dentro dos limites do padrão internacional. De acordo com MEDINA (1978) isso acontece quando o abacate é colhido até trinta dias antes da sua colheita normal.

Já a quantidade dos ácidos graxos linoléico e linolênico no óleo da variedade Margarida é bem maior em relação aos óleos das outras variedades

Tabela 4 - Composição em ácidos graxos do óleo bruto de abacate da variedade Margarida, extraído por solvente, comparado com as especificações do Mercado Internacional de óleo bruto de abacate e resultados da composição de diferentes variedades de abacate

% Ácidos Graxos	Óleo da variedade Margarida	Padrão internacional	Óleo da variedade Wagner	Óleo da variedade Quintal	Óleo da variedade Fuerte
Mirístico	0,13	Max 1,0	0,02	-	0,04
Palmítico	22,74	Max 13,0	20,53	19,86	20,84
Palmitoléico	3,92	Max 3,5	4,64	4,20	5,63
Estearico	1,07	Max 1,0	0,50	0,86	0,69
Oléico	55,81	Max 78,0	66,47	66,20	62,99
Linoléico	15,30	Max 12,0	7,09	8,85	9,35
Linolênico	1,03	Max 1,0	0,79	-	0,37

Na tabela 5 foi feita uma comparação entre a composição de ácidos graxos do óleo de abacate da variedade Margarida com o azeite de oliva, cuja composição foi extraída da Tabela do USDA, 2005. Nota-se que o óleo de abacate caracteriza-se pela alta porcentagem de ácido oléico, assemelhando-se muito com o azeite de oliva (TANGO, 2004). Além disso, a quantidade dos ácidos linoléico e linolênico também são muito semelhantes ao azeite.

Tabela 5 - Comparação entre a composição de ácidos graxos do óleo de abacate da variedade Margarida e o azeite de oliva

% Ácidos Graxos	Óleo abacate variedade Margarida	*Azeite de oliva
Mirístico	0,13	-
Palmítico	22,74	10,8
Palmitoléico	3,92	-
Esteárico	1,07	3,8
Oléico	55,81	69,5
Linoléico	15,30	14,9
Linolênico	1,03	0,6

*Fonte: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 18 (2005)

Os óleos bruto e neutralizado apresentaram as características químicas encontradas na Tabela 6. Os resultados das análises químicas dos óleos bruto e neutralizado estão em conformidade com os resultados encontrados por MEDINA (1978), com exceção do índice de iodo. De acordo com MEDINA (1978) os teores de ácidos graxos livres e matéria insaponificável, assim como os índices de iodo e saponificação variam de acordo com as cultivares e dentro de uma mesma variedade também são influenciados pelas localidades de cultura e pelas condições climáticas do ano agrícola. Por isso, essa diferença se deve a utilização de variedades de abacates diferentes, pois em alguns experimentos foi utilizada a variedade Fuerte e em outros variedades de origem africana.

Quando os resultados da caracterização química do óleo bruto foram comparados com o Padrão Internacional para óleo bruto de abacate, nota-se que o índice de peróxido está acima do máximo permitido, que é de 5,0 meq O₂/Kg amostra. Entretanto, quando se compara esse resultado com as resoluções da Comissão Nacional de Normas e Padrões de Alimentos – CNNPA do Ministério da Saúde, verifica-se que esse resultado se encontra no limite permitido, que é de 20,0 meq O₂/Kg amostra, para óleo bruto. Esse resultado demonstra que, durante a extração, houve poucas alterações oxidativas.

Importante salientar que as resoluções da CNNPA não fazem nenhuma alegação para óleo de abacate, já que esse produto não é comercializado no Brasil. Mas esse valor é permitido para óleos brutos e se aplica a todos os óleos comestíveis no país.

Tabela 6 - Caracterização química dos óleos bruto e neutralizado

Determinações	Óleo bruto	Óleo neutralizado
% AGL	0,91	0,36
Índice de Peróxido (meq O ₂ /Kg)	20,58	9,71
Índice de Iodo (mg I/100 mg)	96,31	92,90
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	184,10	181,68
Matéria Insaponificável (%)	1,72	1,60

A tabela 7 apresenta a composição de esteróis do óleo de abacate da variedade Margarida comparado com a composição de esteróis de óleos obtidos das variedades Fuerte e Waldin, disponíveis na literatura científica consultada. Ressalta-se que o óleo da variedade Margarida destaca-se em relação às demais, pelo seu alto teor de beta-sitosterol e campesterol, com a vantagem de possuir menor quantidade de colesterol.

