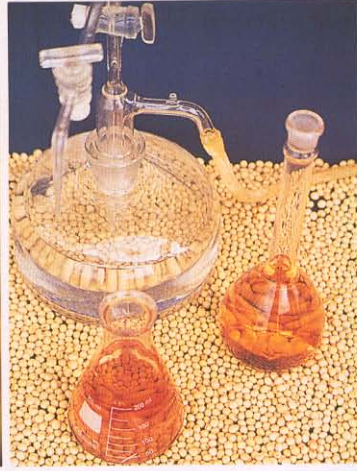




EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA – CNPSO
Londrina, PR

SOJA

Composição Química,
Valor Nutricional
e Sabor





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

presidente

ITAMAR AUGUSTO CAUTIERO FRANCO

ministro da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária
SINVAL GUAZELLI

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

presidente

MURILO FLORES

diretores

ELZA ANGELA BATTAGGIA BRITO DA CUNHA

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PERES

MÁRCIO DE MIRANDA SANTOS (interino)

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA

chefe

FLÁVIO MOSCARDI

chefe adjunto técnico

ÁUREO FRANCISCO LANTMANN

chefe adjunto administrativo

SÉRGIO ROBERTO DOTTO

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas ao:

Setor de editoração do CNPSO

Caixa Postal 1061 - CEP 86.001-970

Fone: (043) 320-4166 - Fax: (043) 320-4186

Londrina, PR

As informações contidas neste documento somente poderão ser reproduzidas com a autorização expressa do Setor de Editoração do CNPSO.

impresso no Setor de Editoração do CNPSO

(Documentos, 70)

ISSN 0101-5494



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA

Centro Nacional de Pesquisa de Soja – CNPSO

Londrina, PR

SOJA

Composição Química, Valor Nutricional e Sabor

José Renato Bordingnon

José Marcos Gontijo Mandarinno

Londrina, PR

1994



comitê de publicações

CARLOS CAIO MACHADO
ÁLVARO MANOEL RODRIGUES DE ALMEIDA
BEATRIZ SPALDING CORREA-FERREIRA
IVAN CARLOS CORSO
JOSÉ RENATO B. FARIAS
NORMAN NEUMAIER
SARA PICCININI DOTTO

setor de editoração

CARLOS CAIO MACHADO – responsável
DIVINA M. BOAVENTURA – digitação
EDNA DE S. BERBERT – digitação
SANDRA REGINA – composição
SARA PICCININI DOTTO – revisão
DANILO ESTEVÃO – arte final
HÉLVIO B. ZEMUNER – fotomecânica
AMAURI P. FARIAS – impressão e acabamento

lay-out e fotos da capa

VERA LÚCIA EISSLER – CNPFlorestas

tiragem

1.000 EXEMPLARES

BORDINGNON, J.R. & MANDARINO, J.M.G. **Soja:** composição química, valor nutricional e sabor. Londrina : EMBRAPA-CNPSO, 1994. 32p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 70).

1. Soja-Valor nutritivo. 2. Soja-Composição química. 3. Soja-Aceitabilidade. 4. Soja-Lipoxigenase. 5. Soja-Isoenzimas. 6. Soja-Proteína. I. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. II. Título. III. Série.

CDD: 581.192

Apresentação

Há quanto tempo se tem falado sobre soja como componente da dieta humana? Historicamente, a soja é consumida no Oriente desde 3.000 anos A.C.. No Ocidente, a fração óleo é altamente consumida, enquanto que sua fração protéica, utilizada como ração animal, fornece, indiretamente, proteína animal. Estas vantagens são indiscutíveis. Mas, num país onde há 32 milhões de miseráveis e, portanto, em situação de fome absoluta, por que não se consome a fração protéica, diretamente? Soja no Brasil é disponível, o país é o 2º produtor mundial desta leguminosa.

Dentro do enfoque de incrementar o consumo de soja no Brasil, informações sobre o sabor são necessárias, porque auxiliam na remoção do principal empecilho à aceitação da soja como alimento.

Publicações que divulgam a soja são sempre necessárias, porque, além de promoverem sua utilização, justificam cientificamente o porquê da recomendação do uso da soja para o consumo humano. Esta revisão condensa informações sobre composição química, valor nutricional e sabor da soja, esclarecendo a ação catalítica e métodos de determinação da enzima lipoxygenase, importante constituinte do sabor em soja.

Com este objetivo, o Centro Nacional de Pesquisa de Soja apresenta este documento, a fim de esclarecer e orientar os diferentes segmentos envolvidos com produção e utilização de soja no país.

Vários fatores são citados como empecilhos à ampla aceitação da soja. O sabor característico é a principal limitação à aceitabilidade desta leguminosa. Também a falta de hábito de consumo, o não conhecimento do modo de utilização e até preconceitos, servem de entraves à utilização, em grande escala, do produto. Porém, todos estes obstáculos são solucionáveis pela pesquisa.

Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi
Pesquisadora do CNPSo

Sumário

SOJA: Composição Química, Valor Nutricional e Sabor	7
1 INTRODUÇÃO	7
2 A SOJA	9
2.1 Histórico	9
2.2 A difusão da soja	10
2.3 Composição química do grão de soja	11
2.4 Valor nutricional	12
2.5 Aceitabilidade da soja	13
3 LIPOXIGENASE	14
3.1 Histórico	14
3.2 Isozimas	16
3.3 Funções fisiológicas	16
3.4 Determinação da atividade da lipoxigenase	17
3.5 Mecanismo de reação da lipoxigenase, formação e degradação dos hidroperóxidos	18
3.6 Processos utilizados para a inativação ou remoção das lipoxigenases	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

SOJA:

Composição Química, Valor Nutricional e Sabor

*José Renato Bordignon*¹
*José Marcos Gontijo Mandarinó*²

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma excelente fonte de proteínas de baixo custo e de elevada qualidade. Entretanto, possui alguns constituintes indesejáveis que reduzem a sua aceitabilidade como alimento **in natura**. Dentre estes destacam-se os inibidores de tripsina, ácido fítico, lipoxigenases, fitohemaglutininas ou lectinas dentre outros.

As lipoxigenases (E.C.1.13.11.12) são enzimas que catalizam a hidroperoxidação de ácidos graxos livres poli-insaturados e seus derivados que possuem, na sua estrutura química, o sistema cis, cis-1,4-pentadieno, formando os mono-hidroperóxidos correspondentes. Esses hidroperóxidos (9- ou 13-cis, trans) se decompõem em aldeídos, cetonas, ácidos e outros produtos secundários, voláteis ou não, os quais são responsáveis pelo sabor desagradável de produtos obtidos a partir de leguminosas (ESKIN et al. 1977). O sabor desa-

¹ *Bioquímico, M.Sc. Professor de Bioquímica do Centro de Estudos Superiores de Londrina - CESULON - Londrina, PR.*

² *Bioquímico, M.Sc. Pesquisador da EMBRAPA-CNPSO - Cx.P. 1061, CEP 86001-970 - Londrina, PR.*

gradável da soja é conhecido como sabor de "feijão verde", "mato cozido" ou "mato" e tem sido descrito como um problema limitante quanto a sua aceitabilidade no Ocidente (RACKIS et al. 1972).

