

ISSN 0101-5494



**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**

Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA - CNPSo**

Londrina, PR.



# **CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO ÓLEO E DO FARELO DE GIRASSOL**

Londrina, PR

1992



## **REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

Presidente Interino: Itamar Augusto Cautiero Franco

Ministro da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária:

Lázaro Ferreira Barbosa



## **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA**

Presidente: Murilo Xavier Flores

Diretores: Eduardo Paulo de Moraes Sarmiento

Manoel Malheiros Tourinho

Ivan Sérgio Freire de Souza

## **CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA – CNPSo**

Chefe: Flávio Moscardi

Chefe Adjunto Técnico: Áureo Francisco Lantmann

Chefe Adjunto Administrativo: Antonio Carlos Roessing

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

**A** OURO VERDE AGROINDUSTRIAL É UMA EMPRESA PIONEIRA NA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE GIRASSOL NO BRASIL. A TECNOLOGIA DE EXTRAÇÃO ADOTADA É TOTALMENTE MECÂNICA, SEM A UTILIZAÇÃO DE SOLVENTE QUÍMICO (HEXANO). COMO RESULTADO DESSA EXTRAÇÃO NATURAL, O ÓLEO OBTIDO ATENDE A TODAS AS EXIGÊNCIAS DE QUALIDADE DO MERCADO INTERNACIONAL, CONSTITUINDO-SE NUM DOS MAIS NOBRES ÓLEOS COMESTÍVEIS PRODUZIDOS NO PAÍS.

*Ouro Verde Agroindustrial  
Rodovia dos Romeiros, Km 10  
Fone/Fax: (062) 251-3306  
Trindade - GO (próximo a Goiânia)*



**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**

Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA - CNPSo**

Londrina, PR.

**CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS  
E NUTRICIONAIS DO ÓLEO E DO  
FARELO DE GIRASSOL**

*José Marcos G. Mandarinó*

Londrina, PR  
1992

EXEMPLARES DESTA PUBLICAÇÃO PODEM SER SOLICITADOS AO:

**Setor de Editoração do CNPSO**

Rod. João Carlos Strass - Londrina/Warta

Acesso Orlando Amaral

Telefone: (0432)20-4166

Telex: (432) 208 - Fax: (0432) 20-4186

Caixa Postal, 1061

86.001-970 - Londrina, PR

Tiragem: 2.500 exemplares

**Comitê de Publicações**

Léo Pires Ferreira (Presidente)

Álvaro M.R. Almeida

Carlos Caio Machado

Gedi Jorge Sfredo

Milton Kaster

Paulo Roberto Galerani

**Setor de Editoração**

Responsável: Léo Pires Ferreira

Digitação: Divina M.F. Boaventura

Edna Fernandes de Souza

Composição: Sandra Regina

Revisão: Sara Piccinini Dotto

Capa e Arte Final: Danilo Estevão

Fotomecânica: Hélvio B. Zemuner

Impressão: Décio de Assis

Acabamento: Amauri P. de Farias

MANDARINO, J.M.G. Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992.  
25 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 52).

1. Girassol-Óleo-Qualidade. 2. Girassol-Farelo-Composição química. 4. Girassol-Óleo-Composição química. 5. Girassol-Nutrição humana.

CDD: 633.3406081

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	5
1. INTRODUÇÃO .....	7
2. CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO DE GIRASSOL .....	8
2.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO	
3. CARACTERÍSTICAS DO FARELO DE GIRASSOL .....	12
3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FARELO	
3.2. ÁCIDO CLOROGÊNICO VERSUS QUALIDADE DOS PRODUTOS PROTÉICOS	
4. MELHORAMENTO GENÉTICO E A QUALIDADE DO GRÃO ...	18
5. O ÓLEO DE GIRASSOL E A SAÚDE HUMANA .....	20
LITERATURA CONSULTADA .....	23

## APRESENTAÇÃO

Atualmente, cerca de 70% da produção mundial de oleaginosas é composta pela soja, dendê, girassol e canola, com as duas últimas destacando-se, em termos de velocidade de incremento e de qualidade do óleo, para consumo humano. Estima-se que, para o ano 2000, a produção de oleaginosas deverá aumentar em 63%, o que reforça as boas perspectivas para os mercados nacional e mundial de girassol.

Por ser uma cultura de ampla adaptação e tolerância à seca, o girassol pode contribuir, significativamente, para uma maior diversificação dos sistemas agrícolas, em várias regiões do Brasil, hoje calcados em restrita rotação de culturas e caracterizados por altos custos de produção, decorrentes do uso crescente de insumos. Além disso, o girassol apresenta alto teor de óleo, cuja qualidade é reconhecida mundialmente, como um produto nobre para a nutrição humana. Seu alto conteúdo de ácidos graxos insaturados apresenta um efeito redutor nas taxas de colesterol, reduzindo os riscos de doenças cardiovasculares.

Estas informações são detalhadas na presente publicação, que agora colocamos à disposição da sociedade brasileira, como mais uma contribuição para o desenvolvimento e divulgação de conhecimentos relativos à cultura do girassol, objetivos que fazem parte da missão do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSO-EMBRAPA).

**Flávio Moscardi**  
*Chefe do CNPSO*

# CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO ÓLEO E DO FARELO DE GIRASSOL

*José Marcos G. Mandarinó*<sup>1</sup>

## 1. Introdução

Os objetivos principais do melhoramento genético de girassol devem ser, além da obtenção de cultivares com elevado teor de óleo de boa qualidade, a aquisição de um farelo que possua, também boa qualidade nutricional.