Importante ressaltar que vários estudos científicos (MATVIENKO et al., 2002; TAPIERO et al., 2003; NATIONAL INSTITUTE OF NUTRITION, 1998) demonstram que a presença desses fitoquímicos em alimentos auxilia no controle dos níveis séricos de colesterol. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa/ Ministério da Saúde/ Brasil, estabeleceu uma alegação horizontal para os fitosteróis. Essa alegação permite dizer que *“Os fitoesteróis auxiliam na redução da absorção de colesterol. Seu consumo deve estar associado a uma dieta equilibrada e hábitos de vida saudáveis”*.

Tabela 7 - Compostos presentes na fração esterólica do óleo de abacate, em g/100g de esteróis totais

Esteróis	Variedades abacate		
	Margarida	Fuerte	Waldin
Colesterol	0,3	1,8	2,3
Campesterol	6,6	6,3	4,9
Stigmasterol	1,5	0,8	1,1
Beta-sitosterol	71,8	8,7	83,7
Delta-5-avenasterol	7	1,8	5,8
Sitostanol	6	-	-
Clerosterol	13,4	-	-
Campestanol	0,7	-	-
Outros	2,7	-	-

Na tabela 8, estão presentes os resultados da composição em esteróis do óleo de abacate da variedade Margarida comparados à composição de esteróis de azeite de oliva, cuja composição química foi extraída da Tabela do USDA, 2005. O azeite de oliva foi escolhido para comparação, por ser muito consumido e por ser uma das maiores fontes de fitosteróis entre os óleos disponíveis no mercado. Observando a Tabela 8 verifica-se que, embora as quantidades de campesterol e estigmasterol presentes no óleo de abacate estudado sejam inferiores às quantidades presentes no azeite de oliva, a quantidade de β -sitosterol presente em ambos é muito semelhante. Fator muito importante, pois o β -sitosterol é o esterol presente em maior quantidade no azeite de oliva e responsável pela redução dos níveis séricos de LDL-colesterol.

Segundo GROB & LANFRANCHI, a composição em esteróis é um importante parâmetro para auxiliar na identificação de adulteração do azeite de oliva. O CODEX ALIMENTARIUS (1993) estabelece que a composição em esteróis do azeite de oliva é o resultado do somatório do β -sitosterol (93%), campesterol (4,0%) e colesterol (0,5%) para os três tipos de azeite: virgem, refinado e de extração refinado.

De acordo com os resultados encontrados por PEIXOTO, E.R.M.; SANTANA, D.M.N.; ABRANTES, S. (1998), que avaliou o índice de identidade de algumas

amostras de azeite de oliva nacionais, nenhuma delas envasada no Brasil atendeu ao estabelecido no CODEX ALIMENTARIUS (1993). Isso significa que o azeite envasado no Brasil está sendo adulterado. Os resultados encontrados nas amostras nacionais mostraram que, provavelmente, todas as amostras estão adulteradas com óleo de soja, por ser um óleo de baixo valor comercial e com grande produção. Isso reforça ainda mais a possibilidade de inserir o óleo de abacate puro para uso comestível como substituto do óleo de oliva ou produzir o óleo de oliva e abacate mesclado, oferecendo ao consumidor brasileiro um produto de qualidade superior, de menor custo.

Tabela 8 - Comparação da composição de esteróis do óleo de abacate da variedade Margarida com a composição de esteróis do azeite de oliva

Esteróis	Óleo de abacate (Margarida)	*Azeite de oliva
Campesterol	6,6	14,35
Estigmasterol	1,5	16,61
B-sitosterol	71,80	69,04

*Fonte: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 18 (2005)

O conteúdo de vitamina E encontrado no óleo de abacate da variedade Margarida foi de 6,04mg, sob a forma de α -tocoferol. De acordo com a Resolução nº269, de 22 de setembro de 2005, que estabelece a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais para adultos, a IDR para a vitamina E é de 10mg de α -tocoferol. Diante disso, conclui-se que o óleo de abacate da variedade estudada é uma excelente fonte desta vitamina, pois 100ml deste óleo atende 60% das necessidades diárias de um adulto.

Segundo a Portaria nº27, de 13 de janeiro de 1998, que estabelece diretrizes para os alimentos que utilizam informação nutricional complementar, para ser considerado alimento rico ou com alto teor de uma determinada vitamina, o mesmo precisa oferecer no mínimo 15% do valor correspondente ao previsto na Tabela de Ingestão Diária Recomendada (IDR) e divulgada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Portanto, caso esse óleo venha ser comercializado no varejo, é possível utilizar essa alegação em sua rotulagem.