Mesmo em pequenas quantidades, as lipoxigenases são capazes de provocar a oxidação dos ácidos graxos e formar compostos que originam os sabores indesejáveis (GOMES et al. 1987). As lipoxigenases da soja são divididas em quatro isozimas, denominadas de lipoxigenase L_1 , L_2 , L_{3a} e L_{3b} (AXELROD et al. 1981). Estas duas últimas isozimas, por apresentarem propriedades similares, são consideradas idênticas para fins de análises e denominadas de L_3 .

Dentre os métodos para determinação da atividade das lipoxigenases destacam-se o manométrico, que se baseia no consumo de oxigênio e o espectrofotométrico baseado na determinação de dienos conjugados.

Vários processos para remoção ou inativação das lipoxigenases da soja foram desenvolvidos na tentativa de aumentar a sua utilização como alimento humano nos países ocidentais. Entretanto, esses processos, geralmente de elevado custo, não são inteiramente satisfatórios, pois insolubilizam as proteínas e, em alguns, há formação de produtos com sabor de "cozido" ou "torrado".

A utilização do processo de germinação da soja antes de seu uso como alimento é uma alternativa para superar algumas desvantagens associadas à soja madura, como a presença dos inibidores de tripsina, que tem seu teor reduzido e a atividade das lipoxigenases que também é menor durante o processo de germinação (MOSTAFA & RHAMA, 1987; SUBURBIE et al. 1981). Além de reduzir o teor e a atividade destes compostos, a germinação pode também causar, dependendo da cultivar, melhoria no valor nutricional dos grãos de soja através do aumento nos teores de proteína e minerais, além de promover, também, a redução no teor de ácido fítico (RIBEIRO, 1992).

2 A SOJA

2.1 Histórico

A respeito da origem da soja duas hipóteses foram propostas. De acordo com a primeira, a espécie *Glycine max* seria o resultado de mutações genéticas dentro da espécie *Glycine soja*, as quais promoveram acúmulo de características qualitativas e quantitativas sem que, no entanto, houvesse alteração no número cromossômico (ambos são tetraplóides) (HYMOWITZ, 1970). Pela segunda hipótese, a espécie *Glycine max* seria resultado da evolução dentro da espécie *Glycine gracilis* que, por sua vez, seria descendente da espécie *Glycine soja* (FUKUDA, citado por HADLEY & HYMOWITZ, 1973).

Para a maioria dos autores parece claro que a soja, como cultura, surgiu no leste da Ásia, mais precisamente no Nordeste da China (HYMOWITZ, 1970).

Apesar da soja ser citada na literatura como sendo conhecida pelo homem há mais de 5.000 anos, não foram encontrados vestígios desta leguminosa em escavações arqueológicas realizadas no Norte da China. Baseado neste fato, foi proposto que somente as datas registradas na História depois de 814 a.C. sejam aceitas como as mais corretas (WATSON citado por HYMOWITZ, 1970). Entretanto, HYMOWITZ (1970), baseando-se no livro de Odes (que cobre o período entre os séculos XI e XII a.C.), afirmou que a domesticação da soja começou durante o reinado de Chou. Devem ter sido necessárias várias repetições de experimentos a fim de domesticá-la com êxito de onde se conclui que a soja tenha sido cultivada pela primeira vez, provavelmente, durante a dinastia de Shang (1500 - 1207 a.C).

2.2 A difusão da soja

Após o surgimento da soja domesticada o seu cultivo cresceu atingindo outros países do Oriente. Entretanto, a cultura da soja permaneceu restrita à esta região por dois milênios e só foi levada para o Ocidente após a chegada dos navegadores europeus ao Oriente, no fim do século XV. Por muito tempo a soja permaneceu como uma curiosidade nos jardins botânicos da Inglaterra, França e Estados Unidos.

A primeira referência sobre o cultivo da soja no Brasil data de 1882 (D'UTRA, 1882). Com a chegada dos imigrantes japoneses em 1908 a soja foi introduzida no estado de São Paulo e, em 1914, foi introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 1974).

Entre 1945 e 1950 foram realizados vários experimentos, principalmente nas estações experimentais de São Simeão, Patos, Sete Lagoas e Lavras, MG, com diferentes cultivares de soja para observar o seu comportamento. Em 1961, foram realizados 23 experimentos pelo Ministério da Agricultura, na tentativa de criar uma cultivar de soja adaptada às nossas condições climáticas.

O grande impulso na produção nacional ocorreu na década de 60, no Rio Grande do Sul, com o cultivo da soja em sucessão ao trigo. Como resultado, a participação do Brasil na produção mundial passou de 0,5% ao ano, em 1954 para 16%, em 1976. Desde 1981, o Brasil assumiu a posição de líder mundial (SAFRAS & MERCADOS, 1992 A e B) nas exportações de farelo de soja, posição esta que manteve até a safra de 1992/93.

Com relação ao cultivo da soja, podemos dividir o Brasil em duas regiões: 1) a Tradicional, composta pelos estados pioneiros Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo; 2) a de Expansão, com os estados onde a soja está sendo cada vez mais cultivada, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Distrito Federal, Bahia, Maranhão e outros (BONATO & BONATO, 1987).

2.3 Composição química do grão de soja

As características, propriedades físicas e composição química dos grãos de soja são dependentes tanto da herança genética do genótipo quanto das condições edafoclimáticas nas quais a planta se desenvolveu.

Apesar de haver variações, a maioria das cultivares de soja apresenta de 30% a 45% de proteínas e de 15% a 25% de óleo, localizados nos corpos protéicos e esferossomos, respectivamente (SELL, 1988).

As proteínas de reserva da soja são particularmente ricas nos aminoácidos arginina, leucina e lisina porém são deficientes em metionina e cisteína (NIELSEN, 1985).

Quando extraídas com água (pH neutro) e submetidas à ultracentrifugação, as proteínas da soja distribuem-se nas seguintes frações: 2S, 7S, 11S e 15S (NIELSEN, 1985).

As glicininas e conglícinas, frações 11S e 7S respectivamente, perfazem 70% do total das proteínas da soja. Estas frações possuem teores diferenciados de aminoácidos sulfurados e teores elevados dos aminoácidos asparagina, ácido aspártico, glutamina e ácido glutâmico. Estas características são responsáveis pela qualidade protéica e por propriedades funcionais como emulsificação, geleificação e absorção de água (ARAÚJO, 1984).