A qualidade do óleo é dada pela sua composição de ácidos graxos e, dependendo dessa composição, o óleo será utilizado de diferentes maneiras pela indústria. No caso do girassol, dois tipos de óleo podem ser obtidos, um com elevado teor de ácido oléico (80-90%) e outro com elevado teor de ácido linoléico (70-80%). Esses dois tipos de óleo têm diferentes usos, e mantêm suas composições de ácidos graxos, apesar das variações de ambiente.

O farelo de girassol pode ser enriquecido através do aumento no seu conteúdo protéico, da melhoria na qualidade da proteína (composição aminoacídica) e da redução de compostos indesejáveis como, por exemplo, o ácido clorogênico. A mudança no perfil aminoacídico, especialmente pelo aumento no teor de lisina, deve ser o objetivo principal do melhoramento genético para a qualidade protéica do girassol. Até recentemente, o melhoramento genético do girassol visava, principalmente, o aumento no teor de óleo por hectare, através do aumento no conteúdo de óleo dos grãos. Pouca ênfase era dada ao conteúdo protéico, à composição aminoacídica das proteínas e à qualidade do óleo. Entretanto, atualmente, o melhoramento

---

<sup>1</sup> *Bioquímico, M.Sc., pesquisador da EMBRAPA-CNPSo, C.P. 1061 - 86.001-970 - Londrina, PR.*

genético está buscando a melhoria das qualidades protéica e lipídica das sementes, pois a proteína e o óleo são os principais componentes de valor econômico dos grãos.

No estabelecimento de um programa eficiente de melhoramento genético para qualidade de óleo, a primeira etapa deve ser a definição clara de critérios de seleção, como, por exemplo, a composição de ácidos graxos desejada. Uma vez determinados esses critérios, há necessidade de materiais com variabilidade genética, de métodos efetivos de seleção e de estudos genéticos mais profundos como o mapeamento genético.

## **2. Características do Óleo de Girassol**

A qualidade nutricional de um óleo vegetal está intimamente relacionada com sua composição em ácidos graxos. Entretanto, a qualidade industrial de um óleo vegetal tem um conceito relativo e irá depender da sua utilização na obtenção de produtos derivados do mesmo. Os óleos vegetais são basicamente constituídos de triglicerídeos. Fisicamente, eles apresentam-se no estado líquido à temperatura ambiente e possuem baixos pontos de fusão. Estas características são devido à composição em ácidos graxos que os óleos apresentam na sua constituição, os quais são, em sua maioria, insaturados, isto é, apresentam em suas moléculas uma ou mais ligações duplas entre os átomos de carbono como, por exemplo, os ácidos oléico, linoléico e linolênico. Os ácidos graxos também apresentam diferenças quanto ao número de átomos de carbono que os constituem. As propriedades químicas e a qualidade dos óleos vegetais dependem da composição dos ácidos graxos que possuem, embora outros componentes, mesmo que em baixas concentrações, devem ser também considerados. Na Tabela 1, é mostrada a composição média em ácidos graxos (teor porcentual) dos óleos vegetais extraídos de diferentes fontes vegetais.

Há uma ampla faixa de variação na composição em ácidos graxos entre e dentro das diferentes espécies vegetais das quais se extraem óleos. Sob o ponto de vista tecnológico, as características que um determinado óleo deve possuir estão relacionadas com a sua utilização. Os óleos para fritura, por exemplo, devem possuir alto grau de estabilidade oxidativa em temperaturas

**TABELA 1. Teor percentual médio dos ácidos graxos presentes nos diferentes óleos vegetais.**

Ácidos graxos	Óleos vegetais										
	Açafrão	Amendoim	Arroz	Coco	Coza	Coza s/ác. erúico	Girassol	Milho	Oliva	Palma	Soja
Mirístico (C14:0)	tr-0,5	0,3-0,5	16,8-19,6	0,2-0,5	-	-	0,5	tr-0,05	15,3-17,1	0,1	-
Palmitico (C16:0)	5,0-8,0	6,0-8,5	12,0-19,0	7,7-9,1	2,5-3,0	1,0-2,0	4,0-8,0	10,0-20,0	7,0-15,0	7,2-10,0	11,0-12,0
Palmitoléico (C16:1)	tr	tr-2,5	0,5	-	-	-	-	0,3-3,0	0,5-3,5	0	tr-0,5
Estearico (C18:0)	1,0-3,0	2,5-6,5	1,0-3,0	2,3-3,0	1,0	4,0-6,0	2,0-6,0	1,5-3,0	1,0-3,5	1,9-2,9	2,0-4,5
Óleo (C18:1)	12,0-16,0	50,0-72,0	38,0-40,0	4,5-7,4	11,0-13,0	56,0-65,0	25,0-40,0	34,0-40,0	69,0-85,0	13,9-16,7	21,0-34,0
Linoléico (C18:2)	75,0-80,0	13,0-26,0	35,0-37,0	0,9-1,9	9,0-15,0	21,0-23,0	50,0-70,0	46,0-56,0	4,0-12,0	1,4-2,7	49,0-59,0
Linoléico (C18:3)	1,0-2,0	tr	0,5-1,0	-	8,0-11,0	9,0-13,0	tr	0,5-1,0	tr	tr-0,2	2,0-8,5
Araquico (C20:1)	tr-1,0	3,0-5,0	1,0-2,0	0,5-1,5	tr-1,0	tr	0,5-2,0	0,1-1,0	0,1-0,2	0,5-1,0	-
Eosenóico (C20:1)	-	-	-	-	11,0-13,0	tr-1,5	tr-0,5	-	-	0,1-0,3	-
Behénico (C22:0)	-	3,0-5,0	-	-	tr-2,0	tr	-	-	-	-	-
Erúico (C22:1)	-	-	-	-	42,0-57,0	tr-0,5	-	-	-	-	-

