

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AFLATOXINA EM AMENDOIM

(*Arachis hypogaea* L) ARMAZENADO APÓS SECAGEM NATURAL E

ARTIFICIAL

POR

DENISE GOMES ALVES

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Denise Gomes Alves e aprovada pela Comissão Julgadora em 23 de novembro de 1995. Campinas, 21 de março de 1996.

Presidente da Banca



Campinas-SF
Novembro - 1995

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AFLATOXINA EM AMENDOIM
(*Arachis hypogaea* L) ARMAZENADO APÓS SECAGEM NATURAL E**

ARTIFICIAL

POR

DENISE GOMES ALVES

**Orientador
Prof.Dr.JOÃO DOMINGOS BIAGI**

Dissertação apresentada como cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola: área de concentração Pré-Processamento de Produtos Agropecuários.

**Campinas-SP
Novembro 1995**

9620073

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	AL 87a
V. E.º	
TOMBO BC/	29152
PROC.	663/96
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO R\$	11,00
DATA	27/11/96
N.º CPD	

CM-00095048-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

AL87a Alves Denise Gomes
Avaliação do nível de aflatoxina em amendoim
(*Arachis hypogaea* L) armazenado após secagem natural e
artificial / Denise Gomes Alves.--Campinas, SP: [s.n.],
1995.

Orientador: João Domingos Biagi.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Amendoim. 2. Aflatoxina. 3. Cereais -
Armazenamento. 4. Cereais - Secagem. I. Biagi, João
Domingos. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

DEDICATÓRIA

À Deus dedico, porque em nenhum momento deste caminho, e principalmente nos piores trechos, andei sozinha.

Aos meus pais José e Rosa e ao meu irmão Roberto ofereço, pela compreensão e esforço nestes anos todos.

Ao José, por todos esses anos, ofereço também.

“Estejam sempre alegres, orem sempre, e sejam agradecidos à Deus em todas as ocasiões. Isto é o que Deus quer de vocês, em sua vida em união com Jesus Cristo.”

1 Tessalonicenses 5,16-18

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. João Domingos Biagi, pela orientação, amizade, paciência e carinho que sempre teve comigo.

Ao Prof. Dr. Kil Jin Park pelas palavras de bom humor sempre e acima de tudo pelas citações bíblicas sempre de acordo com o momento vivido.

Ao Prof. Dr. José Tadeu Jorge pelas dicas fornecidas em algumas disciplinas, que favoreceram o desenvolvimento do trabalho.

À Prof^a. Marisa do Carmo Fiorini Chinellato, pela revisão do texto e pela amizade.

Aos técnicos de laboratório Maria Rosália da Silva Favoretto, Francisco Ferreira de Oliveira e Dagoberto Favoretto Júnior, sem os quais jamais teria conseguido fazer o meu trabalho.

Ao pessoal do Campo Experimental, que muito ajudou para descarregar o amendoim e colocar no silo. Não vou citar nomes para não ser injusta e esquecer alguém.

Aos amigos Rogério Matiello Vera, Daniela Lobo Kazinczi, Maria Aparecida Azevedo, Ednaldo Carvalho Guimarães, Leila Beatriz da Silva e Antonio Camilo da Cruz Júnior sempre prestativos e acima de tudo companheiros de jornada.

À Vânia, Rosângela e Val pela atenção com que sempre desempenharam a função de amigas, mais do que secretárias. E na pessoa delas quero homenagear as outras secretárias da FEAGRI que fazem do seu trabalho uma forma de fazer amigos e espalhar sorrisos.

À Lenice, que na função de xerocar papéis, xerocou para mim Palavras de Deus que iluminaram os meus caminhos.

Ao pessoal da limpeza que na sua função muitas vezes limpou o meu dia. Também aqui cabe ressaltar que todos estão no meu pensamento, sem nomes, nem rótulos, apenas rostos amigos.

Ao Clóvis e o Edgar que em muitos momentos conseguiram evitar a minha vontade louca de destruir o computador.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

À FAEP pelos recursos fornecidos para o desenvolvimento do trabalho.

À Copercana e ao Engenheiro Agrônomo Augusto Strini, pela doação do amendoim.

Aos amigos que eu fiz na EEPSG “Elvira de Pardo Mêo Muraro”, pela amizade e companheirismo neste ano de convivência, não vou citar nomes, porque todos tem um espaço no meu coração e sabem disso. Eu os chamo de amigos, porque realmente são e espero poder contar sempre com a amizade deles.

À todos que se dedicaram dentro e fora , torcendo e vibrando pela vitória, trabalhando e fazendo valer à pena cada minuto dedicado à este trabalho, eu os chamo não de amigos, mas irmãos, irmãos em Cristo Jesus.

Muito obrigada de todo o coração.

SUMÁRIO

	Página
PÁGINA DE ROSTO	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	vi
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xii
1.INTRODUÇÃO	1
2.OBJETIVOS	4
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Caracterização do amendoim	5
3.2 Teor de umidade	6
3.3 Secagem	8
3.3.1 Parâmetros de secagem	10
3.3.1.1 Efeitos da temperatura de secagem	11
3.3.1.2 Fluxo de ar	12
3.4 Qualidade do produto	12
3.5 Micotoxinas	13

3.5.1 Fungo	14
3.5.2 Substrato	16
3.5.3 Temperatura	16
3.5.4 Umidade relativa	17
3.5.5 Tempo	17
3.5.6 Atmosfera	18
3.5.7 Interação microbiana	18
3.6 Aflatoxina	18
3.7 Métodos de determinação de aflatoxina	23
3.8 Embalagem	25
3.8.1 Usos em alimentos	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Material	30
4.1.1 Matéria-prima	30
4.1.2 Equipamentos	31
4.1.2.1 Silo armazenador e secador	31
4.1.2.2 Secador	31
4.2 Métodos	32
4.2.1 Preparação da Matéria-Prima	32
4.2.2 Determinação da umidade do produto	33
4.2.3 Secagem Artificial	34
4.2.3.1 Temperatura de secagem	35
4.2.3.2 Fluxo de Ar	35
4.2.3.3 Processos de Secagem	35
4.2.4 Secagem Natural	37
4.2.5 Condições Ambientais	37

4.2.6 Armazenamento	37
4.2.7 Qualidade do Produto	38
4.2.7.1 Determinação da concentração dos padrões	39
4.2.7.2 Determinação da Aflatoxina	40
5.RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1 Secagem	42
5.2 Armazenamento	49
5.3 Aflatoxina	52
6. CONCLUSÕES	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Área plantada, colhida, produção e rendimento médio do amendoim em casca, no Brasil	2
Tabela 2. Área plantada, colhida, produção e rendimento médio do amendoim em casca, no Estado de São Paulo	2
Tabela 3. Composição Média do Amendoim	5
Tabela 4. Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para o desenvolvimento de diversas espécies de fungos, comuns nos grãos armazenados	17
Tabela 5. Características gerais do PEBD e PEAD (espessura até 75 μ)	29
Tabela 6. Condições ambientais médias durante o processo de secagem	42
Tabela 7. Dados experimentais do processo de secagem	43
Tabela 8. Dados de teor de umidade durante o período de armazenamento	50
Tabela 9. Dados climáticos fornecidos pelo CEPAGRI - UNICAMP, durante o processo de armazenamento	52
Tabela 10. Dados de armazenamento e nível de aflatoxina	53

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Teores de umidades de equilíbrio da vagem, do grão e da casca de amendoim.	8
Figura 2. Aflatoxina B ₁ e seus vários metabólitos formados pelo metabolismo do fungo.	20
Figura 3. Esquema do secador da posição das bandejas	32
Figura 4. Curvas de secagem em camada estática para duas alturas de camada de 0,5 e 1,0 m, umidade inicial de 18 %, temperatura de 40°C e fluxo de 25 m ³ /min.m ² .	45
Figura 5. Curvas de secagem de camada estática com altura de camada de 0,5 m, temperatura de 40°C, fluxo de 12,5 m ³ /min.m ² e umidade inicial de 12%.	47
Figura 6. Curvas de secagem de simulação de camada em movimento com altura de camada de 0,25 m, temperatura de 40°C, fluxo de 12,5 m ³ /min.m ² e umidade inicial de 12 %.	48
Figura 7. Variação do teor de umidade do tratamento 1 durante o período de armazenamento, umidade inicial de 9,41%	49
Figura 8. Nível de aflatoxina em partes por bilhão (ppb) do tratamento 3 durante o período de armazenamento.	55