Os triglicérides esterificados representam de 9,3% a 17,3% dos lípidios totais. Dentre os ácidos graxos presentes nos triglicérides encontram-se os ácidos esteárico (2,2% a 7%), oléico (15,2% a 25,6%), linoléico (33,8% a 59,6%) e linolênico (4,3% a 15%) (MARTIN & RINNE, 1985 e SANGWAN, 1986).

O teor de cinzas totais (resíduo mineral), em base de matéria seca, na soja madura é de aproximadamente 5% (SNYDER & KWON, 1987). Dentre os minerais constituintes da soja, destacam-se os macroconstituintes potássio (0,3%), fósforo (0,7%), cálcio (0,3%), magnésio (0,3%), sódio (0,2%) e enxofre (0,2%) e os micro-

constituintes silício (140ppm), ferro (137ppm), zinco (52ppm), manganês (38ppm) e cobre (20ppm) (O'DELL e SMITH & CIRCLE, citados por SNYDER & KWON, 1987).

O teor de carboidratos totais no grão de soja é de aproximadamente 34% e 10% desse percentual corresponde aos carboidratos solúveis (5% à sacarose, 4% à estaquiose e 1% à rafinose). A estaquiose e a rafinose são apontados como os responsáveis pela flatulência após a ingestão de derivados de soja (MITAL & STEINKRAUS, 1975).

2.4 Valor Nutricional

Os produtos protéicos derivados da soja, como a farinha de soja texturizada, apresentam um elevado Coeficiente de Eficiência Protéica (2,17), valor próximo ao da carne bovina (2,26) e ao da caseína (2,50) (SELL, 1988). O Coeficiente de Eficiência Protéica avalia a qualidade biológica das proteínas.

Com exceção dos aminoácidos sulfurados, as proteínas da soja apresentam um balanço adequado dos aminoácidos essenciais, próximo ao padrão estabelecido pela FAO (SELL, 1988). Do ponto de vista nutricional, duas classes de proteínas apresentam grande influência no valor nutricional dos grãos de soja: os inibidores de proteases e as fitohemaglutininas. Os inibidores de proteases, tripsina e quimiotripsina, são ricos nos aminoácidos serina, lisina, ácido aspártico e ácido glutâmico. Porém são deficientes em metionina, triptofano e histidina (NIELSEN, 1985). Também possuem elevados teores de cisteína, a maior parte, envolvida em ligações dissulfeto (FAUBION & HOSENEY, 1981). Esses inibidores são os responsáveis pela perda de peso e hipertrofia pancreática de animais monogástricos alimentados com farinhas de soja que não foram submetidas a tratamento térmico (STEINER & FRATTALI, 1979). Os inibidores se ligam às enzimas tripsina e quimiotripsina, também ricas em aminoácidos sulfurados e responsáveis pela digestão de proteí-

nas, formando um complexo que é eliminado pelo bolo fecal (LIENER, 1979). A segunda classe, as fitohemaglutininas ou lectinas, são glicoproteínas que possuem afinidade por carboidratos presentes na membrana celular. Uma vez ligadas às células da mucosa intestinal causam o seu mau funcionamento, dificultando assim, a absorção de nutrientes e, como consequência, causam diminuição do crescimento de animais alimentados com soja sem tratamento térmico (LIENER, 1979).

Um outro componente da soja, também apontado como constituinte antinutricional é o ácido fítico (ou hexafosfato inositol). Em grãos de cereais e leguminosas o ácido fítico pode atingir teores de 1% a 3%. Apesar de ser a principal forma de armazenamento de fósforo (60% a 90% do fósforo total da semente) (GRAF, 1983), apresenta capacidade quelante, podendo se ligar com metais di e trivalentes e interagir com proteínas e vitaminas (CHANG, 1977).

Também são apontados como fatores antinutricionais as saponinas, compostos fenólicos, fator bociogênico, isoflavonóides (fator estrogênico) e antivitaminas (RACKIS, 1974; SNYDER & KWON, 1987; LIENER & TOMLINSON, 1981).

2.5 Aceitabilidade da Soja

No Ocidente, apesar do seu elevado valor nutricional, a soja, seus derivados e os alimentos preparados com ela não possuem uma boa aceitabilidade devido aos sabores desagradáveis que podem apresentar. Esses sabores são originados a partir da ação da enzima lipoxigenase sobre os ácidos graxos, formando hidroperóxidos que, ao se degradarem, originam compostos voláteis e não voláteis responsáveis pelos sabores indesejáveis. Mesmo oxidações mínimas dos ácidos graxos poli-insaturados são capazes de formar esses compostos, dentre os quais o n-hexanal, o n-pentilfurano, o 2 (1-pentil) furano e a etil vinil cetona são os principais responsáveis pelos sabores de "mato", "feijão verde" e "ranço". Uma série de outros

compostos também são formados, como por exemplo, hidrocarbonetos alifáticos, álcoois, aldeídos, cetonas, nitrilos, derivados do furano e compostos contendo enxofre (RACKIS, 1970).

O processo de oxidação dos ácidos graxos, pela ação da lipoxigenase, inicia-se logo após o esmagamento dos grãos, quando ocorre a liberação da enzima e do substrato que se encontravam compartimentalizados no grão intacto (RACKIS, 1979 e SELL, 1988). Entretanto, essa reação torna-se mais intensa se houver adição de água, como por exemplo, no processo de obtenção do extrato solúvel de soja (leite de soja). A auto-oxidação dos lipídios, embora com menor intensidade, pode continuar ocorrendo mesmo após o tratamento para inativação da enzima, como por exemplo, o cozimento (RACKIS, 1979 e SELL, 1988).

A oxidação do ácido linoléico, pela lipoxigenase, pode também causar a oxidação das vitaminas A, D2, D3 e E (GORDON & BARMALAA, 1989).

3 LIPOXIGENASE

3.1 Histórico

Em 1928, BOHN & HASS (citados por KIES et al. 1969 e ESKIN, 1977) observaram que a adição de pequenas quantidades de farinha de soja à farinha de trigo promovia, com o passar do tempo, uma diminuição da cor amarelada desta. Posteriormente, este fato foi elucidado através de estudos que mostraram a ação oxidativa das lipoxigenases sobre os carotenóides presentes na farinha de trigo. Quatro anos mais tarde, ANDRE & HOU (citados por KIES, 1969), por sua vez, observaram que os ácidos graxos presentes no coágulo, obtido a partir do extrato solúvel de soja não aquecido, diferiam daqueles encontrados no coágulo obtido a partir de extrato aquecido. Embora sem determinar os valores de peróxidos,

eles concluíram que os ácidos graxos presentes no extrato não aquecido foram oxidados pela ação de uma enzima termo-lábil, a qual denominaram "lipoxidase". SUMNER & SUMNER (1940) e TAUBER (1940) concluíram que a "oxidase de ácidos graxos", a "lipoxidase" e a "caroteno oxidase" eram enzimas idênticas.