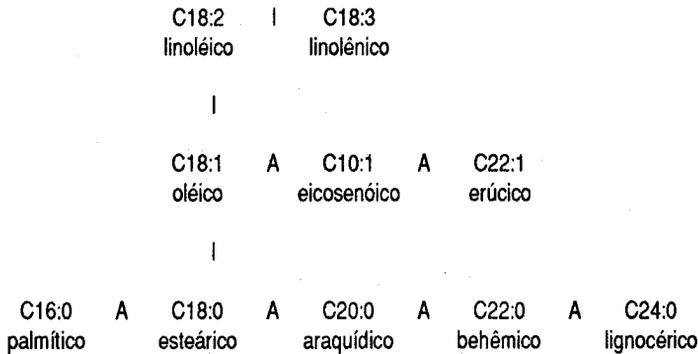
Fonte: The American Oil Chemist's Society, 1990.

elevadas. Estes devem apresentar, em sua composição elevado teor de ácido oléico como o óleo de oliva, ou então devem sofrer um processo de hidrogenação após a etapa de refino. Para a produção de margarinas tipo "soft", a indústria utiliza óleos vegetais com alto grau de insaturação, ou seja, óleos que apresentem em sua composição um elevado teor porcentual de ácido linoléico, como os óleos de girassol e açafrão. Os ácidos graxos oléico e linoléico constituem 90% do total de ácidos graxos presentes no óleo de girassol. As modificações na qualidade do óleo de girassol podem ser atingidas através da alteração na proporção relativa desses dois ácidos graxos. Há relação inversa entre eles, e que é extremamente influenciada pelas condições ambientais, principalmente pela temperatura, durante o desenvolvimento das sementes. Em temperaturas elevadas, há aumento nos níveis de ácido oléico e diminuição nos níveis de linoléico. Isto constitui importante fator para a produção de girassol em regiões climáticas distintas e, conseqüentemente, do óleo que irá apresentar qualidades, propriedades e utilizações industriais diferentes para mercados consumidores distintos. Dessa maneira, é possível direcionar a produção de girassol em função das exigências dos grandes consumidores industriais que determinam a qualidade e as propriedades da matéria-prima.

## **2.1. Composição Química do Óleo**

Todos os ácidos graxos apresentam interligação através das vias biossintéticas, isto é, um ácido graxo pode dar origem a outro, a partir de um alongamento de sua cadeia de átomos de carbono ou através da formação de insaturações (ligações duplas) entre os átomos de carbono de sua cadeia. Assim, o ácido palmítico (16:0), através de um alongamento de sua cadeia, origina o ácido esteárico (18:0) e a formação de mais uma insaturação na molécula do ácido oléico (18:1) origina o ácido linoléico (18:2).

A Figura 1 ilustra essa inter-relação entre os ácidos graxos nas vias biossintéticas.



I = insaturação

A = alongamento da cadeia carbônica

FIG. 1. Inter-relação entre os ácidos graxos nas vias biossintéticas.

Os compostos presentes na fração insaponificável, em pequenas quantidades, são também importantes do ponto de vista da qualidade e de estabilidade dos óleos vegetais. Dentre esses, destacam-se os tocoferóis ou vitamina E (  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ), os esteróis, os fosfolípidos (lecitinas) e os  $\beta$ -Carotenos. Os tocoferóis e os fosfolípidos atuam como anti-oxidantes. Os  $\beta$ -Carotenos aumentam a estabilidade dos óleos frente à luz. O óleo de girassol possui maior estabilidade em relação ao óleo de soja quando exposto à luz, devido ao seu maior conteúdo em  $\beta$ -Carotenos.

A qualidade nutricional dos óleos vegetais está relacionada com os seus efeitos positivos e negativos para a saúde humana, efeitos que dependem da composição em ácidos graxos do óleo e, também, da quantidade ingerida. Um exemplo extremo do efeito negativo dos óleos vegetais é a presença do ácido erúico no óleo de colza, considerado prejudicial à saúde humana. O ácido erúico tem sido eliminado das novas variedades de colza através do melhoramento genético. Do ponto de vista nutricional, ainda existem controvérsias sob a ingestão de óleos com altos teores dos ácidos

oléico e linoléico. Várias pesquisas têm mostrado que o consumo de óleos vegetais com elevado teor de ácido linoléico controla os níveis de colesterol sanguíneo e reduz a incidência de doenças coronarianas. Por outro lado, com o aumento no consumo de ácido linoléico as necessidades diárias de ingestão da vitamina E também aumentam. Embora não haja concordância entre os pesquisadores sobre a relação miligramas de  $\alpha$ -tocoferol por gramas de ácido linoléico, o mínimo está em torno de 0,8mg. Os níveis de vitamina E no girassol variam de acordo com a cultivar, mas grande parte dos tocoferóis é removida durante o processo de refino do óleo. Para o óleo de girassol com alto teor de ácido linoléico, a relação  $\alpha$ -tocoferol: ácido linoléico, varia de 0,4 a 0,8mg/g, dependendo da cultivar. Esta relação pode atingir valores entre 1,6 e 4,0 para o óleo de girassol com alto teor de ácido oléico.