RESUMO

Devido aos graves problemas que o amendoim enfrenta, com relação ao desenvolvimento de fungos, e visto que o produto só pode ser exportado se obedecer os limites aceitáveis de aflatoxina, este trabalho teve por finalidade controlar o aparecimento do fungo *Aspergillus flavus*, através do processo de secagem e a produção da aflatoxina durante o período de armazenamento. Os tratamentos utilizados para o projeto de pesquisa foram: secagem artificial - 1 nível de temperatura (40°C), 2 fluxos de ar (12.5 e 25 m³ de ar/min. m²), 2 alturas de camada para secagem de camada estática (0,5 e 1,0 m), 1 altura de camada para secagem de camada em movimento (0,25 m), secagem natural e o armazenamento foi feito com 2 tipos de embalagem (sacos plásticos e sacos de aniagem). Foi utilizado o método de SOARES & RODRIGUEZ-AMAYA (1989) para a determinação de aflatoxina e o método ASAE S410T para determinar a umidade. As amostras foram armazenadas em prateleiras durante oito meses e analisadas mensalmente com a determinação de umidade e quantidade de aflatoxina. Pela observação dos dados concluiu-se que: a secagem artificial foi mais eficiente que a secagem natural; o fluxo de ar maior torna o processo de secagem mais rápido; a embalagem de plástico mantém o produto mais úmido; os tratamentos que não apresentavam nível de aflatoxina antes do processo de secagem, mantiveram-se isentos de toxina durante o armazenamento, tanto nas embalagens de plástico, quanto nas de aniagem; nos tratamentos que apresentaram aflatoxina desde o processo de secagem, a embalagem não foi capaz de impedir a produção de aflatoxina; a secagem também não impediu a produção de aflatoxina; o produto armazenado em embalagem plástica sofre menor influência do ambiente.

SUMMARY

Due to the serious problems that the peanut meets because fungus growth and the product can only be exported if it follows the acceptable limits of aflatoxin. The objectives of this work were to analyse the influence of the drying process on the *Aspergillus flavus* L. appearing and the aflatoxin production during the storage period. The treatments utilized were: 1 level of temperature (40° C), 2 air flows (12,5 e 25 m³ of air/min.m²), 2 drying bed depths for static drying (0,5 e 1,0 m), 1 drying bed depths for continuous drying (0,25 m) and the storage was done with 2 types of package (plastic and burlap bags). There was utilized the SOARES & RODRIGUEZ-AMAYA's method (1989) to determinate the aflatoxin and the ASAE S410T's method to determinate the moisture content. The samples were stored during eight months and the moisture content and aflatoxin quantity were analysed monthly. The results indicated that the artificial drying was more efficient than natural drying; the drying time was lower for the higher air flow, plastic package suffers less influence of the environment. The peanut that didn't present aflatoxin before the drying process, were kept free of toxin during the storage, for both plastic and burlap bags. For the treatments that presented aflatoxin before the drying process, neither drying nor package type prevented the aflatoxin production. It is important to dry peanut as soon as it is harvested to get a better quality product.

1. INTRODUÇÃO

O amendoim é uma opção agrícola de importância na parte oeste do Estado de São Paulo e, atualmente, de interesse para regiões canavieiras por oferecer melhores condições ao solo na sucessão ao plantio da cana-de-açúcar. A época de colheita do amendoim é de 100 a 110 dias após a sementeira. A cultura do amendoim tem rentabilidade satisfatória quando a tecnologia disponível, como secagem e armazenamento adequados, é usada e as condições de clima e de mercado são normais (GODOY, 1990).

COFFELT (1989) comentou que os maiores países produtores de amendoim são Índia, China e Estados Unidos, há mais de 35 anos. Na Tabela 1 podemos ver a situação do Brasil na produção de amendoim. Observa-se que a área colhida é menor que a área plantada, indicando que há perdas e estas podem estar ocorrendo no desenvolvimento da planta. No ano de 1991 vê-se que, embora a área plantada, colhida e a produção sejam maiores, o rendimento médio foi menor que no ano anterior. Este problema também ocorreu no Estado de São Paulo, maior produtor de amendoim do Brasil, como mostrado na Tabela 2. Neste Estado a área colhida é exatamente igual à área plantada.

Tabela 1. Área plantada, colhida, produção e rendimento médio do amendoim em casca, no Brasil.

Ano	Área (ha) plantada	colhida	Produção (t)	Rendimento médio kg/ha
90	83.890	83.583	138.325	1.654
91	89.420	89.414	140.548	1.572
92	99.544	99.525	170.561	1.714

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1993.

Tabela 2. Área plantada, colhida, produção e rendimento médio de amendoim em casca, no Estado de São Paulo.

Ano	Área (ha) plantada	colhida	Produção (t)	Rendimento médio kg/ha
90	68.540	68.540	121.250	1.769
91	73.026	73.026	123.000	1.684
92	84.850	84.850	153.850	1.812

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1993.

LASCA (1986) verificou que o desenvolvimento da planta de amendoim é melhor em regiões quentes. Temperaturas de 30°C ou ligeiramente superiores são as mais benéficas para a germinação e para o desenvolvimento inicial das plantas. O desenvolvimento das plantas e a maturação dos frutos apresentam atraso nos períodos frios e temperaturas inferiores a 21°C não são adequadas à produção de amendoim. Grandes diferenças entre as temperaturas diurnas e noturnas também são prejudiciais.

A agricultura moderna tem se utilizado muito da secagem artificial, visto que, sendo um processo mais rápido e que independe de condições atmosféricas é bastante eficiente na preservação de grãos. Para secar as vagens de amendoim, o agricultor ainda se utiliza da secagem natural, isto é, no campo, o que pode comprometer a qualidade do produto, visto que a secagem natural está sujeita à ação do tempo. O reumedecimento da planta favorece o aparecimento de fungos e, conseqüentemente, a contaminação pelas micotoxinas.

As micotoxinas são substâncias tóxicas formadas durante o crescimento de fungos e a este crescimento se associa mudança de natureza física do alimento, no sabor, odor e aparência do produto. Dentre as micotoxinas estão as aflatoxinas que são toxinas causadoras de câncer e são produzidas pelos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, quando as condições ambientais são ideais tais como a temperatura e umidade. Estes fungos crescem em milho, amendoim, arroz e muitos outros grãos. A embalagem também é um fator que pode influenciar no aparecimento do fungo e portanto, deve-se tomar o máximo cuidado quando da escolha da mesma para o armazenamento do produto.

A contaminação do amendoim causa problemas sérios na exportação do produto e também na expansão do mercado consumidor interno. O amendoim livre de aflatoxina pode trazer de volta aos produtores melhores preços de mercado, visto que o produto oferecido será de boa qualidade.

2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de parâmetros de secagem, armazenamento e tipo de embalagem que pudessem controlar o desenvolvimento do fungo *Aspergillus flavus* e a produção de aflatoxina em amendoim.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência dos parâmetros de secagem no desenvolvimento do fungo e na produção de aflatoxina;
- Determinar a presença de aflatoxina depois da secagem e seu desenvolvimento durante o processo de armazenamento;
- Avaliar se o tipo de embalagem utilizada na armazenagem influencia o nível de aflatoxina;
- Avaliar influências devido ao tipo de embalagem: plástico ou anagem; no nível de umidade final do produto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Caracterização do Amendoim

O amendoim é uma planta herbácea anual pertencente à ordem Leguminosae e utilizado principalmente sob a forma de óleos vegetais comestíveis (PUZZI, 1986). Tem cerca de 596 calorias em cada 100 g, sendo um alimento de excepcional qualidade devido à quantidade de proteína (DALBELLO, 1995). A torta resultante da extração de óleos é utilizada para alimentação animal.

Tabela 3. Composição Média do Amendoim.

Constituinte	Média (%)
Água	6.0
Matérias proteicas	28.0
Matérias graxas	48.0
Carboidratos	13.0
Fibras	2.5
Cinzas	2.5

Fonte: PUZZI, 1986.

A cultivar Tatu tem vagens com predominância de três ou quatro sementes, com película vermelha, peso médio de 0,45 g, 46 % de óleo e ciclo de 90 a 120 dias. Observando-se o desenvolvimento dos grãos e da cor da parte interna da casca (marrom escuro quando o amendoim está maduro), tem-se uma maneira prática de estimar, com certa aproximação, a época mais indicada para a colheita, que deve ocorrer quando 70% das vagens apresentar este escurecimento. O amendoim Tatu, com razoável frequência, atinge em São Paulo o ponto de colheita pouco antes de 110 dias após a semeadura. A semeadura no Estado de São Paulo é feita nos meses de setembro e outubro para colheita nas águas (janeiro e fevereiro) e fevereiro para colheita na seca (junho e julho) (LASCA, 1986;GODOY et al., 1992).