5 CONCLUSÕES

- A extração e refinação do óleo de abacate a partir de frutos da variedade Margarida são processos tecnicamente viáveis.
- Entre os solventes utilizados na extração, o hexano e a cetona na proporção 1:1, apresentaram melhores resultados, tanto no rendimento quanto nas características gerais do óleo.
- Nos ensaio de neutralização, pôde-se avaliar que a melhor concentração de solução de NaOH foi de 30°Bé (23,67g NaOH/100g), onde se obteve uma floculação mais rápida e firme, sem formação de emulsão e com boa sedimentação da borra (sabão), não afetando o rendimento do óleo neutralizado.
- O óleo de abacate da variedade Margarida encontra-se dentro dos limites do padrão internacional para ácido oléico e possui valores elevados de ácido linolênico quando comparado aos óleos de outras variedades.
- De acordo com o resultado das análises de composição de esteróis, o óleo de abacate destaca-se pelo alto teor de beta-sitosterol e campesterol, podendo ser utilizado em substituição ao azeite de oliva ou como matéria-prima para a indústria alimentícia.
- De acordo com o conteúdo de vitamina E (sob a forma de α -tocoferol) encontrado no óleo de abacate da variedade estudada, conclui-se que este óleo é uma excelente fonte desta vitamina, pois 100ml do alimento atende 60% das necessidades diárias de um adulto.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of american association of cereal chemists**. 7thed. St. Paul:Minnesota, A.A.C.C. Publ, 1969.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION. **Heart and stroke statistical update**. Dallas: American Heart Association, 2001. p.1-38.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official and tentative methods**. 3thed. Champaign: A.O.C.S., 1983.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society**. 4thed. Champaign: A.O.C.S., 1990.
- AOCS. **Official methods and recommended practices of the american oil chemists society**. Champaign, 1974. 111p.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16thed. Washington: AOAC, 1975. 1018p.
- ABBEY, M. Antioxidant vitamins and low-density- lipoprotein oxidation. **American Journal Clinical Nutrition**, Austrália, n.53, p.201-205, 1991.
- BENDICH, A. Vitamins and immunity. **Journal of Nutrition**, Boston,122, p.601-603, 1992.
- CARDOSO, A.M.; MATTOS, I.E.; KOIFMAN, R.J. Prevalência de fatores de risco para doenças cardiovasculares na população Guaraní-Mbyá do Estado do Rio de Janeiro. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, mar./abr. 2001, v.17, n.2, p.345-354, 2001.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION - FAO/WHO. **Codex Alimentarius**. Fats, oils and related products. 2nded. Roma: Secretariat of the Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 1993. v.8. 133p.
- COMMITTEE ON DIET AND HEALTH. Diet and health implications for reducing chronic disease risk. National Academy Press, Washington DC: 1989.
- CORDEIRO, M.B.C. Aumento da atividade da superóxido dismutase no eritrócito de retos deficientes em vitamina E e submetidos a nefrectomia subtotal. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO (SBAN), 1996. São Paulo. **Resumos...** São Paulo: SBAN, 1996. 135p.
- CORONELLI, C.L.S.; MOURA, E.C. Hipercolesterolemia em escolares e seus fatores de risco. **Revista de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.37, n.1, p.24-31. Fev, 2003.

DOLORES BERNAL GÓMEZ, M.E., de los. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa.** 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Ciência) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GERBER, Z.R.S.; ZIELINSKY, P. Fatores de risco de aterosclerose na infância: um estudo epidemiológico. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, n.69, p.231-236, 1997.

GOODE, H. F.; WEBSTER, N. R. Free radicals and antioxidants in sepsis. **Critical Care Medicine**, Cambridge, v.21, n.1, p.1770-1776, 1993.

GROB, K.; LANFRANCHI, M. Determination of Free and Esterified Sterols and of Wax Esters in Oils and Fats by Coupled Liquid Chromatography-GasChromatography. **Journal of Chromatography**, v.471, p.397-405, 1989.

HALLIWEL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Free radicals in biology and medicine. 2nded. Oxford: Clarenton Press, 1989. 119p

HICKS, K.B; MOREAU, R.A. Phytosterols and phytostanols: functional food cholesterol busters. **Food Technology**, Champaign, v.55, n.1, p.63-67, 2001.