O ácido linoléico é um ácido graxo essencial ao organismo humano, isto é, ele deve ser ingerido na dieta pois o organismo não é capaz de sintetizá-lo, embora as necessidades diárias sejam baixas.

Os compostos derivados dos ácidos graxos poli-insaturados essenciais (ácidos linoléico e linolênico) desempenham importante papel na prevenção de doenças cardiovasculares, o que ressalta a importância da ingestão de óleos vegetais ricos em ácidos graxos poli-insaturados como, por exemplo o óleo de girassol.

### **3. Características do Farelo de Girassol**

O girassol tem sido considerado como cultura destinada à produção de óleo vegetal, mas também é importante fonte de proteínas para a alimentação animal, especialmente quando associado a leguminosas, pois estas não apresentam a lisina como aminoácido limitante.

Recentemente, em países como a França e os Estados Unidos, a utilização do farelo de girassol para a alimentação humana tem sido amplamente pesquisada, principalmente pela utilização do processamento por extrusão termoplástica. Como em outras oleaginosas, o girassol também apresenta uma relação inversa entre os conteúdos de óleo e proteína, desde que a proporção da casca permaneça constante. Devido ao elevado valor comercial do

óleo, os programas de melhoramento genético têm sido sempre direcionados para obtenção de cultivares e híbridos com alto teor de óleo, em detrimento do conteúdo protéico. As cultivares mais recentes apresentam de 18 a 20% de proteína e 52% de óleo embora haja melhoristas, principalmente em países da Europa e Estados Unidos, que já desenvolveram cultivares com alto teor protéico (33%) e conteúdo médio do óleo em torno de 40%. Isto cria novas perspectivas para o desenvolvimento de híbridos de girassol com alto teor protéico, principalmente para os países com déficit protéico e excesso na produção de óleo.

### **3.1. Composição química do farelo**

O farelo de girassol não apresenta grandes variações quanto a sua composição química quando comparado com o farelo de outras oleaginosas, exceto pelo seu elevado conteúdo de resíduo mineral (cinzas) e fibras. Este maior conteúdo de fibras e cinzas acarreta uma pequena redução na energia metabolizável do farelo. Embora o conteúdo de fibras dependa do processo de descascamento, este é realizado de maneira a se minimizar as perdas dos tecidos que contêm o óleo.

Pela Tabela 2 fica demonstrada a composição percentual do farelo de girassol em relação aos farelos de outras oleaginosas, obtidos após a extração do óleo com solvente orgânico. Os resultados estão expressos em base de matéria-seca.

A composição aminoacídica do farelo de girassol em termos de aminoácidos essenciais é relativamente bem balanceada, embora ele apresente como aminoácido limitante a lisina. Entretanto, o farelo de girassol é uma boa fonte de aminoácidos sulfurados que são limitantes nas leguminosas. Assim sendo, a combinação dos farelos de girassol e soja é perfeita para a alimentação animal.

Na Tabela 3, encontram-se descritos os teores dos aminoácidos essenciais (g/16gN) dos farelos de girassol e outras oleaginosas comparados com o ovo, que é tomado como padrão pela FAO.

As proteínas do girassol apresentam um escore químico em termos de aminoácidos igual a 68, o qual é bem próxima ao da soja que é 69.

**TABELA 2. Composição porcentual média do farelo de diferentes oleaginosas.**

Oleaginosas	Composição(%)				
	Proteína	Óleo	Carboidratos	Fibras	Cinzas
Girassol	50,3	3,1	26,7	11,6	8,3
Algodão	46,0	2,3	34,9	12,5	6,8
Colza	44,0	1,1	36,8	10,1	7,8
Amendoim	51,8	1,2	27,7	14,3	4,9
Soja	52,4	1,2	33,8	5,9	6,6

Fonte: The American Oil Chemists' Society, 1990.

**TABELA 3. Composição em termos de aminoácidos essenciais dos farelos de girassol, outras oleaginosas e padrão FAO.**

Aminoácidos	Padrão FAO ovo	Farelo das oleaginosas				
		Girassol	Soja	Amendoim	Açafrão	Colza
Isoleucina	6,3	4,3	4,5	3,4	4,0	4,0
Leucina	8,8	6,4	7,8	6,4	6,2	6,8
Lisina	7,0	3,6	6,4	3,5	3,1	5,7
Metionina	3,4	1,9	1,3	1,1	1,7	2,1
Fenilalanina	5,7	4,4	4,9	5,0	4,4	4,0
Treonina	5,1	3,7	3,8	2,6	3,3	4,4
Triptofano	1,7	1,4	1,3	1,0	1,6	-
Valina	6,8	5,1	5,0	4,2	5,7	5,2

Fonte: FAO, 1970.

Na Tabela 4, encontram-se os valores dos escores químicos das proteínas de diferentes fontes de alimentos, bem como os aminoácidos limitantes que cada uma delas apresenta.

**TABELA 4. Escores químicos e aminoácidos limitantes de diferentes fontes protéicas.**

Fonte protéica	Aminoácido limitante	Escore químico
Ovos	Nenhum	100
Carne	Sulfurados	80
Salmão	Triptofano	75
Amendoim	Sulfurados, lisina	70
Soja	Sulfurados	69
Girassol	Lisina	68
Leite	Sulfurados	60
Trigo	Lisina	57
Arroz	Lisina	57
Milho	Lisina	50

Fonte: Intsoy, 1991.

Com relação às classes de proteína, o girassol apresenta altos teores de globulinas e moderados níveis de albuminas.