3.2. Teor de Umidade

Atualmente as perdas na lavoura estão relacionadas também com o teor de umidade dos grãos e os produtores podem diminuir estas perdas antecipando a colheita, retirando do campo um produto com maior teor de umidade e secando artificialmente, sem que o amendoim esteja sujeito à ação do tempo. (WEBER, 1995).

As vagens de amendoim ao serem colhidas estão com cerca de 35 a 40 % de umidade. Segundo o Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária - MAARA e Conselho Nacional de Abastecimento - CONAB os teores de umidade de amendoim recomendados para comercialização e armazenagem são: 7-8%, base úmida (b.u.) faixa ideal e 9%, b. u. tolerância máxima (CONAB) e 12%, b. u. (MAARA) (WEBER, 1995).

O que pode prejudicar a conservação do produto, caso a secagem não seja completa, é o fato de que as plantas de amendoim exibem vagens em todos os estádios de

desenvolvimento, visto que a floração se estende por longo período e que há contínua formação de vagens (CANECHIO, 1987).

PUZZI (1986) comenta que a secagem dos grãos, para atingir os níveis de teor de umidade que impeçam a produção de fungos, é uma operação prática e de segurança. Na secagem natural, por longo período de tempo, os grãos com alto teor de umidade vão favorecer o aparecimento de fungos e na secagem mecânica com as altas temperaturas pode ocorrer trincamento nos grãos, que propicia condições favoráveis ao ataque de microorganismos. Se o amendoim permanece no campo três dias sem chuva e com bastante sol, apresenta em geral menos de 10 % de umidade e pode ser ensacado sem secagem artificial (LASCA, 1986).

De acordo com CHRISTENSEN & KAUFMANN (1974), o fungo *A. flavus* requer uma umidade relativa de 85% e temperatura de 26-30°C para seu crescimento e para produção de aflatoxina. O teor de umidade do amendoim armazenado é crítico para o crescimento de fungos e, se não for controlado, pode favorecer o aparecimento de fungos menos exigentes com relação à umidade relativa favorecendo o desenvolvimento do *A. flavus*.

A Figura 1 mostra o gráfico do equilíbrio higroscópico do amendoim, indicando os teores de umidade da vagem, do grão e da casca relacionados com a umidade relativa.

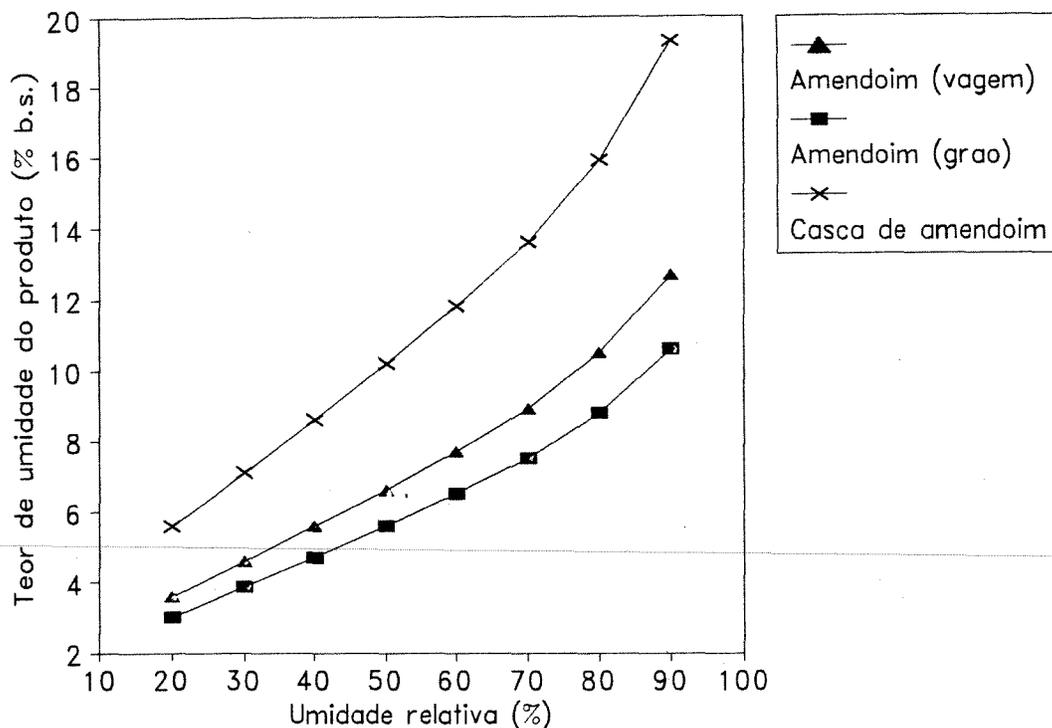


Figura 1. Teores de umidades de equilíbrio da vagem, do grão e da casca de amendoim.

Fonte: BROOKER et al, 1992

3.3. Secagem

Os produtos higroscópicos têm a propriedade de intercambiar água com o ar ambiente por adsorção ou desorção, sob a forma de vapor, de acordo com as condições de umidade do produto e umidade relativa do ar. O processo de secagem retira umidade através da movimentação da água do produto para o ambiente, devido a uma diferença de pressão parcial de vapor de água entre a superfície do produto a ser seco e o ar que o envolve (LASSERAN, 1978; FORTES & OKOS, 1980 e BROOKER et al., 1992).

Durante o processo de secagem, os produtos biológicos podem apresentar duas fases diferentes no seu comportamento. Uma fase de perda de umidade à taxa constante no início do processo, outra fase, na continuação do processo, que pode se dividir em até duas fases com perda de umidade às taxas decrescentes de secagem (FORTES & OKOS, 1980). Os grãos, por serem considerados produto higroscópico, possuem apenas taxa de secagem decrescente que se reduz continuamente durante o processo de secagem, sendo que a redução de migração da umidade do interior para a superfície do produto é um fator limitante (BROOKER et al, 1992).

O ar é usado em sistemas condicionadores de grãos para desenvolver muitas funções. Na operação de secagem o ar leva calor para dentro do sistema para evaporar a umidade e então levar a água evaporada para fora do sistema. No sistema de aeração, o ar é usado para retirar calor do sistema, portanto, resfriando o produto. Algumas vezes, pode levar umidade para dentro do sistema com o propósito de reumedecer o produto. Também pode ser usado para levar produtos químicos dentro do sistema para controlar o crescimento de microrganismos. É importante, então, na seleção dos componentes do sistema de secagem que os princípios de movimento do ar e as características do ar em movimento sejam entendidos (BROOKER et al., 1992)

Há uma queda na qualidade do grão de amendoim quando se faz secagem excessiva e rápida demais, pois uma secagem excessiva pode causar perda de preço no mercado, devido à perda de peso do produto, e uma secagem rápida demais pode ocasionar trincamento dos grãos.

LASCA (1986) comenta que a aflatoxina pode ser controlada utilizando a secagem parcial das vagens no campo, por dois ou três dias, seguida de secagem artificial em secador mecânico, até a umidade de 10 %.

A secagem mecânica pode ser efetuada a 55°C, contudo, para sementes de amendoim, recomenda-se a secagem a temperaturas inferiores a 40°C. Em secadores de fundo falso, onde o ar aquecido atravessa a carga de vagens, a temperatura recomendada é de 35°C, porque sob temperaturas mais elevadas a água dos grãos é evaporada mais rapidamente (LASCA, 1986).

3.3.1. Parâmetros de secagem

Segundo BAKKER-ARKEMA et al (1978) e DALPASQUALE (1984), os parâmetros de secagem que influenciam a taxa e a eficiência de secagem, quando os grãos são secos utilizando ar forçado, são a temperatura e umidade relativa ambientes, temperatura e fluxo do ar de secagem, teor de umidade inicial, final e de equilíbrio dos grãos, a temperatura e velocidade dos grãos no secador, e ainda a variedade e a história do produto do plantio até a colheita.

A taxa e a eficiência de secagem são influenciadas pelos parâmetros de secagem não isoladamente, mas como um conjunto de fatores, porque eles não são independentes. Se houver um controle eficiente dos parâmetros pode-se determinar o equipamento adequado para condições específicas de secagem (DALBELLO, 1995).

O efeito de parâmetros de secagem em camadas finas com o milho, sob condições experimentais de temperaturas variando de 27 a 116°C e umidade inicial de 26 a 29%, foi pesquisado por LI & MOREY (1984) e concluíram que a temperatura de secagem é o parâmetro que exerce maior influência sobre a taxa de secagem, dentre todas as variáveis estudadas (fluxo de ar, umidade inicial do produto e umidade relativa do ar). A razão de umidade é afetada significativamente pela umidade inicial, que também influe na taxa de secagem.