A partir dessas pesquisas ficou evidenciado que esta enzima catalizava a hidroperoxidação de ácidos graxos insaturados como uma reação primária e que a destruição de carotenos ocorria numa reação acoplada durante o ataque enzimático sobre os ácidos graxos. Atualmente, essa enzima é denominada lipoxigenase (E.C.1.13.11.12) e definida como uma dioxigenase que cataliza a hidroperoxidação de compostos que apresentam o sistema cis, cis-1,4-pentadieno na presença de oxigênio molecular e forma, como produtos primários da oxidação, os monohidroperóxidos cis-trans conjugados correspondentes (ESKIN, 1977). A temperatura ideal para a atividade das lipoxigenases está em torno de 30°C (HOLMAN, 1947). Acima desta temperatura ocorre um decréscimo acentuado na sua atividade, não significando, contudo, que a enzima seja inativada. A lipoxigenase ainda apresenta atividade residual em temperaturas superiores a 60°C.

Uma semente de soja, com peso de 160mg (base seca), contém, no mínimo, 0,23mg de lipoxigenase-1 e 0,45mg de lipoxigenase-2 (VERNOOY-GERRITSEN, 1983).

Além da soja, as lipoxigenases estão presentes em outros vegetais, tais como: abacate (MARCUS et al. 1988), maçã (LIEBERMAN & MASSON, 1964), batata (SEKIYA et al. 1977), girassol (LEONI et al. 1985), amendoim (SANDERS et al. 1975), ervilha (REYNOLDS & KLEIN, 1982), feijão (ADAMS, 1989), beringela (GROSSMAN et al. 1972), abóbora (HIDAKA et al. 1986), trigo (HSIEH & McDONALD, 1984), arroz (OHTA et al. 1986), cevada (HEIMANN & TIMM, 1977), morango e groselha (KIM & GROSH, 1978), dentre outros, podendo inclusive serem responsáveis pela formação de sabores e aromas característicos em alguns deles

(RACKIS, 1979). As lipoxigenases podem ser encontradas, também, em tecidos animais, como por exemplo, em algumas espécies de peixes (HSIEH & KINSELLA, 1986) e no sangue de animais (NUGTEREN, 1975).

3.2 Isozimas

Geralmente são encontradas três isozimas da lipoxigenase: lipoxigenase-1, lipoxigenase-2 e lipoxigenase-3. Esta última, pode ser encontrada sob as formas de lipoxigenase-3a e lipoxigenase-3b. Por serem muito similares em suas propriedades, as isozimas lipoxigenase-3a e 3b são consideradas idênticas e denominadas simplesmente por lipoxigenase 3 (AXELROD et al. 1981).

As três isozimas apresentam peso molecular em torno de 100.000. De acordo com os seus pontos isoelétricos a lipoxigenase-1 é conhecida como isozima ácida e a lipoxigenase-3 como isozima alcalina (KITAMURA, 1984). A isozima lipoxigenase-1 é mais reativa com ácido linoléico, enquanto as lipoxigenase-2 e lipoxigenase-3 são mais reativas com metil linoleato ou trilinoleína (HILDEBRAND & KITO, 1984).

A lipoxigenase-1 é mais estável ao tratamento térmico e é a que apresenta maior atividade "in vitro". O seu pH ótimo de atuação está em torno de 9,5 quando se utiliza como substrato o ácido linoléico. A lipoxigenase-2, com o mesmo substrato, apresenta um pH ótimo em torno de 6,5 e a lipoxigenase-3 apresenta uma faixa ampla de pH entre 4,5 a 9,0 (HILDEBRAND & HYMOWITZ, 1981).

3.3 Funções Fisiológicas

Apesar da função das lipoxigenases na fisiologia das plantas e dos animais não estar completamente esclarecida, várias observações importantes foram feitas. Alguns autores sugerem que nos vegetais, estas exerçam função importante durante o amadureci-

mento de frutas (LIEBERMAN & MASSON, 1964; WOOLTORTON et al, 1965 e GAILLARD et al, 1968), na manutenção da baixa tensão de oxigênio nas células durante o processo de germinação (VELDINK et al. 1977), na biossíntese de substâncias reguladoras do crescimento vegetal (VICK & ZIMERMAN, 1983), no desenvolvimento das sementes (ALTSCHULLER et al. 1989), na geração de sabores e aromas característicos (HEINZ et al. 1965; KAZENIAC & HALL, 1970 e HULTIN & PROCTOR, 1962), dentre outras. Já nos tecidos animais, as lipoxigenases exercem função reguladora dos linfócitos, podendo interferir em processos inflamatórios e de hipersensibilidade (GOLDYNE et al. 1984). Atuam também na contração brônquica, nas funções de células leucêmicas e na síntese de compostos fisiologicamente ativos (TSUKUKA et al. 1986; RIENDEAU & LEBLANC, 1986 e SAMUELSSON, 1983).

3.4 Determinação da Atividade da Lipoxigenase

Os métodos para a determinação da atividade das lipoxigenases podem ser divididos em duas classes:

1) Métodos baseados no consumo de oxigênio.

Partem do princípio de que a ação da enzima provoca um consumo de oxigênio do meio. Nesta classe incluem-se os métodos manométrico e polarográfico.

Apesar de superar as desvantagens do método manométrico (longo tempo de reação e possibilidade de inativação da enzima), o método polarográfico apresenta uma limitação comum aos dois que é o fato do consumo de oxigênio não ser específico da atividade das lipoxigenases, podendo ser consumido, também, em uma série de outras reações (GROSSMAN & ZAKUT, 1979).

2) Métodos Espectrofotométricos.

São, basicamente, três os tipos de métodos encontrados nesta classe: 1) método baseado na cooxidação de beta-caroteno; 2) método baseado na determinação de peróxidos; e 3) método baseado na formação de dienos conjugados.

O primeiro apresenta as seguintes desvantagens: 1) baseia-se numa reação secundária; 2) geralmente são utilizadas soluções coloidais; e 3) existe uma baixa correlação entre a concentração da enzima e a destruição do beta-caroteno (GROSSMAN & ZAKUT, 1979). É geralmente utilizado em programas de melhoramento genético que visam a detecção de linhagens com ausência de uma ou mais isozimas.

O segundo, não permite determinações constantes e a coloração desenvolvida não é estável, além de não apresentar uma relação estequiométrica linear entre a quantidade de peróxidos formados e a intensidade da cor desenvolvida (ESKIN et al. 1977 e GROSSMAN & ZAKUT, 1979).