JIALAL, I.; GRUNDY, S.D. Influence of antioxidant vitamins on LDL oxidation. **Annals of the New York Academy Sciences**, New York, n.30, p.237-248, 1992.

KUUST, G.H.; VANHANEN, H.; MIETTINEN, T.A. Apolipoprotein E phenotype and cholesterol metabolism in familial hypercholesterolemia. **Atherosclerosis**, Ireland. n.80, p.27-32, 1989.

LAW, M. Plant sterol and stanol margarines and health. **British Medical Journal**, London, n.320, p.861-864, 2000.

LOTTENBERG, AMP.; NUNES, VS.; NAKANDAKARE, ER.; NEVES, M.; BERNIK, M.; SANTOS, JE. Eficiência dos ésteres de fitosteróis alimentares na redução dos lipídios plasmáticos em hipercolesterolêmicos moderados. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v.79, n.2, p.1-4, 2002.

LUCCHESI, A.A. Evolução do teor de óleo em frutos do abacateiro em diferentes regiões do Estado de São Paulo. 1975. 91p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1975.

MATVIENKO, O.A.; LEWIS, D.S.; SWANSON, M.; ARNDT, B.; RAINWATER, D.L.; STEWART, J.; ALEKEL, D.L. A single daily dose of soybean phytosterols in ground beef decreases serum total cholesterol and LDL cholesterol in young, mildly hypercholesterolemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v.76, n. 1, p.57-64, July 2002.

MEDINA, J.C. Abacate: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: Ital, 1978. 255p.

MEYDANI, S.N.; MEYDANI, M. Micronutrient and immune function in elderly. **Annals of the New York Academy Sciences**, New York, n.587, p.196-207, 1990.

MIETTINEN, T.A.; VANHANEN, H. Dietary sitostanol related to absorption, synthesis and serum level of cholesterol in different apolipoprotein E phenotypes. **Atherosclerosis**, Ireland, n.105, p.217-226, 1994.

MONTENEGRO, H.W.S., A cultura do abacateiro. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1961.102p.

MONCAYO, P.Z. El contenido de aceites en variedades de aguacate cultivadas en el Ecuador. 1968. 42p. Tesis de grado – Faculdade de Engenharia Agrônômica e Medicina Veterinária, Quito, 1968.

MORANDI, M. V. Estudo da translocação de *Cândida albicans* provocada pela isquemia mesentérica em ratos e o efeito protetor da vitamina E. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO (SBAN), 4., 1996. São Paulo. **Resumos...**São Paulo: SBAN, 1996. p.151.

MOREAU, R.A.; WHITAKER, B.D.; HICKS, K.B. Phytosterols, phytostanols and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. **Progress in Lipid Research**, Wyndmoor, v.41, n.6, p.457-500, 2002.

MORENO, J.J.; CARBONELL, T.; SANCHEZ, S.; MIRET, S.; MITJAVILA, T. Olive Oil Decreases both Oxidative Stress and the Production of Arachidonic Acid Metabolites by the Prostaglandin G/H Synthase Pathway in Rat Macrophages. **Journal of Nutrition**, Barcelona, n.131, p.2145-2149, 2001.

MOURA, E.C.; CASTRO, C.M.; MELLIN, A.S.; FIGUEIREDO, D.B. Perfil lipídico em escolares de Campinas, SP, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, n.34, p.499-505, 2000.

NATIONAL INSTITUTE OF NUTRITION. **Functional foods and safety in the news**. Summer, 13; 1998.

NAVEH E.; WERMAN M.J.; SABO E.; NEEMAN I. Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol. **Journal of Nutrition**, Haifa, v.132, p.2015-2018, 2002

NIKI, E.; YAMAMOTO, Y.; KOMURO, E.; SATO, K.. Membrane damage due to lipid oxidation. **American Journal Clinical Nutrition**, Tokyo, v.53, p201s-205s, 1996.

OLIVEIRA, C.C.S.; OLIVEIRA, G.S.N.; SOUSA, R.I.L.; SOUSA, R.M.D.; PINELI, L.L.O. Avaliação das características sensoriais de polpada de abacate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, II., 2003. Piracicaba. **Resumos...**São Paulo: USP, 2003. 1 CD ROOM.

PERROTA, V.; SHINAIDER, A. Radicais livres de oxigênio: Importância na fisiopatologia das lesões isquêmicas viscerais. **Anais da Academia Brasileira de Medicina, São Paulo**, v.152, n.1, p.22-27, 1992.