3.3.1.1. Efeitos da temperatura de secagem

Durante o processo de secagem, pode-se observar as temperaturas que influenciam o processo. A temperatura de entrada do ar quente na câmara de secagem, a temperatura do produto a ser seco e a temperatura do ar secante na saída do secador.

As melhores características do produto são observadas se a secagem for feita num período maior de tempo e com temperaturas não muito altas, o que também aumenta a vida útil do secador. A temperatura máxima admissível deve levar em consideração a natureza do produto, o fim ao qual se destina e o teor de umidade inicial do produto. Um produto com alto teor de umidade possui maior quantidade de água livre, que funciona como um verdadeiro dissolvente, e quanto mais alta a sua temperatura maior o seu poder dissolvente. Pela evaporação da água os dissolvidos vão se acumular na periferia das substâncias solúveis em água quente o que fará com que o produto esteja alterado no final do processo de secagem (PUZZI, 1986).

As qualidades originais do produto são mantidas quando ele é seco a baixas temperaturas, porque estas não oferecem condições para certas substâncias muito voláteis desprender-se do grão. Considera-se baixa temperatura para o processo de secagem, quando a secagem se faz com o ar natural ou aquecido em torno de 1 a 10°C acima da temperatura ambiente (DALBELLO, 1995).

DALPASQUALE et al. (1985) pesquisaram a secagem de amendoim em camadas finas, às temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, e mostraram que a secagem pode ser adequadamente simulada pela teoria da difusão de líquido quando o produto for considerado corpo esférico, composto por dois materiais com difusividade de massa distintas (grão e casca).

3.3.1.2. Fluxo de Ar

A pressão de queda para fluxo de ar através de qualquer produto depende da taxa de fluxo de ar, características de forma e superfície do produto, número, tamanho e configuração de vazios, a variabilidade de tamanho da partícula e profundidade da camada de produto (BROOKER et al., 1992). O fluxo de ar de secagem é importante, porque se ele for insuficiente, tornando o processo de secagem muito lento, vai favorecer o desenvolvimento de fungos, causando com isso a deterioração do produto. O amendoim apresenta uma resistência ao fluxo de ar, devido ao aumento do teor de umidade e a determinação desta resistência é importante em projetos de secagem e sistemas de aeração (STEELE, 1974).

A secagem de amendoim com fluxo de ar intermitente, comparando duas vazões: $12,5 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, vazão mínima recomendada e $25 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, a mais utilizada entre produtores dos Estados Unidos, com umidade variando de 16 a 32%, foi utilizada por TROEGER & BUTLER (1980) que concluíram que os tratamentos com fluxos de ar mais elevados mostraram resultados similares aos de fluxos menores.

3.4. Qualidade do produto

As condições ambientais durante o período de crescimento da cultura, período e sistema de colheita, tratamento pós-colheita, práticas de armazenagem e procedimentos no transporte da produção são fatores que afetam a qualidade do produto. Características qualitativas, tais como, teor de umidade, grãos quebrados, impurezas, coloração e grãos danificados ou mal formados são consideradas nos padrões de qualidade do comércio internacional (BROOKER et al., 1992).

O desenvolvimento da microflora e micotoxinas, porcentagem de grãos quebrados e separação de cotilédones durante o descascamento, bem como o desprendimento da película dos grãos, são fatores que são influenciados por parâmetros relacionados ao manejo durante e após a colheita (colheita manual ou mecânica, teor de umidade, temperatura e fluxo de ar de secagem, taxa de secagem, processamento e condições de armazenamento) (KUNZE et al, 1968; WOODROOF, 1983).

TROEGER & BUTLER (1980), utilizando fluxo de ar de secagem de forma intermitente, constataram que os grãos localizados na parte inferior da coluna de secagem detinham 33% a mais de película solta quando comparados com os grãos localizados na parte superior da coluna de secagem. Os autores concluíram que este efeito foi produzido pelo período de exposição do produto a uma maior temperatura de secagem, que causou uma secagem excessiva na entrada do ar aquecido.

A secagem rápida do amendoim e/ou temperaturas muito elevadas podem causar descoloração, aumento da rancidade e no número de grãos com película solta, e cotilédones separados, o que afeta a comercialização do produto (WOODROOF, 1983).

3.5. Micotoxinas

Segundo MARSANS (1987), o principal problema da deterioração do grão não se constitui na quantidade de grãos que apodrecem, mas sim na presença de altas concentrações de toxinas. Estas toxinas, muitas das quais altamente tóxicas, são as causadoras de diversos problemas na alimentação de animais alimentados com grãos, subprodutos e farinhas contaminadas. As afecções podem ir desde uma simples redução na postura de ovos em aves até a morte de plantéis completos.

Sabe-se que a umidade e a temperatura são fatores importantes para o crescimento fúngico e produção de micotoxinas (AYERST, 1969; BULLERMAN et al, 1984; FRANÇA NETO & HENNING, 1986). Eles são dois parâmetros intimamente relacionados, embora o teor de umidade do substrato seja decisivo no crescimento e produção de micotoxinas (ROSS et al, 1979).

FONSECA(1984) pesquisou e concluiu que as micotoxinas podem causar a morte de animais utilizados em testes, e a quantidade necessária para matar varia com o tipo de toxina, tipo e idade do animal e a via pela qual a toxina é administrada. As micotoxinas são compostos altamente tóxicos e, ainda que não sejam conhecidos dados absolutamente concretos sobre como afetam efetivamente o homem, já se sabe que, em regiões onde o câncer primário é endêmico, existe uma relação com o teor de aflatoxina. Nestas regiões é prática normal o consumo de alimentos mofados o que torna de suma importância o controle destas toxinas.

Atualmente se conhecem mais de 200 micotoxinas altamente tóxicas, destas, as aflatoxinas talvez sejam as mais estudadas e delas se pode identificar vários tipos. As investigações realizadas sobre estas substâncias, demonstram sua ação cancerígena em animais e no homem (MARSANS, 1987). As condições necessárias para a produção de micotoxinas é um outro aspecto a ser analisado e a compreensão destes parâmetros pode ajudar a manter os alimentos livres destas substâncias tóxicas (FONSECA, 1984).

3.5.1. Fungo

Inicialmente, foi mencionado que muitos fungos podem produzir toxinas, contudo vários não o fazem, porque nem todas as linhagens de espécies toxigênicas produzem toxinas. Pode também variar a quantidade total de toxina produzida pelas linhagens

toxigênicas, bem como a quantidade individual de toxinas, visto que muitos fungos produzem várias micotoxinas simultaneamente (FONSECA, 1984).

O desenvolvimento de *Aspergillus* sp e *Penicillium* sp é favorecido pelo clima tropical o que pode representar um problema sério para o Brasil, devido à presença frequente de toxinas produzidas por esses fungos (PURCHIO, 1970; SABINO, 1987).

Nove espécies constituem o grupo *Aspergillus flavus*, sendo que *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus versicolor* e *Aspergillus clavato-flavus* são as linhagens toxigênicas mais importantes (RAPER & FENNEL, 1977; MOREAU, 1979; LANDERCKER, 1982). O *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* são as principais espécies aflatoxigênicas, possuindo disponibilidade nutricional de certos elementos traços que são relevantes para a biossíntese de toxinas (MAGGON et al, 1977; RAPER & FENNEL, 1977; MOREAU, 1979; SCHMIDT & ESSER, 1985).

Enquanto a toxigenicidade do *Aspergillus flavus* é dependente de interação genotípica das linhagens com o ambiente, é provável que todas as linhagens de *Aspergillus parasiticus* sejam toxigênicas (BENNET & LEE, 1979; MOREAU, 1979; BETINA, 1984). Estudos comparando linhagens de origem tropical com linhagens de regiões temperadas demonstraram que as linhagens oriundas de regiões temperadas apresentam menor toxigenicidade (MOREAU, 1979).

Os fungos de armazenamento, categoria à qual o *Aspergillus* sp pertence, são capazes de crescer em cereais contendo umidade de 13 a 18 % (MOREAU, 1979). As nozes, algodão e amendoim são susceptíveis ao desenvolvimento fúngico mesmo abaixo de 13% de umidade (BULLETMAN et al, 1984).

3.5.2. Substrato

A nível experimental, a aflatoxina tem sido produzida em vários materiais alimentícios, tais como: cereais, sementes oleaginosas, frutas, etc. Geralmente, alimentos com alto teor de carboidratos são favoráveis às altas produções de aflatoxina, mais do que as oleaginosas (o amendoim é uma exceção) ou alimentos com alto teor de proteína. Pode-se dizer que, de uma forma geral, a maioria dos alimentos oferece, potencialmente, condições para o desenvolvimento de fungos com eventual produção de toxinas (FONSECA, 1984).