Para a maioria dos autores o terceiro método é o mais recomendado. Sendo inclusive melhor que os métodos manométrico e polarográfico, pois apresenta a vantagem de ser extremamente rápido e de alta sensibilidade (ESKIN et al. 1977 e GROSSMAN & ZAKUT, 1979). A sua única desvantagem é a necessidade da utilização de soluções oticamente límpidas.

3.5 Mecanismo de reação da lipoxigenase, formação e degradação dos hidroperóxidos

Duas importantes descobertas ajudaram a elucidar melhor o mecanismo de ação das lipoxigenases. Após a confirmação da presença de um íon ferro por molécula de enzima, verificou-se que esse elemento era essencial para a ação catalítica da mesma (GROOT et al., 1975). Por outro lado, a modificação de um resíduo de metionina na estrutura primária da enzima causa a perda de sua atividade, indicando assim, que a metionina estaria diretamente envolvida no processo catalítico ou que poderia agir bloqueando o sítio ativo (ZAKUT et al. citados por ESKIN, 1977).

A ação da lipoxigenase sobre os ácidos graxos pode ser resumida pelo esquema a seguir:

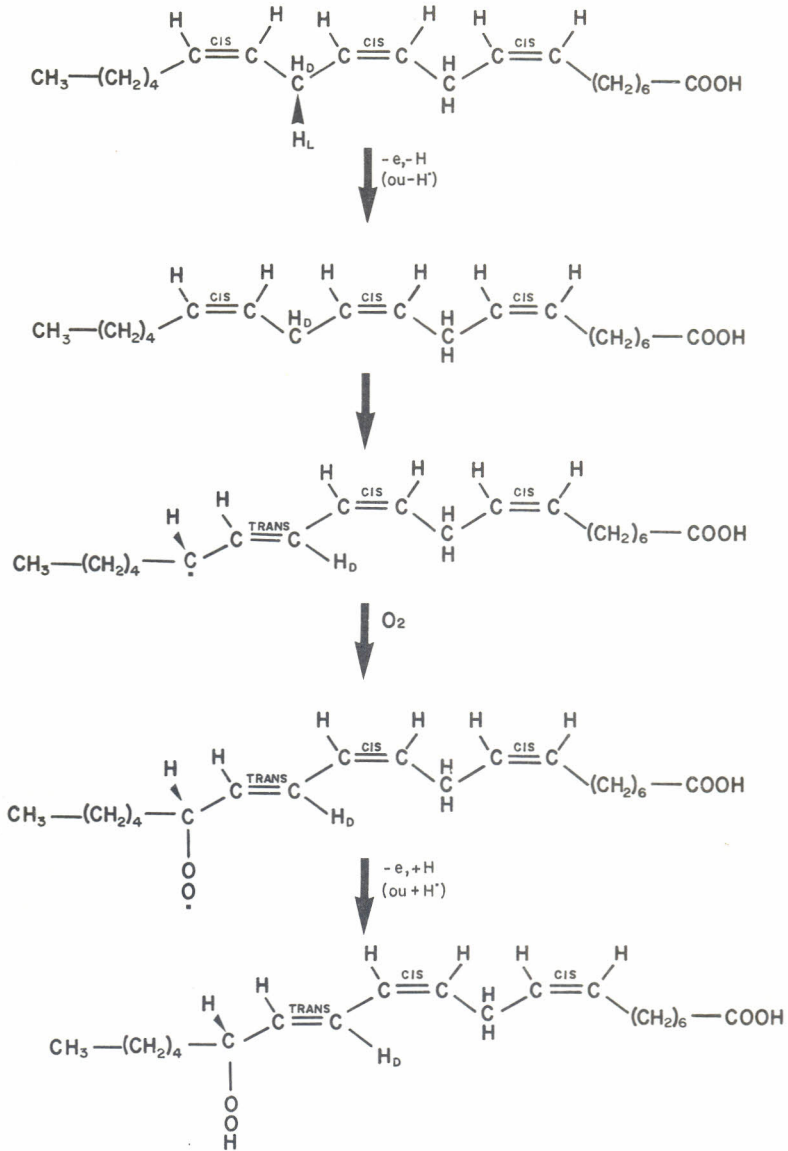


Fig. 1. Reações catalizadas pela lipoxigenase (WHITAKER, 1972).



As lipoxigenases atuam sobre os ácidos graxos poli-insaturados linoléico e linolênico formando tanto o 9- quanto o 13-hidroperóxido. Estes são altamente instáveis e se decompõem rapidamente, originando uma série de outros compostos de cadeia curta como aldeídos, álcoois e cetonas (VISENTAINER, 1986; OLIVER et al. 1982 e RUSSEL, citado por GOMES, 1987).

3.6 Processos utilizados para a inativação ou remoção das lipoxigenases

Vários processos foram estudados visando a inativação ou remoção das lipoxigenases em sementes e grãos, tais como: extração com solventes orgânicos (a quente e a frio) (BORHAN & SNYDER, 1979; ASHRAF & SNYDER, 1981); extração em diferentes pHs (EDIRIWEERA et al. 1987); calor seco (MUSTAKAS et al. 1969); calor úmido (RICE et al. 1981); aquecimento por microondas (ESAKA et al. 1986), dentre outros. Além da maioria destes processos não resolver satisfatoriamente o problema dos sabores indesejáveis, prejudicam sensivelmente as propriedades funcionais das proteínas (McWATTER & HOLMES, 1979). Por exemplo, o tratamento térmico (especialmente com calor úmido) insolubiliza rapidamente as proteínas da soja (KINSELLA, 1979) e os produtos protéicos obtidos por aquecimento acima de 120°C ou em meio alcalino (pH 11,0) podem apresentar alta solubilidade porém, em virtude da degradação e hidrólise que as proteínas podem sofrer, outras propriedades funcionais e o valor nutricional podem ser comprometidos (WOLF e ISHINO, citados por KINSELLA, 1979). Além disso, estes processos são geralmente dispendiosos, aumentando o custo final do produto.

Para minimizar esses problemas tem-se procurado, através de programas de melhoramento genético, a obtenção de cultivares com ausência destas enzimas (HILDEBRAND & HYMOWITZ, 1981; KITAMURA et al. 1983; KITAMURA, 1984 e DAVIS et al. 1987).

Outra opção seria a utilização de grãos de soja germinados para a produção de farinhas e derivados protéicos (HOLMAN, 1948; SUBURBIE et al. 1981; VANDERSTOEP, 1981; HILDEBRAND & HYMOWITZ, 1983; JIMÉNEZ et al. 1985; LEONI et al. 1985; MOSTAFA & RHAMA, 1987).