A fração protéica do girassol é constituída de 55 a 60% de globulinas, 17 a 23% de albuminas, 11 a 17% de glutelinas e 1 a 4% de prolaminas e, o nitrogênio não protéico representa cerca de 11% do nitrogênio total do farelo.

Estudos bioquímicos sobre a variação quantitativa e qualitativa do conteúdo de óleo e proteína nas sementes de girassol, demonstraram que a biossíntese da fração lipídica inicia-se no final do período de florescimento e prolonga-se durante todo o processo de enchimento dos grãos. A biossín-

tese protéica ocorre durante a fase vegetativa e se mantém constante durante as diferentes fases de amadurecimento. Entretanto, durante o desenvolvimento das sementes ocorrem variações na composição aminoacídica e, também, há uma diminuição das albuminas e aumento das globulinas.

O farelo de girassol apresenta cerca de 8,3% de açúcares totais e os teores de cálcio e fósforo são compatíveis àqueles presentes no farelo de outras oleaginosas. A presença do ácido clorogênico, um composto fenólico, constitui problema para a produção de isolados e concentrados protéicos a partir do farelo de girassol. O ácido clorogênico é um dos substratos para reações de escurecimento enzimático mediadas pelas enzimas denominadas polifenoloxidasas (ppo). O conteúdo de ácido clorogênico varia com genótipo e é também influenciado pelas condições ambientais durante o período de maturação das sementes.

### **3.2. Ácido clorogênico versus qualidade dos produtos protéicos**

Os farelos das oleaginosas, quase que sem exceção, contêm compostos que são tóxicos ou indesejáveis. Como, por exemplo, os inibidores de tripsina na soja, as aflatoxinas no amendoim, o gossipol no algodão, os glicosinolatos na colza e o ácido clorogênico no girassol. O ácido clorogênico é um dos compostos fenólicos mais amplamente distribuídos nos vegetais. Ele foi identificado por Gorter, em 1909, como o principal composto fenólico presente nas sementes de girassol. Atualmente, já foram identificados vários compostos fenólicos presentes no farelo de girassol e o ácido clorogênico constitui mais de 70% do total destes compostos. Elevadas temperaturas durante o desenvolvimento e maturação das sementes favorecem a deposição de ácido clorogênico nos grãos. Embora não seja considerado um composto tóxico, ele é responsável pela formação de uma coloração amarelo-esverdeada, em meio alcalino, seguida de escurecimento oxidativo, durante os processos de produção dos isolados e concentrados protéicos de girassol a partir do farelo desengordurado. Esta coloração é função de reações de escurecimento enzimático mediadas pelas enzimas denominadas polifenoloxidasas e cujo substrato é o ácido clorogênico, como citado anteriormente. O ácido

clorogênico produz, também, o aparecimento de coloração estranha nas cascas dos ovos produzidos por galinhas alimentadas com rações, cuja formulação contenha altas proporções de farelo de girassol.

Com o aumento da produção mundial de girassol e, conseqüentemente, da utilização do farelo para alimentação animal e produção de isolados e concentrados protéicos para o consumo humano, vários métodos e processos tecnológicos têm sido propostos para eliminar ou extrair o ácido clorogênico presente no farelo. Dentre estes, pode-se citar a utilização de antioxidantes e outros compostos que inibam a reação enzimática e, processos como a difusão em água antes da solubilização das proteínas. Esses métodos promovem uma extração incompleta e ainda ocorrem perdas em termos de proteínas, além da utilização de reagentes de custo elevado. Entretanto, a solução mais satisfatória para o problema do ácido clorogênico deveria ser o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para obtenção de cultivares com redução no teor deste composto. Embora haja uma grande variabilidade genética com relação ao conteúdo de ácido clorogênico, o desenvolvimento de cultivares com ausência deste composto não é aconselhável, pois ele participa de uma série de reações essenciais para a síntese de um grande número de compostos de importância vital para as plantas. Portanto, deve-se buscar fontes com baixos teores de ácido clorogênico através da seleção de materiais e, então, desenvolver um programa de melhoramento genético visando o desenvolvimento de cultivares e híbridos com teores ainda mais reduzidos de ácido clorogênico e, com características agrônômicas desejáveis. O ácido clorogênico se encontra distribuído tanto na casca quanto no embrião. Assim sendo, este composto deve ser quantificado em ambas as partes devido à grande variação no seu conteúdo. Isto irá evitar a obtenção de resultados errôneos durante um programa de melhoramento genético que vise a redução no teor de ácido clorogênico no embrião, uma vez que esta é a porção destinada à produção de isolados e concentrados protéicos, pois do contrário, o conteúdo de ácido clorogênico será assumido como sendo uma média dos teores presentes na casca e no embrião. A casca, geralmente, apresenta teores de ácido clorogênico bem mais elevados do que o embrião.

Deve-se enfatizar, entretanto, que a obtenção de materiais com baixos teores de ácido clorogênico não irá solucionar por completo o problema da cor

nos produtos obtidos a partir do farelo de tais materiais, pois, apesar de estar em baixas concentrações o ácido clorogênico, ainda será substrato para as reações de escurecimento enzimático. Entretanto, os processamentos aos quais o farelo deverá ser submetido, serão minimizados. Os custos de produção serão reduzidos e o produto obtido apresentará uma qualidade superior.