3.5.3. Temperatura

O fungo se desenvolve em uma temperatura mínima que não representa necessariamente a temperatura mínima na qual a toxina é produzida. O mesmo acontece com a temperatura máxima. De um modo geral, a temperatura mínima na qual os fungos produzem toxina é mais elevada do que a necessária para o seu crescimento e a temperatura máxima em que há produção de toxina é mais baixa do que aquela para o seu crescimento. O que determina a temperatura ótima para o desenvolvimento fúngico e a produção de toxina é a espécie microbiana e a composição do produto (AYERST, 1969). A Tabela 4 mostra as temperaturas mínimas, ótimas e máximas para o desenvolvimento de diversas espécies de fungos (CHRISTENSEN & KAUFMANN, 1974).

Tabela 4. Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para o desenvolvimento de diversas espécies de fungos, comuns nos grãos armazenados.

Fungos	Temperatura °C		
	Mínima	Ótima	Máxima
<i>A. restrictus</i>	5-10	30-35	40-45
<i>A. glaucus</i>	0-5	30-35	40-45
<i>A. candidus</i>	10-15	45-50	50-55
<i>A. flavus</i>	10-15	40-45	45-50
<i>Penicillium</i>	-5-10	20-25	35-40

Fonte: CHRISTENSEN & KAUFMANN, 1974

3.5.4. Umidade relativa

FONSECA (1984) afirma que a umidade relativa do ar e a atividade da água são fatores importantes no desenvolvimento de microorganismos. Alimentos com menos teor de umidade evitarão o crescimento dos fungos e a elaboração de toxinas. A faixa de umidade relativa acima da qual a maioria dos fungos se desenvolve é entre 80-85%.

O grupo do fungo toxigênico determina o valor mínimo, ótimo e máximo de atividade de água para seu desenvolvimento, sendo que o teor mínimo requerido para o crescimento varia conforme a temperatura e substrato (BULLERMAN et al, 1984).

3.5.5. Tempo

O tempo e a temperatura estão relacionados na produção de toxinas. Variações de temperatura maiores podem acelerar a produção de toxinas. Em condições ótimas, algumas toxinas podem ser produzidas em dois dias, aumentando em 5 ou 6 dias. Depois deste período a concentração de toxina pode decrescer (FONSECA, 1984).

3.5.6. Atmosfera

Para o armazenamento de produtos pode-se utilizar outros gases, como o gás carbônico, modificando, assim o ambiente armazenador. A modificação da atmosfera, pela utilização de outros gases além do oxigênio, em proporções diferentes da condição do ambiente, pode influenciar a produção de toxina, porque os fungos precisam do oxigênio (WILSON, 1985).

3.5.7. Interação microbiana

A interação microbiana é importante, porque os fungos raramente ocorrem sozinhos nos alimentos. Ao contrário, eles coexistem com outros fungos, algumas leveduras e algumas bactérias, tornando claro que outros microorganismos presentes podem influenciar a atividade dos fungos toxigênicos, através do aumento da temperatura entre os grãos. (FONSECA, 1984).

3.6. Aflatoxina

As aflatoxinas são metabólitos secundários produzidos no final da fase estacionária do crescimento fúngico. Sua presença é mais frequente em substratos vegetais, que constituem a base da alimentação animal, comentando, assim, o leite, ovo, carne e derivados, resultando em contaminação indireta ao homem (SHERETZ et al, 1976; STOLOFF, 1977).

PUZZI (1986) cita que na Inglaterra em 1960 foram mortos mais de 100.000 peruzinhos contaminados com a aflatoxina. As aves morriam geralmente dentro de uma semana e a necrópsia revelava lesões necróticas no fígado e congestionamento nos rins.

Visto que nenhum agente infeccioso foi isolado, a suspeita era de que a doença deveria ser de ordem nutricional, porque com a mudança da ração, cessava a mortalidade. Verificou-se, também, um fator comum em todos os casos de morte dos animais, a existência de grande quantidade de torta de amendoim proveniente do Brasil, nas rações tóxicas. Ao fator tóxico da torta de amendoim e a toxina produzida pelo fungo *A. flavus*, foi dado o nome de aflatoxina.

Além do *Aspergillus flavus*, sabe-se hoje que muitos outros fungos podem produzir a aflatoxina, entre eles *A. parasiticus*, *A. ostianus*, *A. niger*, *A. oryzae* var. *microsporus*, *A. ruber*, *Penicillium variable*, *P. frequentans*, *P. citrinum*, *P. puberulum*. O *A. flavus* também produz outras substâncias tóxicas tais como: ácido oxálico, cójico, aspergílico e betanitropropiônico, uma substância tremorgênica, esterigmatocistina e aspertoxina (FONSECA, 1984).

CHRISTENSEN & KAUFMANN (1974) verificaram que a ocorrência do *A. flavus*, como muitos outros tipos de microorganismos, já é onipresente. Ocorre comumente em vegetação deteriorada de todos os tipos através do mundo. Se grãos, sementes ou outros materiais de plantas são armazenados com teores de umidade e temperaturas que favoreçam o crescimento do *A. flavus*, inevitavelmente desenvolver-se-á um inóculo naturalmente presente.

Aspergillus flavus é um grupo de espécies algumas vezes designado *Aspergillus flavus-oryzae*. Raper & Fennell, apud CHRISTENSEN & KAUFMANN (1974) incluíram 11 espécies no grupo, muitas das quais não estão exatamente separadas umas das outras e cada uma delas provavelmente contém perto de um infinito número de variedades e raças que diferem umas das outras fisiologicamente. Atualmente o *Aspergillus parasiticus*

Spear, dentro do grupo do *Aspergillus flavus-oryzae*, provavelmente é o mais comum e o mais potente produtor de aflatoxina.

BROOKER et al (1992) relataram que as aflatoxinas são produzidas por certas raças de *A. flavus* e *A. parasiticus*; no mínimo 12 derivados de aflatoxina têm sido identificados. Na Figura 2, pode-se ver os vários metabólitos da aflatoxina formados pelo metabolismo do fungo.

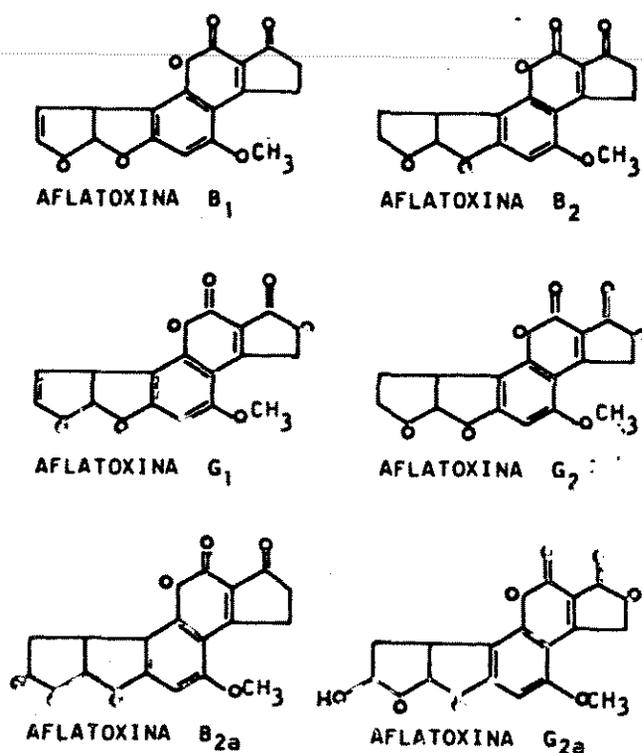


Figura 2. Aflatoxina B₁ e seus vários metabólitos formados pelo metabolismo do fungo
Fonte: BROOKER et al., 1992.

PUZZI (1986) relatou que o fungo *Aspergillus flavus* produzia quatro substâncias muito semelhantes entre si, mas variavam no nível de toxicidade. Estas substâncias foram chamadas aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂, sendo a B₁ a mais tóxica e que é usada como

referência para a determinação dos níveis de toxicidade de produtos com aflatoxina. Quando observadas sob luz ultravioleta de ondas longas (365 nm), as aflatoxinas foram identificadas como aflatoxinas B₁, B₂, G₁, e G₂ por apresentarem fluorescência azul violeta (B₁ e B₂) e esverdeadas (G₁ e G₂). Dois outros metabólitos denominados M₁ e M₂ foram detectados no leite, urina e fezes de mamíferos, fruto do metabolismo das aflatoxinas B₁ e B₂. Na prática a aflatoxina é um conjunto de formas e o seu efeito tóxico sobre um animal é o resultado da soma de todas as substâncias que integram o grupo das aflatoxinas.