Dentre as principais alterações que ocorrem nos grãos de soja germinados, destacam-se: 1) aumento do teor de proteínas - aumento relativo, devido a mobilização de outros constituintes do grão durante a germinação (JIMÉNEZ et al. 1985; RIBEIRO, 1992); 2) diminuição do teor de carboidratos (ABRAHAMSEN & SUDIA, 1966; HSU et al. 1973; JIMÉNEZ et al. 1985; MOSTAFA & RHAMA, 1986); 3) diminuição no teor de fatores antinutricionais tais como ácido fítico e inibidor de tripsina (COLLINS & SANDERS, 1976; BATES et al. 1977; CHEN & PAN, 1977; BAU & DEBRY, 1979; SUBURBIE et al. 1981; VANDERSTOEP, 1981; AHN & YANG, 1985); 4) aumento no teor de vitamina C e Riboflavina (FINNEY, 1978; BAU & DEBRY, 1979; VANDERSTOEP, 1981; MOSTAFA & RHAMA, 1987); 5) diminuição na atividade das enzimas lipoxigenase e peroxidase (SUBURBIE et al. 1981; HILDEBRAND & HYMOWITZ, 1983; GHAZY et al. 1984; BORDINGNON, 1993) 6) aumento no teor de cinzas (minerais) (KHADER, 1983); 7) redução dos teores ou até mesmo eliminação dos oligossacarídeos rafinose e estaquiose (JIMÉNEZ et al. 1985); 8) melhoria no sabor, aroma e textura de produtos obtidos a partir de farinha de soja germinada (MOSTAFA & RHAMA, 1986).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSEN, M.; SUDIA, T.W. Studies on the soluble carbohydrate and carbohydrate precursors in germinating soybean seed. **Am. J. Bot.**, Columbus, v.53, n.2, p.108-114, 1966.
- ADAMS, J.B. Inhibition of green bean lipoxygenase by cyanide. **Food Chemistry**, Barking, v.31, p.243-250, 1989.
- AHN, B.; YANG, C.B. Effects of soaking, germination, incubation and autoclavyn on phytic acid in seeds. **Korean, J. Food Sci. Technol.**, (s.l.), v.17, n.4, p.516-521, 1985.
- ALTSCHULER, M.; GRAYBURN, W.S.; COLLINS, G.B.; et al. Developmental expression of lipoxygenase in soybeans. **Plant Science**, v.63, p.151-158, 1989.
- ARAÚJO, M.F. **Caracterização funcional de isolados e de um concentrado protéico de soja produzidos no Brasil.** Viçosa : UFV, 1984. 60p. (Tese de Mestrado).
- ASHRAF, H.R.L.; SNYDER, H.E. Influence of ethanolic soaking of soybean on flavor and lipoxygenase activity of soymilk. **J. Food Sci.**, Chicago, v.46, p.1201-1204, 1981.
- AXEROLD, B. Lipoxygenases. **Advances in Chemistry**, Washington, v.136, p.324-328, 1974.
- AXEROLD, B.; CHEESBROUGH, T.M.; LAAKSO, S. Lipoxygenase from soybeans. **Methods Enzimol.**, San diego, v.71, p.441-451, 1981.
- BATES, R.P.; KNAPP, F.W.; ARAÚJO, P.E. Protein quality of green-nature, dry mature and sprouted soybeans. **J. Food Sci.**, Chicago, V.42, p.271-272, 1977.

- BAU, H.M.; DEBRY, G. Germinated soybean protein products chemical and nutritional evaluation. **JAOCS.**, Champaign, v.56, p.160-162, 1979.
- BONATO, E.R.; BONATO, A.L.V. **A Soja no Brasil: histórico e estatística.** Londrina : EMBRAPA-CNPSO, 1987. 61p.
- BORDINGNON, J.R. **Determinação de Lipoxigenase-1: Efeito da germinação sobre o teor de proteína e atividade dessa enzima em soja.** Londrina : UEL, 1993. 98p. (Tese de mestrado).
- BORHAN, M.; SNYDER, H.E. Lipoxygenase destruction in whole soybean by combination of heating and soaking in ethanol. **J. Food Sci.**, Chicago, v.44, p.586-590, 1979.
- CHANG, R. Phytate: Removal from whole dry beans by enzymatic hydrolysis and diffusion. **J. Food Sci.**, Chicago, v.42, p.1098- 1101, 1977.
- CHEN, L.H.; PAN, S.H. Decrease of phytats during germination of pea seeds (*Pisum sativa*). **Nutr. Rep. Int.**, Stoneham, v.16, n.1, p.125-131, 1977.
- COLLINS, J.L.; SANDERS, G.G. Changes in trypsin inhibitory activity in some soybean varieties during maturation and germination. **J. Food Sci.**, Chicago, v.41, p.168-172, 1976.
- DAVIS, C.S.; NIELSEN, S.S.; NIELSEN, N.C. Flavor improvement of soybean preparations by genetic removal of lipoxygenase-2. **JAOCS.**, Champaign, v.64, p.1428-1433, 1987.
- D'UTRA, G. Soja. **J. Agric.** v.4, t.3, n.168, p.185-188, 1882.
- EMBRAPA. **Anteprojeto de Implantação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja.** Brasília, 1974. 113p.

- ESAKA, M.; SUZUKI, K.; KUBOTA, K. Inactivation of lipoxygenase and trypsin in soybean on microwave irradiation. **Agric. Biol. Chem.**, Tokyo, v.50, p.2395-2396, 1986.
- ESKIN, N.A.M.; GROSSMAN, S.; PLINSKY, A. Biochemistry of lipoxygenase in relation to food quality. **Critical Reviews in Food Sci. Nutri.**, Boca Roton, v.9, p.1-40, 1977.
- FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C. Lipoxygenase: its biochemistry and role in breadmaking. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.58, p.175-180, 1981.
- FINNEY, P.L. Potential for the use of germinated wheat and soybeans to enhance human nutrition. **Adv. Expo. Med. Biol.**, New York, v.105, p.681-701, 1978.
- GAILLARD, T.; HULME, A.C.; RHODES, M.J.C.; et al. Enzymic conversion of linoleic to ethylene by extracts of apple fruits. **FEBS LETT.**, Amsterdam, v.1, p.283, 1968.
- GHAZY, A.M.; MOUSSA, A.M.; ABDER-RAHIM, E.A.; et al. Purification of peroxidase isozyme in germinating soybean seeds. **Grassas y Aceites**, (s.l.), v.35, n.5. p.315-319, 1984.
- GOLDYNE, M.E.; BURRISH, G.F.; POUBELLE, P.; et al. Arachdonic acid metabolism among human molecular leucocytes. **J. Biol. Chem.**, Baltimore, v.259, p.8815-8819, 1984.
- GOMES, J.C.; VISENTAINER, J.V.; MOREIRA, M.A.; et al. Atividade de lipoxigenase e teor de n-hexanal em farinhas de soja. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, v.30, p.481-500, 1987.
- GORDON, M.H.; BARIMALAA, J.S. Co-oxidation of fat soluble vitamins by soybean lipoxygenase. **Food Chem.**, Barking, v.31, p.31-37, 1989.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. **JAOCS.**, Champaign, v.60, p.1861-1867, 1983.