PEIXOTO, E.R.M.; SANTANA, D.M.N.; ABRANTES, S. Identity and quality index evaluation of olive oil - proposed to brazilian laws atualization. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Oct./Dec. Campinas, v.18, n.4, p.444-452, 1998.

Regulamento (CE) nº 1989/2003 DE LA COMISIÓN de 6 de noviembre de 2003 por el que se modifica el Regulamento (CEE) nº 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis.

SALEM Jr., N.; SIMOPOULOS, A.P.; GALLI, C.; LAGARDE, M.; KNAPP, H.R. Fatty acids and lipids from cell biology to human disease. **Lipids**, Champaign, v.31, p.S1-S326, 1996.

SANTOS, L.C. dos. Estudo sobre a refinação do óleo de abacate (*Persea americana mill*) da variedade Wagner. 1985. 66p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

SALGADO, J.M.; BIN, C.; CORNÉLIO, A.R. Efeito do abacate (*Persea americana Mill*) variedade Hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos: versão preliminar. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 6., 2005. Campinas. **Anais...** Campinas, UNICAMP, 2005. 1 CD ROOM.

SALGADO, J.M. **Alimentos Inteligentes**. São Paulo: Editora Prestígio, 2005.p.32-38.

SOARES, S.E.; MANCINI FILHO, J.; DELLA MODESTA, R.C. Sensory detection limits of avocado oil in mixtures with olive oil. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 32, n. 5, p. 509-516, 1992.

STEINBERG, D. Antioxidants in the prevention of human atherosclerosis. **Circulation**, Dallas, v.85, n.6, p.2337-2344, 1992.

TALL A.; WELCH, C.; APPLEBAUM-BOWDEN, D.; WASSEF, M. Interaction of diet and genes in atherosclerosis. **Arterioscler Thrombosis and Vascular Biology**, Dallas, n.17, p. 3326-3331, 1997.

TANGO, J.S.; CARVALHO, C. R.; LIMONTA, S.N.B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, Abr, v.26, n.1, p.17-23, 2004.

TANGO, J. S.; COSTA, S. I.; ANTUNES, A. J.; FIGUEIREDO, I. B. Composition du fruit et de l'huile de différentes variétés d'avocats cultivés dans l'Etat de São Paulo, **Fruits**, Paris, v. 27, p. 143-146, 1972.

TAPIERO, H.; TOWNSEND, D.M.; TEW, K.D. Phytosterols in the prevention of human pathologies. **Biomedical Pharmacotherapy**, Chatenay Malabry, Oct; n.57, v.8, p.321-325, 2003.

TIIDUS, P. M.; BEHRENS, W.A.; MADERE, R.; KIM, J.J.; HOUSTON, M.E. Effects of vitamin E status and exercise training on tissue lipid peroxidation based on two methods of assessment. **Nutrition Research**, Tany Toun n.13, p.189-193, 1993.

TIJERO, R.F. Cultivo del palta. Servicio de investigacion y promocion agraria. **Boletim Técnico do Ministério da Agricultura**, Lima, v. 52, p.1-24, 1974.

TURATTI, J. M.; SANTOS, L. C. dos; TANGO, J. S.; ARIMA, H. K. Caracterização do óleo de abacate obtido por diferentes processos de extração. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 22, p. 267-284, 1985.

UNLU N.Z.; BOHN T.; CLINTON S.K.; SCHWARTZ S.J. Carotenoid absorption from salad and salsa by humans is enhanced by the addition of avocado or avocado oil. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, Mar; n.135, p.431-436, 2005.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Agricultural Research Service. Nutrient Database of Standard Reference, 18th ed. U.S.D.A. 2005.

VANNUCCHI, H.; MOREIRA, E.A.M.; CUNHA, D.F. da; JUNQUEIRA-FRANCO, M.V.M.; BERNARDES, M.M.; JORDÃO, A.A. Effect of different dietary levels of vitamin E on lipid peroxidation in rats. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, n.47, p.34-37, 1997.

VANNUCCHI H.; MOREIRA, E.A.M.; CUNHA, D.F. da; JUNQUEIRA-FRANCO, M.V.M.; BERNARDES, M.M.; JORDÃO, A.A. Role of nutrients on lipid peroxidation and antioxidant defense system. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO CLÍNICA. III., **Resumos...**Ribeirão Preto. USP, 1998, p.31-44.

WAITZBERG, D. Gorduras. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2002, c.4, p.55-78.

WERMAN, M.J.; NEMAN, I.; MOKADY, S. Avocado oils and hepatic lipid metabolism in growing rats. , London, v.29, n.2, p.93-9, 1991.