A aflatoxina B₁ aparece por ocorrer mais freqüentemente em grãos afetados; é um composto cíclico com fórmula química C₇H₁₂O₆. Por causa da extrema toxidez, a tolerância para aflatoxina nos Estados Unidos é zero para alimentos destinados ao consumo humano e 20 ppb para grãos utilizados para a alimentação animal (BROOKER et al., 1992).

Devido à sua alta toxidez e por ser considerada um dos carcinógenos mais potentes a aflatoxina B₁ tem sua dose tóxica estimada em 100 g de amendoim contaminado ingerido por dia, durante 20 anos. Estudos intensivos de sua atividade no organismo humano têm sido feitos por causa de sua importância em diversos estados patológicos representados por úlceras hemorrágicas do trato digestivo e hepatomas em animais (Shibata, apud PURCHIO, 1970).

STOLOFF et al. (1991) propuseram o estabelecimento de limites e regulações para micotoxinas, mas não conseguiram o seu propósito, porque em alguns países a base científica para a regulação é inexistente ou muito pobre.

Os materiais nos quais a aflatoxina tem sido encontrada são listados por Borker et al., apud CHELSTEINSEN & KAUFMANN (1974) e são os seguintes: mandioca, cacau, coco, milho, farinha de semente de algodão, farinha de peixe, amendoim, farinha de

amendoim, ervilhas, batata, arroz, soja e trigo. No Brasil, grandes concentrações de aflatoxina têm sido encontradas nas castanhas e sementes de coco, de onde é extraído o óleo. Também estão incluídos muitos produtos animais. Bullerman et al. apud CHRISTENSEN & KAUFMANN (1974) inocularam vários tipos de carnes com raças produtoras de aflatoxinas de *A. flavus* e *A. parasiticus* incubados sob condições favoráveis para o crescimento da aflatoxina e detectaram consideráveis somas de aflatoxina na carne. Alguns produtos cárneos são guardados sob condições que permitem melhor desenvolvimento de vários fungos, especialmente espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*.

WILSON & BELL (1984) verificaram que existe pequena diferença entre *A. flavus* e *A. parasiticus* em infectividade de sementes de amendoim reidratado, milho e soja. A produção de aflatoxina é dependente de ambos os isolados do fungo e do substrato inoculado.

PUZZI (1986) afirma que devido ao problema de alta contaminação no farelo de amendoim brasileiro o Ministério da Agricultura iniciou estudos para resolver o impasse, visto que diversos países tomaram uma série de medidas restritivas relacionadas à importação do produto. A quantidade de aflatoxina aceitável em quase todos os países é de 5,0 - 12,5 partes por bilhão (ppb). MARSANS (1987) ainda cita que a Organização Mundial da Saúde outorga uma cifra máxima de 30 ppb, contudo outros países, por sua distinta necessidade de consumo, fixaram outros limites. Assim, por exemplo: os Estados Unidos aceitam amendoim com até 20 ppb para o consumo humano, Japão 10 ppb, Mercado Comum Europeu 0,01 a 0,05 ppb, Canadá 20 ppb, Polônia 5 ppb, Holanda 5 ppb, Alemanha 0,005 a 0,05 mg/kg. BROOKER et al. (1992) contraria MARSANS (1987) quando cita que os Estados Unidos não aceitam amendoim com aflatoxina; isto é, para o consumo humano o amendoim tem que ter zero de aflatoxina e para o consumo animal eles admitem apenas 20 ppb. O amendoim contaminado, quando submetido aos processos convencionais de extração

e refino, fornece óleo isento de aflatoxina. A toxina, contudo, permanece na torta e farelo, tornando-os impróprios ao preparo de rações. Os regulamentos existentes requerem a análise da aflatoxina de uma faixa ampla de alimentos.

3.7. Métodos de determinação de aflatoxina

Segundo Shepherd apud WARD & MORGAN (1991), muitas técnicas têm sido usadas para medir a aflatoxina em alimentos, incluindo a cromatografia de camada delgada (TLC) que faz a determinação de aflatoxina em alimentos misturados e é um método sensível, razoavelmente preciso e acurado; contudo um método mais simples e rápido se faz necessário para a separação prática de alimentos. O teste de cromatografia líquida de alta performance (HPLC) é também usado para determinação qualitativa e quantitativa de aflatoxina. Ambos os testes têm sido considerados padrões, com que os métodos de separação são comparados (ZAJICEK, 1989).

Porque as aflatoxinas são estáveis em vários alimentos e mercadorias alimentícias, elas não são destruídas pelos vários processos industriais, o controle em produtos alimentícios finais é acompanhado pelo controle de produtos "in natura". Portanto, há a necessidade de testes rápidos ou mercadorias separadas nos postos de recebimento, especialmente durante os picos de colheita (ZAJICEK, 1989).

Devido à complexidade, tempo e custo requerido para o teste tradicional de aflatoxina (TLC), este método não é praticado quando um largo número de amostras deve ser analisado em períodos curtos de tempo.

Existem dois métodos de minicoluna de ACAC, um descrito por ROMER (1975), que é usado para milho, castanhas, pasta de amendoim e farinha de semente de algodão, e o

de Holaday-Velasco para milho e amendoins crus. Para milho o método de Holaday-Velasco é o mais comumente usado, é simples e rápido, levando cerca de 15 a 20 minutos para ser feito (ZAJICEK, 1989).

Uma nova técnica que utiliza “kits rápidos” chamada ELISA (ensaio de imunossorbente de enzima ligada) ou coluna de afinidade do imunossorbente tem sido muito bem aceita na medicina clínica desde 1978. Esta tecnologia leva em consideração que ensaios imunobaseados dependem do uso de anticorpos que são desenvolvidos para reconhecer uma substância particular, no caso a aflatoxina (ZAJICEK, 1989).

Os dois métodos, ROMER (1975) e ELISA (1991) foram comparados com testes-padrão da AOAC. O de ROMER (1975), foi comparado com a TLC e não apresentou diferenças no recobrimento ou precisão entre os dois métodos. O ELISA foi comparado com a HPLC e pelos resultados fornecidos pode ser comparado a HPLC favoravelmente, sendo que ainda apresenta as vantagens de ser menos oneroso, fornecer resultados rápidos e ter uma apresentação na forma de kits que favorece a comercialização. Contudo sabe-se que tanto o método ELISA quanto o HPLC não devem ser métodos únicos na determinação da aflatoxina. O método ELISA, por ser composto por kits de análise e oferecer a facilidade de utilização fora do laboratório, pode ser utilizado por pessoal não especializado, o que aumenta o risco de erros na determinação. A HPLC por ser um método que necessita de equipamentos muito caros, procedimento de limpeza muito rigoroso e tempo de análise muito longo, não é recomendado quando é necessário um método menos complexo, mas que forneça resultados tão confiáveis quanto os métodos padrões.

Um método anteriormente publicado para a determinação da ochratoxina *A* foi avaliado e se mostrou apropriado para a determinação de aflatoxina, ochratoxina *A*, esterigmatocistina e zearalenona com considerável economia de tempo e custos de

reagentes. Os limites de detecção foram de 2, 5, 15 e 55 µg/kg, respectivamente. Um extrato de KCl e metanol é usado, seguido por uma limpeza com agentes purificantes e partição com clorofórmio. Parte do extrato é usado para levantamento e a outra parte para quantificação pela cromatografia de camada delgada (TLC). O procedimento de levantamento leva 40 minutos, usando uma placa de sílica gel. Para limpeza do amendoim é melhor usar sulfato cúprico (SOARES & RODRIGUEZ-AMAYA, 1989).

3.8. Embalagem

Métodos tradicionais para a seleção de materiais de embalagem flexível apropriados, que assegurem alta qualidade de armazenamento, são baseados essencialmente na experiência. Os filmes para embalagem têm sido estudados exclusivamente em análise de armazenagem de alimentos desidratados. Os alimentos desidratados deterioram devido aos vários mecanismos dependendo de sua composição e ambiente. Estes mecanismos incluem oxidação lipídica, escurecimento não enzimático, hidrólise enzimática, degradação de proteínas e outros. Na embalagem o alimento é separado do ambiente externo pela barreira do filme, que tem a finalidade de reduzir ou eliminar a taxa de transporte de oxigênio e ou vapor de água (LABUZA et al, 1972).