#### **4. Melhoramento Genético e a Qualidade do Grão**

Com relação à casca, o seu baixo porcentual é uma importante característica nos grãos, pois os teores de óleo e proteína estão diretamente relacionados a este fator apresentando um aumento em seu conteúdo porcentual. Assim sendo, as cultivares comerciais de girassol devem ser selecionadas de modo a apresentarem um conteúdo de casca em torno de 20 a 25%. Entretanto, uma redução muito grande no porcentual de casca irá ocasionar problemas durante a colheita (quebra excessiva de grãos), secagem e armazenamento dos grãos (rancificação oxidativa do óleo). A proporção relativa de óleo e proteína nas sementes tem pouca influência na qualidade do farelo que é desengordurado, entretanto, ela tem implicações para os objetivos do programa de melhoramento genético a ser desenvolvido. No passado, os critérios de seleção eram direcionados para a máxima produção de óleo por hectare mas, atualmente, a quantidade e qualidade protéica já começam também a ser consideradas.

A qualidade de um farelo depende em grande parte da qualidade da proteína presente no mesmo. O fator primário da qualidade protéica é a sua digestibilidade, que está mais relacionada com a estrutura das proteínas do que com sua composição química. Entretanto, a medida de qualidade protéica mais aceita é a sua composição aminoacídica. Geralmente, uma composição aminoacídica não balanceada leva a uma utilização ineficiente das proteínas. Uma prática comum na alimentação animal é a de se balancear a dieta com a adição de outras fontes protéicas ou com aminoácidos sintéticos.

O baixo valor nutritivo do farelo de girassol, bem como o de outras oleaginosas, está diretamente relacionado com a composição aminoacídica. No girassol, isto é devido, principalmente, ao seu baixo conteúdo de lisina.

Dependendo da utilização do farelo na produção animal (leite, carne, ovos de diferentes animais) os outros aminoácidos essenciais também devem ser considerados. Os critérios para qualidade protéica de um farelo dependem de sua utilização, se ele é destinado ao consumo humano ou para alimentação animal. Estes critérios podem sofrer variações de acordo com a espécie animal a ser alimentada. Dois aspectos principais devem ser considerados no melhoramento genético do girassol para qualidade do farelo: o aumento do teor de lisina e a redução do teor de ácido clorogênico. O ideal é o chamado "melhoramento integral" onde se deve procurar melhorar o valor nutricional da proteína e do conteúdo lipídico, bem como a qualidade do mesmo. Entretanto, nenhum método simples de melhoramento é adequado para solucionar um problema tão complexo. Para isso, duas áreas têm de ser pesquisadas: 1) avaliação qualitativa e quantitativa de populações, variedades e linhas de *Helianthus annuus* e de outras espécies de *Helianthus*; 2) elucidar os mecanismos genéticos envolvidos na formação dos diferentes componentes que se deseja alterar. Após estas etapas, deve-se selecionar genótipos com as características desejáveis para então se proceder o desenvolvimento de variedades e híbridos.

Uma outra importante alternativa para seleção direcionada à qualidade protéica é a utilização das técnicas de cultura de células e de tecidos. Estudos bioquímicos demonstraram que as vias metabólicas para síntese de aminoácidos, nos tecidos celulares da plantas superiores, são controladas por um mecanismo de inibição por "feedback" na presença do produto final, e ou por supressão da síntese de enzimas envolvidas neste sistema. Quando a síntese de lisina atinge seu nível normal, estes mecanismos de controle são ativados evitando, assim, a superprodução de lisina. Se esses mecanismos forem inativados, haverá então um excesso do aminoácido. Com as técnicas de cultura de tecidos é possível desenvolver células mutantes que perderam os mecanismos de controle das vias metabólicas e, a partir daí, desenvolver plantas que possuam a capacidade de produzir lisina ou outro aminoácido em maior quantidade. A seleção e a subsequente regeneração de plantas viáveis, através destas técnicas, irá possibilitar aos melhoristas a criação de mutantes, que sejam capazes de produzir aminoácidos ou outros compostos em maiores quantidades, melhorando assim as características nutricionais e tecnológicas

das sementes sem afetar suas características agronômicas. As técnicas de cultura de tecido também podem ser utilizadas para criação de mutantes que não sintetizem determinados compostos como, por exemplo, o ácido clorogênico ou que tenham esta síntese diminuída.

Concluindo, quanto à estratégia de melhoramento a ser adotada, considerar se o melhor é desenvolver uma linha de pesquisa direcionada a mudanças monogênicas drásticas, ou seja, uma ação gênica individual provocando mudanças numa característica nutricional específica, ou se o melhor é criar programas de seleção para aumentar a frequência de combinações gênicas desejáveis em sistemas poligênicos complexos que determinam características qualitativas.

Um problema para os programas de melhoramento genético que visem a melhoria da qualidade tanto protéica quanto lipídica, de diferentes culturas, em países de terceiro mundo, é o alto custo de aquisição e manutenção dos equipamentos, bem como dos reagentes necessários às análises químicas que irão dar suporte a esses programas.

A correlação negativa entre o rendimento de óleo e a qualidade e quantidade de proteínas vinha sendo o principal fator determinante ao desenvolvimento de programas de melhoramento genético, visando o aumento da quantidade de proteínas e a melhoria de sua qualidade. Isto ocorria devido ao alto valor econômico do óleo, mas esta situação está se alterando, particularmente nos países com déficit protéico e também, naqueles que utilizam uma proteína vegetal de boa qualidade para produção de proteína animal.