- GROOT, J.J.M.C. de; VELDINK, G.A.L.; Vliegenthart, J.F.G.; et al. Demonstration by EPR spectroscopy of the functional role of iron in soybean lipoxygenase-1. **Biochem. Biophys. Acta.**, Amsterdam, v.337, p.71-79, 1975.
- GROSSMAN, S.; TROP, M.; AVTALION, R.; et al. Egg plant lipoxygenase isolation and partial characterization. **Lipids**, Champaign, v.7, p.467-473, 1972.
- GROSSMAN, S.; ZAKUT, R. Determination of the activity of lipoxygenase (lipoxidase). **Methods of Biochemical Anal.**, New York, v.25, p.304, 1979.
- HADLEY, H.H.; HYMOWITZ, T. Specification an Cytogenetics. In: CALDEWELL, B.E. et al. ed. **Soybeans: Improvement, Production and Uses**. Madison : Amercian Society of Agronomy, 1973. p.97-116.
- HEIMANN, W.; TIMM, V. Characterization of lipoxygenase from barley. **Z. Lebensmi. -Unters. -Forsch.**, Hidelberg, v.165, p.5-6, 1977.
- HIDAKA, T.; KATSUKI, S; NAGATA, Y.; et al. Partial purification and properties of pumpkim lipoxygenase with carotene-bleaching activity. **J. Food Biochem.**, Trumbull, v.10, p.55-73, 1986.
- HILDEBRAND, D.F.; HYMOWITZ, T. Lipoxygenase activities in developing and germinating soybean seeds with and without lipoxygenase-1. **Bot. Gaz.**, Chicago, v.144, p.212-216, 1983.
- HILDEBRAND, D.F.; HYMOWITZ, T. Two soybean genotypes lacking lipoxygenase-1. **JAOCS.**, Champaign, v.58, p.583-586, 1981.
- HILDEBRAND, D.F.; KITO, M. Role of lipoxygenase in soybean seed protein quality. **J.Agr. Food Chem.**, Washington, v.58, p.815-819, 1984.

- HOLMAN, R.T. Crystalline lipoxidase. II Lipoxidase Activity. **Archives Biochemistry**, (s.l.), v.15, p.403-413, 1947.
- HOLMAN, R.T. Lipoxidase activity and fat composition of germinating soybeans. **Arch. Biochem.**, (s.l.) v.17, p.459-466, 1948.
- HSIEH, R.J.; KINSELLA, J.E. Lipoxygenase- catalyzer oxidation of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: relevance to and activity in fish tissue. **J. Food Sci.**, Chicago, v.51, n.4, p.940-945, 996, 1986.
- HSIEH, C.C.; McDONALD, C.E. Isolation of lipoxygenase isoenzymes from flour of durum wheat endosperm. **Cereal Chem.**, St. Poul, v.61, p.392-398, 1984.
- HSU, S.H.; HARDLEY, H.H.; HYMOWITZ, T. Changes in carbohydrate contentes of germinating soybean seeds. **Crop. Sci.**, Madison, v.13, p.407-410, 1973.
- HULTIN, H.O.; PROCTOR, B.E. Banana aroma precursors. **Food Technol.**, Chicago, v.16, p.108, 1962.
- HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Econ. Bot.**, Bronx, v.24, p.408-421, 1970.
- JIMÉNEZ, M.J.M.; ELIAS, L.G.; BRESSANI, R.; et al. Estudios bioquímicos y nutricionales de la semilla germinada de soya. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Guatemala, v.35, p.480-490, 1985.
- KAZENIAC, S.J.; HALL, R.M. Flavor chemistry of tomato volatiles. **J. Food Sci.**, Chicago, v.35, p.519, 1970.
- KHADER, V. Nutritional studies on fermented, germinated and baked soybean (*Glycine max*) preparations. **J. Plant Foods**, London, v.5, p.31-37, 1983.
- KIES, M.W.; HAINING, J.L.; PISTORIUS, E.; et al. On the question of the identity of soybean "lipoxidase" and carotene oxidase. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, Deluth, v.36, n.2, p.312-315, 1969.

- KIM, I.S.; GROSH, W. Lipoxygenase from peas, strawberries and goosberries: partial purification and properties. **Z. Lebensmi. -Unters. -Forsch.**, Heidelberg, v.167, p.324-326, 1978.
- KINSELLA, J.E. Functional properties of soy proteins. **JAOCS.**, Champaign, v.56, p.242-258, 1979.
- KITAMURA, K. Biochemical characterization of lipoxygenase lacking mutants L₁-less, L₂-less, and L₃less soybeans. **Agric. Biol. Chem.**, Tokyo, v.48, p.2336-2346, 1984.
- KITAMURA, K.; DAVIES, C.S.; KAIZUMA, N.; et al. Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-3 in soybean seeds. **Crop Sci.**, Madison, v.13, p.924-927, 1983.
- LEONI, O.; IORI, R.; PALMIERI, S. Purification and properties of lipoxygenase in germinating sunflower seeds. **J. Food Sci.**, Chicago, v.50, p.88-92, 1985.
- LIEBERMAN, N.; MAPSON, L.W. Genesis and biogenesis of ethylene. **Nature**, London, v.204, p.343, 1964.
- LIENER, I.E. Significance for humans of biologically active factors in soybeans and other foods legumes. **JAOCS.**, Champaign, v.56, p.121-129, 1979.
- LIENER, I.E.; TROMLINSON, S. Heat inactivation of protease inhibitors in a soybean line lacking the Kunitz trypsin inhibitor. **J. Food Sci.**, Chicago, v.46, p.1354-1356, 1981.
- MARCUS, L.; PRUSKY, O.; JACOBY, B. Purification and characterization of avocado lipoxygenase. **Phytochemistry**, Oxford, v.27, p.323-327, 1988.
- MARTIN, B.Z.; RINNE, R.W. Relationship between fatty acid composition of vegetative and reproductive structure of six soybean genotypes. **Crop. Sci.**, Madison, v.25, p.1055-1058, 1985.