As embalagens utilizadas para os alimentos evoluíram muito e hoje já se pode armazenar alimentos, durante longos períodos, com embalagens termoplásticas. Os principais termoplásticos existentes, usados na embalagem de alimentos, são o polietileno, o polipropileno, o policloreto de vinila e o poliestireno, incluindo ainda entre estes, o nylon, o policloreto de vinilidino e polietileno tereftalato (CABRAL et al., 1982).

O material plástico mais conhecido é o polietileno, ele é transparente e sua resistência e flexibilidade o tornam aplicável às numerosas opções de embalagem. O

polietileno foi descoberto na Inglaterra no começo da década de 30, mas foi à partir de 1956 que a indústria do polietileno tomou grande impulso, atingindo nos dias atuais a liderança entre os fabricantes de materiais plásticos. Este crescimento foi influenciado por muitos fatores tais como: facilidade de trabalho nos diferentes equipamentos, impressão a alta velocidade, alta qualidade do material e sobretudo o custo do mesmo, altamente acessível (PINNER, 1967). Um dos mais simples polímeros é o polietileno, sendo um hidrocarboneto olefênico de cadeia reta $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$. Cada molécula consiste de centenas e às vezes milhares de átomos de carbono nas cadeias. O comprimento dessas moléculas e as ramificações determinam as características do filme. À medida que elas aumentam, a flexibilidade do filme também aumenta. Existem três tipos de polietileno em função da densidade: o de baixa densidade (PEBD), o de alta densidade (PEAD) e aquele de densidade intermediária. Suas propriedades químicas não diferem radicalmente, mas suas características físico-mecânicas são distintas (CABRAL et al., 1982).

O filme de PEBD (polietileno de baixa densidade) é difícil de ser rasgado, apresentando facilidade ao ser esticado. Apresenta também uma queima rápida com gotejamento despreendendo odor característico de parafina. O ponto de amolecimento está abaixo de 100°C o que limita o seu uso em embalagens que são submetidas a tratamento térmico. O PEBD apresenta propriedades que dependem basicamente da densidade, do peso molecular e da distribuição do peso molecular. Como é importante conhecer o peso molecular médio da resina, normalmente, este vêm especificado pelo índice de fluidez (melt index flow). O índice de fluidez será menor quanto maior for o peso molecular da resina (CABRAL et al., 1982).

O PEBD, segundo Cabral, apud DOMENE (1980), possui boa rigidez, dureza superficial e resistência ao impacto. É praticamente insolúvel em todos os solventes orgânicos, sendo porém atacado por tetracloreto de carbono. Não absorve água em

quantidades significativas. O PEBD é, por fim, susceptível à oxidação causada por luz ultravioleta, sendo necessário, pois, o uso de aditivos.

A velocidade de queima do PEAD (polietileno de alta densidade) é moderada, não havendo extinção da chama que apresenta fundo azul, topo amarelo e fumaça branca o que o torna bastante diferente do PEBD que queima rapidamente, apresentando chama de fundo azul, topo amarelo e sem fumaça.

Cerca de 25 % do polietileno produzido no mundo é PEAD, que tem algumas características que o diferem substancialmente do PEBD. É mais rígido, menos permeável a gases e ao vapor de água, além de apresentar maior resistência à tração (CABRAL et al., 1982). Segundo Cabral, apud DOMENE (1980), a maioria das propriedades do PEAD deriva de seu alto grau de cristalinidade. Sua densidade é alta e seu ponto de amolecimento é inferior a 100°C. Tem alta rigidez, boa resistência à tração e ao escoamento, excelente resistência ao ataque químico e também maior resistência que o PEBD ao impacto a baixas temperaturas.

O filme termo encolhível, que é uma das formas de apresentação do polietileno, poliestireno, cloreto de polivinila e o polipropileno, é empregado para uma grande variedade de alimentos.

3.8.1. Usos em alimentos.

O uso do PEBD em alimentos é bastante variado, destacando-se os sacos de leite e os filmes, que em geral, correspondem juntos a aproximadamente 50 % do mercado. O PEBD pode ainda ser empregado na forma moldada por injeção de sopro, que consiste no aquecimento do material no interior de um molde que posteriormente é soprado para

assumir o formato desse molde. O PEAD pode ser utilizado na fabricação de peças moldadas por sopro (garrafas de leite e recipientes e vasilhames em geral) e injeção (engradados e caixas de bebidas). A moldagem por injeção consiste de fundir e forçar a resina que alimenta o processo, sob pressão, num molde (matriz) com o formato desejado. Após alguns segundos, o plástico esfria e endurece assumindo a configuração pré-determinada. A matriz se abre em duas partes, ejeta o corpo formado e posteriormente se fecha, repetindo o ciclo. O molde consiste de parte fêmea e macho que formam respectivamente parte externa e interna do corpo moldado. O PEAD também pode ser utilizado na forma de filmes para fermentos ou na confecção de potes e bandejas para congelados. (GRIFFIN & SACHAROW, 1972).

A alta permeabilidade a gases não recomenda o uso do polietileno sozinho em embalagens a vácuo, sendo que para o acondicionamento de alimentos nesse tipo de material, deve-se considerar suas propriedades, como a possibilidade de transmissão de odores do ambiente que podem contaminar o produto e a baixa resistência a óleos e gorduras (CABRAL et al., 1982).

O polietileno é principalmente aplicado para alimentos no acondicionamento de :

- carnes: devido à sua alta permeabilidade ao oxigênio, tanto na forma de filme como em embalagens termo-encolhíveis, usado na forma de envoltório para carnes frescas;
- laticínios: no Brasil a maior utilização desse plástico em laticínios é para embalar leite pasteurizado, sendo que o polietileno usado é o de baixa densidade na espessura de 76 a 90 μ .
- alimentos congelados: devido ao seu ótimo comportamento à baixa temperatura, o filme de polietileno é altamente empregado na embalagem de carnes e frangos congelados. Ainda que considerada a baixa permeabilidade ao oxigênio, sua utilização não acarreta prejuízo ao

alimento, porque nas temperaturas de congelamento a passagem desse gás através do filme diminui sensivelmente.

- frutas e vegetais frescos: o uso mais simples do polietileno é a embalagem de frutas e vegetais. Por causa da sua baixa permeabilidade ao vapor de água, os sacos são perfurados para evitar acúmulo de umidade dentro dos sacos.

A Tabela 5 mostra algumas características do polietileno de alta densidade e de baixa densidade para espessuras de até 75 μ ., para que se possa determinar qual o melhor tipo de polietileno para um determinado trabalho.

Tabela 5. Características gerais do PEBD e PEAD (espessura até 75 μ)

Características	PEBD	PEAD
1. Densidade (g/cm^3)	0,910 -0,925	0,941-0,965
2. Resistência à tração (lb/pol^2)	1500 -3000	2400-6100
3. Porcentagem alongamento	100 -700	10-650
4. Resistência ao rasgamento ($g/\mu m$)	4 -16	0,06-12
5. Faixa de temperatura de soldagem ($^{\circ} C$)	121 -170	135-154
6. Permeabilidade ao vapor de água (g/m^2 , 24 h a 38 $^{\circ}C/90\%UR$)	18	5-10
7. Permeabilidade a gases $cm^3 25\mu/m^2 24 h atm$		
O ₂	4000 -13000	520-3900
CO ₂	7700 - 77000	3900-10000
8. Máxima temperatura de uso ($^{\circ} C$)	66 funde a 110	110
9. Mínima temperatura de uso ($^{\circ} C$)	-50	-50

Fonte: CABRAL et al., 1982.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A etapa experimental deste trabalho consistiu de duas partes: uma de secagem e outra de armazenamento. A secagem foi desenvolvida no Laboratório de Secagem e o armazenamento foi desenvolvido no Laboratório de Matérias Primas, sendo que a determinação da aflatoxina foi feita no Laboratório de Armazenagem e Conservação de Produtos Perecíveis, todos pertencentes ao Departamento de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários, da Faculdade de Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual de Campinas. O período do trabalho experimental foi de fevereiro a dezembro de 1994. O amendoim em casca foi conseguido, através de doação, da Cooperativa dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo - Copercana em Sertãozinho, SP.

4.1. Material

4.1.1. Matéria prima

Foram utilizados 3600 kg de amendoim em casca (*Arachis hypogaea* L), da variedade Tatu Vermelho, que tinha umidade inicial de 23,12%. Enquanto aguardava os testes de secagem o produto foi armazenado em dois silos metálicos aerados. A temperatura alta e a aeração dos silos acelerou o processo de secagem do amendoim nos próprios silos, o que impossibilitou a manutenção do teor de umidade do produto nas condições iniciais e também acelerou o processo de desenvolvimento de fungos.