## **5. O Óleo de Girassol e a Saúde Humana**

O colesterol pertence à chamada classe dos lipídeos não saponificáveis, ou seja, aqueles que não podem ser hidrolisados para produzir ácidos graxos. Há dois tipos principais de lipídeos não saponificáveis: os esteróides e os terpenos. O colesterol é o principal esteroide encontrado no plasma e nos tecidos animais onde ocorre na forma livre ou combinada. O colesterol pode ser sintetizado pelo organismo animal e também pode provir da dieta, especialmente, quando ela é rica em alimentos como leite e derivados, ovos e car-

nes gordurosas, dentre outros. No organismo, o colesterol é sintetizado a partir de 3 moléculas de acetil COA, que é o produto da  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos. Apresenta como função fisiológica a de ser o precursor na síntese de compostos como ácidos biliares (cólico, glicocólico, taucólico), hormônios e vitamina D. Entretanto, as altas concentrações de colesterol sérico, acima de 220mg/100ml de plasma têm uma relação direta com os processos de aterosclerose os quais têm como efeito patogênico as trombooses e os acidentes cardiovasculares, como o enfarto do miocárdio.

Os lipídeos são encontrados em todas as células e tecidos, mas não são suficientemente polares para circularem livremente em um meio aquoso, como o plasma. Assim sendo, eles necessitam de um carreador (proteína) e com ele formam as chamadas lipoproteínas, que são classificadas de acordo com sua densidade ou mobilidade eletroforética em: VLDL - lipoproteínas de densidade muito baixa, LDL - lipoproteínas de densidade baixa e HDL - lipoproteínas de densidade alta. As lipoproteínas são sintetizadas e secretadas pelo fígado e intestino. Elas transportam os triglicerídeos, o colesterol e os fosfolipídeos absorvidos pelas células do intestino para o tecido adiposo e fígado.

As lipoproteínas, do tipo VLDL, transportam os triglicerídeos para o tecido adiposo e o seu resíduo é transformado em LDL, a qual possui altos níveis de colesterol esterificado que será, então, transportado para as células dos tecidos periféricos. As lipoproteínas LDL são também responsáveis pelo mecanismo que controla a síntese do colesterol endógeno nos tecidos. Este mecanismo é controlado da seguinte maneira: 1) o colesterol que se encontra no interior das células, que foi transportado pela LDL, inibe a formação da enzima 3-hidroxi-3-metilglutaril-COA redutase que, por sua vez, irá inibir a síntese de novas moléculas de colesterol pela célula; 2) a própria síntese da LDL é regulada por "feedback". Assim, quando há abundância de colesterol no interior das células, novas moléculas de LDL não são sintetizadas e também a penetração, no interior das células, de novas LDL transportando colesterol do plasma fica bloqueada e, estas LDL-colesterol que ficam circulando pelas veias e artérias constituem num risco para a formação das placas aterogênicas.

Resumindo, o colesterol transportado pelas LDL constitui importante fa-

tor de risco para as doenças cardiovasculares, pois após liberarem esse colesterol para ser utilizado pelas células, o excedente ficará circulando e poderá ocasionar a formação de aterosclerose. Assim sendo, um alto nível de LDL no plasma é um indicativo do risco de acidentes cardiovasculares. As lipoproteínas de alta densidade (HDL) têm um efeito protetor, pois elas recebem o colesterol livre dos tecidos e fazem um transporte reverso deste colesterol, ou seja, elas transportam o colesterol dos tecidos periféricos para o fígado onde ele será metabolizado. Assim sendo, elas são consideradas anti-aterogênicas.

Diversos pesquisadores vêm estudando a relação entre a ingestão de ácidos graxos presentes na dieta e a formação das lipoproteínas e, chegaram às seguintes conclusões: 1) dietas ricas em ácidos graxos saturados como palmítico e mirístico, presentes nos produtos lácteos e nas gorduras animais, têm um efeito sensível no aumento do teor das lipoproteínas de densidade baixa (LDL), um aumento nos níveis de colesterol sérico e conseqüentemente maiores riscos de aterosclerose; 2) a ingestão de dietas ricas em ácidos graxos poli-insaturados como linoléico e linolênico ocasiona o aumento das proteínas de alta densidade (HDL), a redução do colesterol plasmático e redução das proteínas de baixa densidade (LDL e VLDL); 3) o ácido Eicosapentanoico que é um derivado do ácido linolênico é um agente inibidor da aterogênese e, conseqüentemente, da trombogênese.

Os ácidos graxos poli-insaturados como linoléico, linolênico e araquidônico são denominados ácidos graxos essenciais. Isto é, eles devem ser ingeridos na dieta pois o organismo humano não é capaz de sintetizá-los.

Dentre os óleos vegetais comestíveis, o óleo de girassol é aquele que apresenta, em sua composição, o maior teor percentual de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o ácido linoléico. Assim sendo, a utilização do óleo de girassol na dieta, além de suprir as necessidades do organismo em termos de ácidos graxos essenciais, constitui um importante fator para prevenção de aterosclerose e dos acidentes do sistema cardiovascular.