- McWATTER, K.H.; HOLMES, M. Influence of moist heat on solubility and emulsification properties of soy flours. **J. Food Sci.**, Chicago, v.44, p.770-774, 1979.
- MITAL, B.K.; STEINKRAUS, K.H. Utilization of oligosaccharides by lactic acid bacteria during fermentation of soy milk. **J. Food Sci.**, Chicago, v.40, p.114-118, 1975.
- MOSTAFA, M.M.; RAHMA, E.H. Chemical and nutritional changes in soybean during germination. **Food Chemistry**, Barking, v.23, p.257-275, 1987.
- MUSTAKAS, G.C.; ALBRECHT, W.J.; McGHEE, J.E.; et al. Lipoxidase deactivation to improve stability odor and flavor of full-fat soy flours. **JAOCs.**, Champaign, v.46, p.623-626, 1969.
- MWANDEMELE, O.D. Relationship between flavour and oligosaccharide content of soybean varieties. **J. Food Sci. Technol.**, v.23, p.131-132, 1986.
- NIELSEN, N.C. Structure of soy proteins. **New Proteins Food**, (s.l.), v.5, p.27-63, 1985.
- NUGTEREN, D.H. Arachidonate lipoxygenase in blood platelets. **Biochim. Biophys. Acta**, Amsterdam, v.380, p.299-307, 1975.
- OHTA, H.; IDA, S.; MIKAMI, B.; et al. Purification and characterization of rice lipoxygenase component 3 from embryos. **Agric. Biol. Chem.**, Tokyo, v.50, p.3165-3171, 1986.
- OLIVER, A.; HSIEH, L.; HUANG, S.; et al. Isolation and identification of objectionable volatile flavor compounds in defatted soybean flour. **J. Food Sci.**, Chicago, v.47, p.16-18, 1982.
- RACKIS J.J. Biological and physiological factors in soybeans. **JAOCs.**, Champaign, v.51, p.161A-174A, 1974.

RACKIS, J.J.; SESSA, D.J.; HONIG, D.H. Flavor problems of vegetable proteins. **J.A.O.C.S**, Champaign, v.56, p.262-271, 1979.

REYNOLDS, P.A.; KLEIN, B.P. Purification and characterization of a type-1 lipoxygenase from pea seeds. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v.30, p.1157-1163, 1982.

RIBEIRO, M.L.L. **Efeito do processo de germinação sobre os constituintes nutricionais e antinutricionais de 2 cultivares de soja.** Londrina : UEL, 1982. 98p. (Tese de mestrado).

RICE, R.D.; WEI, L.S.; STEINBERG, M.P.; et al. Effect of enzyme inactivation on the extracted soybean meal and oil. **JAOCS.**, Champaign, p.578-583, May, 1981.

RIENDEAU, D.; LEBLANC, Y. Modulation of rat polymorphonuclear leucocyte 5 lipoxygenase activity by 5-HPETE and NADH-dependent flavin inhibition. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, Duluth, v.142, p.534-540, 1986.

SAFRAS & MERCADO. SOJA & GRÃOS, Porto Alegre: Safras, v.16, n. 688, fev. 1992A.

SAFRAS & MERCADO. SOJA & GRÃOS, Porto Alegre: Safras, v.16, n. 690, fev. 1992B.

SAMUELSSON, B. Leukotriens: mediators of immediate hypersensitivity reactions and inflammations. **Science**, v.220, p.568-575, 1983.

SANDERS, R.H.; PATTEE, H.E.; SINGLETON, J.A. Lipoxygenase isozymes of peanut. **Lipids**, Champaign, v.10, p.681-685, 1975.

SANGWAN, N.K.; GUPTA, K.; DHINOSA, K.S. Fatty acid composition of developing soybeans. **J. Agr. Food Chem.**, Washington, v.34, p.415-417, 1986.

- SEKIYA, J.; AOSHIMA, H.; HAJIWARA, T.; et al. Purification and some properties of potato tuber lipoxygenase and detection of linoleic acid radical in the enzyme reaction. **Agric. Biol. Chem.**, Tokyo, v.41, n.5, p.827-832, 1977.
- SELL, A.M. **Técnicas imunoquímicas na análise genética das Lipoxigenases L₁ e L₂ em soja.** Viçosa : UFV, 1988. 65p. (Tese de Mestrado).
- SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. Chemical Composition of the Seed. In: SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. **Soybeans: chemistry and technology.** Westport : AVI, 1972. cap.3, p.61-92.
- SYNDER, H.E.; KWON, T.W. **Soybean utilization.** New York : AVI, 1987.
- STEINER, R.F.; FRATTALI, V. Purification and properties of soybean protein inhibitors of proteolytic enzymes. **J. Agr. Food Chem.**, Washington, v.56, p.121-129, 1979.
- SUBURBIE, F.; MENDIZABAL, D.; MENDIZABAL, C. Germination of soybean and its modifying effects on the quality of full-fat soy flour. **JAOCs.**, Champaign, v.58, p.192-194, 1981.
- SUMNER, J.B.; SUMNER, R.J. The coupled oxidation of carotene and fat by carotene oxidase. **J. Biol. Chem.**, Baltimore, v.134, p.531, 1940.
- TAUBER, H. Unsaturated fat oxidase. **J. Am. Chem. Soc.**, v.62, p. 225, 1940.
- TSUKUDA, T.; NAKASHIMA, K.; SHIRAKAWA, S. Arachidonate 5-lipoxygenase inhibitors show potent antiproliferative effects of human leukemia cell lines. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, Duluth, v.140, p.832-836, 1986.
- VANDERSTOEP, J. Effect of germination on the nutritive value of legumes. **Food Technol.**, Chicago, v.35, p.83-85, 1981.

- VELDINK, G.A.; VLIEGENTHART, J.F.G.; BOLDING, J. Plant lipoxygenases. **Prog. Chem. Fats Other Lipids**, (s.l.), v.15, p.131-166, 1977.
- VERNOOY-GERRITSEN, M.; et al. Localization of lipoxygenase-1 and 2 in germinating soybean seeds by an indirect immunofluorescence technique. **Plant Physiol.**, Oxford, v.73, p.262-267, 1983.
- VICK B.A.; ZIMMERMAN, D.C. The biosynthesis of jasmonic acid: a physiological role for plant lipoxygenase. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, Duluth, v.111, p.470-477, 1983.
- VISENTAINER, J.V.; GOMES, J.C. **Efeito da atividade de lipoxigenase no teor de n-hexanal em farinha de soja (*Glycine max*)**. Viçosa : UFV, 1986. 51p. (Tese de Mestrado).
- WHITAKER, J.R. Lipoxygenase. In: WHITAKER, J.R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York : Marcel Dekker, 1972. p.607-617.
- WOOLTORTON, L.S.C.; JONES, J.D.; HULME, A.C. Genesis of ethylene in apples. **Nature**, London, v.207, p.999, 1965.

IMPRESSO PELO SETOR DE EDITORAÇÃO
do Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Rod. Carlos João Strass (Londrina/Warta) Acesso Orlando Amaral
Fone: (043) 320-4166 - Fax: (043) 320-4186 - Telex 43208
Cx. Postal 1061 - 86.001-970 - Londrina, PR



COCAMAR[®]

COOPERATIVA
DE CAFECULTORES
E AGRONECIARISTAS
DE MARINGÁ LTDA - PR

Apoiando sempre
o desenvolvimento
tecnológico