## Literatura Consultada

- ALBA, E.; GRECO, I. An analysis of the association factors influencing seed yield in sunflower. **Sunflower Newsletter**, v.2, p.13-15, 1979.
- AMINO acid content of foods and biological data on proteins. s.l. FAO Food Policy and Food Science Service, Nutritional Division, 1978. n.p. (FAO Nutritional Studies, 24).
- BAUDET, J.; LECLERQ, P.; MOSSE, J. Sur la richesse en lysine des graines de tournesol en fonction de leur teneur en protéines. C.R. Acad. Sci., n° 273, p.1112-1115, 1971.
- CANVIN, D.T. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. **Can. J. Bot.**,v.4, p.63-69, 1965.
- CEGLA, G.F.; BELL, K.R. High pressure liquid chromatography for the analysis of soluble carbohydrates in defated oilseed meals. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.54, p.150-152, 1977.
- DORPERT, W.V.; BERINGER, H. Effect of ripening, temperature and oxygen supply on the syntesis of unsaturated fatty acid and tocopherols in sunflower seeds. **Zeitschrift Pflanzenernae Hrung. Bodenkunde**, v.2, p.157-167, 1976.
- DORRELL, D.G. Chlorogenic acid content of meal from cultivated and wild sunflowers. **Crop Science**, v.16, p.422-424, 1976.
- DOWNES, R.W.; TONNET, M.L. Selection of sunflower plants containing high linoleic acid, and its agronomic significance. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. **Proceedings**. Surfers Paradise : Australian Sunflower Association, 1982. p.258-261.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J. La calidad de los aceites vegetales. Mejora genética: justificación e perspectivas. **Agricultura**, n° 556, p.659-662, 1978.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J.; DOMINGUEZ-GIMENEZ, J. Evaluacion de la variabilidad en caracteres de la semilla de una colección mundial de girasol. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar Del Plata. **Proceedings**. Mar del Plata : Asociacion Argentina de Girasol / I.S.A., 1985. p.535-540.

- FERNANDEZ-MARTINEZ, J.; KNOWLES, P.F. Variability in fatty acid composition of the seed oil of *Helianthus* species. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar, União Soviética, **Proceedings**. Krasnodar, 1976. p.401-408.
- FICK, G.N. Heritability of oil content in sunflowers. **Crop Science**, v.15, p.77-78, 1975.
- FICK, G.N. Inheritance of high oleic acid in the seed oil of sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 1984. Bismark, **Proceedings**. Bismark, 1984. 9p.
- GIRAULT, A.; BAUDET, J.; MOSSE, J. Etudes des protéines de la graine de tournesol en vue de l'amélioration de leur teneur en lysine. In: SYMPOSIUM IMPORTANCE OF PLANT PROTEIN TECHNOLOGY, 1970, Vienna. **Proceedings**. Viena : IEAA, 1970. p.275-284.
- GUNGSTONE, F.D.; NORRIS, F.A. **Lipids in foods: chemistry, biochemistry and technology**. Oxford : Pergamon press, 1983. 170p.
- IVANOV, P. Biochemical differentiation of sunflower varieties as a result of breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucarest. **Proceedings**. Bucarest, 1974. p.225-229.
- KINMAN, M.L.; EARLE, F.R. Agronomic performance and chemical composition of the seed of sunflower hybrids and introduced varieties. **Crop Science**, v.4, p.417-420, 1964.
- KOCHHAR, S.P.; ROSSELL, J.B. Determination of oil in sunflowers seeds. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.64, nº 6, p.865-869, 1987.
- KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo : Roca, 1985. p.61-76.
- LAJARA, J.R.; DIAZ, U.; QUIDIELLO, R.D. Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid composition of sunflower seed oil. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.67, nº 10, p.618-623, 1990.
- LANZANI, A.; CARDILLO, M.; PETRINI, M.C. La farine da semi di girasole nella prospettiva di impieghi alimentari. In: CONEGNO SUELI ASPETTI GENETICI AGRONOMICI E PATOLOGICI DEL GIRASOLE E SULLE CARATTERISTICHE INDUSTRIALI, ALIMENTARI E COMMERCIALI DEL PRODOTTO, 1978, Pisa. Pisa : Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1978. n.p.

- LEHNINGER, A.L. **Fundamentos de bioquímica**. São Paulo : Sarvier, 1980. p.107-120.
- POMENTA, J.V.; BURUS, E.E. Factors affecting, chlorogenic, quinic and caffeic acid levels in sunflower kernels. **Journal of Food Science**, v.36, p.499-1971,
- PURDY, R.H. High oleic sunflower: physical and chemical characteristics. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.63, nº 8, p.1062-1066, 1986.
- PURDY, R.H. Oxidative stability of high oleic sunflower and safflower oils. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.62, nº 3, p.523-525, 1985.
- PUTT, E.D.; CRAIG, B.M.; CARSON, R.B. Variation in composition of sunflower oil from composite samples and single seeds of varieties and inbred lines. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.46, p.126-129, 1969.
- ROBINSON, R.G. Amino acid and elemental composition of sunflower and pumpkin seeds. **Agronomy Journal**, v.67, p.541-544, 1975.
- SANTOS, T.M.C.; SANTOS, J.E. dos. Lipídios. In: OLIVEIRA, J.E.D. de; SANTOS, A.C.; WILSON, E.D. **Nutrição básica**. São Paulo : Sarvier, 1982. p.15-28.
- SASTRY, M.C.S.; SUBRAMANIAN, N. Effect of heat processing on phenolic constituents and nutritional quality of sunflower flours. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.62, nº 7, p.1131-1134, 1985.
- SNYDER, J.M.; FRANKEL, E.N.; SELKE, E. Capillary gas chromatographic analyses of headspace volatiles from vegetable Oils. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.62, nº 12, p.1675-1679, 1985.
- SOLDATOV, K. Chemical mutagenesis for sunflower breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings**. Krasnodar, 1976. p.352-357.
- SOSULSKI, F. Food uses of sunflower proteins. **Journal of the American Oil Chemistry's Society**, v.56, p.438-442. 1979.
- STRYER, L. **Biochemistry**. 2.ed. New York : Freeman, 1981. p.458-483.
- WEST, C.E.; REDGRAVE, T.G. Reservation on the use of polyunsaturated fats in human nutrition. **Search**, v.5, p.90-94, 1974.