4.1.2. Equipamentos

4.1.2.1. Silo armazenador

Para armazenar o amendoim foi utilizado um silo cilíndrico, de metal. O silo armazenador possui um ventilador centrífugo da marca ASTEM -VSG, com 220V/6,4A, 380V/3,8A, 440V/3,2A, 2 CV de potência e 3400 rpm.

4.1.2.2 Secador

O secador utilizado no trabalho tem capacidade estática de 0.25 m³, possuindo três colunas de secagem, com altura útil de 1,0 m cada e cinco bandejas de 24,5 x 24,5 x 5,5 cm. Em cada coluna foi colocado um termostato para o controle da temperatura. No topo de cada coluna existe uma abertura para passagem do ar de secagem e para colocação de um par de termômetros, nos quais foram medidas as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido. Em uma das colunas foram colocados três termopares ao longo da coluna para medir a temperatura em três pontos diferentes.

O secador possui um ventilador centrífugo com pás voltadas para trás marca WEG modelo 71, com 220/380/440V, 1,6 A, ao qual está acoplado um motor com 1 CV de potência e 3420 rpm.

O sistema de aquecimento de ar é composto por três resistências elétricas de 1000 W cada, ligadas em paralelo, protegidas por isolante térmico.

A Figura 3 mostra o esquema do secador, o ventilador e a posição das bandejas, conforme o desenvolvimento do trabalho.

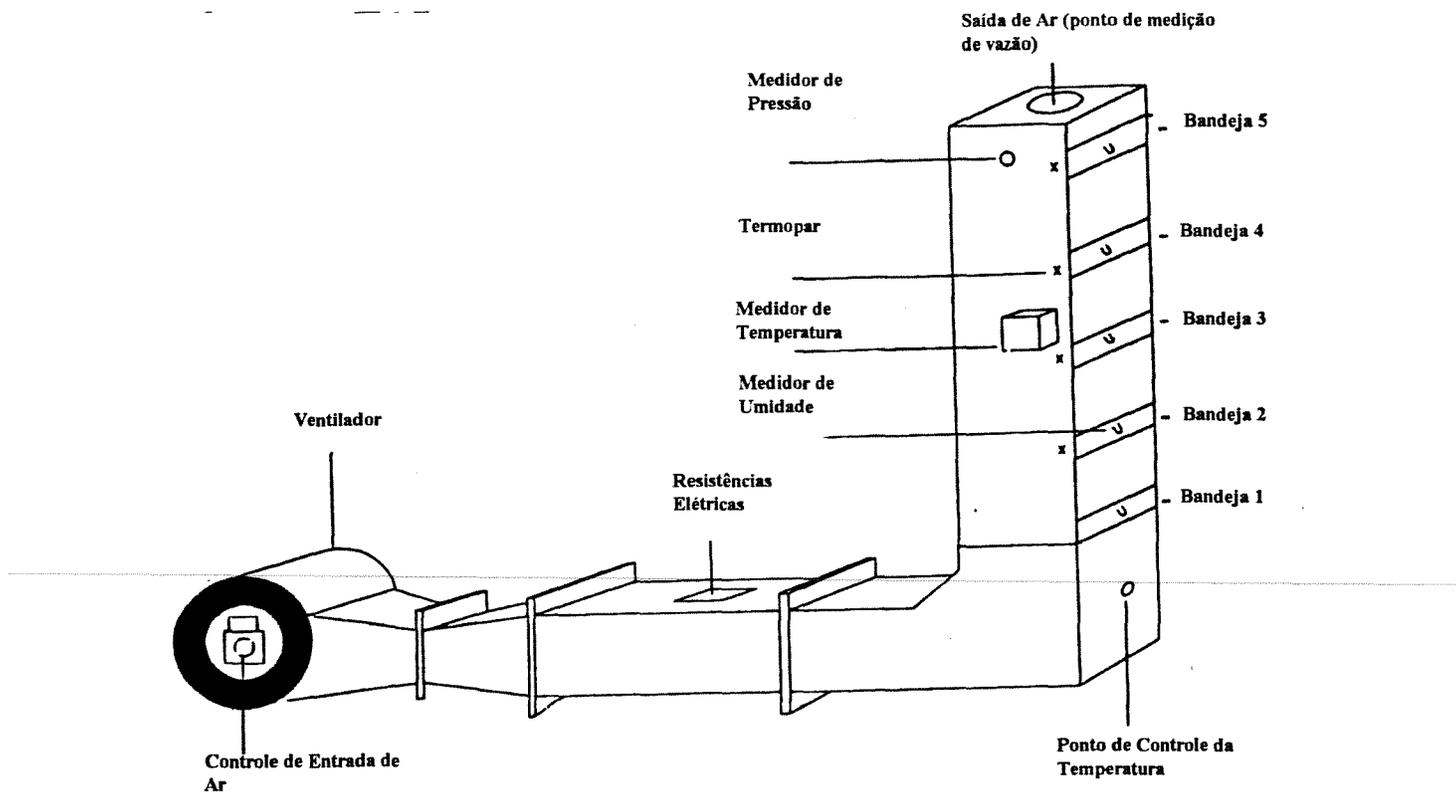


Figura 3. Esquema do secador e da posição das bandejas

Fonte: GUALBERTO, 1990

4.2. Métodos

4.2.1. Preparação da Matéria-Prima

Antes dos testes de secagem o produto passou por uma pré-limpeza manual utilizando-se peneiras. Foram retirados materiais estranhos, grãos debruados com a colheita mecânica e impurezas menores que as vagens de amendoim.

4.2.2. Determinação da Umidade do Produto

Depois da limpeza do produto, descrita no item 4.2.1, foram pesadas duas amostras de 200 g de amendoim em casca em uma balança semi analítica digital da marca Setra Model 2000L, com capacidade de 2000,00 g e precisão de 0,01 g. As amostras foram separadas em casca e grão e pesadas separadamente. Para a determinação da umidade as amostras foram colocadas para secar em uma estufa de ar forçado da marca Fabbe, durante 6 horas a $130 \pm 3^\circ\text{C}$. Removidas da estufa as amostras foram pesadas novamente.

Os cálculos para a determinação da umidade foram os seguintes (ASAE S410T, 1982):

1. Porcentagem de cascas (A)

$$A = \frac{100(\text{massa inicial de cascas})}{(\text{massa inicial de vagens})}$$

2. Porcentagem de grãos (B)

$$B = \frac{100(\text{massa inicial de grãos})}{(\text{massa inicial de vagens})}$$

3. Teor de umidade de cascas, porcentagem em base úmida (C)

$$C = \frac{100 (\text{perda de massa das cascas})}{(\text{massa inicial de cascas})}$$

4. Teor de umidade de grãos, porcentagem em base úmida (D)

$$D = \frac{100 (\text{perda de massa de grãos})}{(\text{massa inicial de grãos})}$$

5. Teor de umidade, porcentagem em base úmida (E)

$$E = \frac{D(B) + C(A)}{100}$$

Este método de determinação da umidade foi utilizado após a secagem e durante o armazenamento.

4.2.3. Secagem Artificial

Na secagem artificial foi utilizado o secador descrito no item 4.1.2. As bandejas do secador foram pesadas, cheias de produto e pesadas novamente, para que através de pesagens realizadas de hora em hora se pudesse acompanhar a perda de umidade. Foi utilizada, nas pesagens, uma balança semi-analítica, digital da marca Setra Model 2000L, com capacidade de 2000,00 g e precisão de 0,01g.

Os tratamentos adotados, para a secagem foram os seguintes: 1 nível de temperatura (40°C), 2 fluxos de ar (12,5 e 25 m³ de ar/min.m²), 2 processos de secagem (camada estática e simulação de camada em movimento). No final do processo de secagem foi feito o resfriamento do produto.

4.2.3.1. Temperatura de Secagem

A temperatura de 40° C foi adotada após testes preliminares. A temperatura do ar foi controlada por termostato no plenum do secador e nas colunas de secagem que compõem o mesmo.

4.2.3.2. Fluxo de Ar

Os fluxos adotados de 12,5 e 25 m³/min.m² foram testados preliminarmente para que fosse utilizado um fluxo mínimo fornecido pelo ventilador e um fluxo máximo que não causasse dano ao produto. O fluxo de ar foi controlado na entrada do ventilador por um dispositivo de madeira do tipo comporta e a velocidade de saída do ar foi medida através de um anemômetro digital com precisão de ± 2%, na saída do secador, que tinha sido ajustada ao diâmetro do anemômetro (10 cm) com leituras a cada hora durante o período de secagem.

4.2.3.3. Processos de Secagem

- Camada estática

Na secagem em camada estática as alturas das camadas foram de 0,5 e 1,0 m. Na altura de 0,5 m o secador teve todas as bandejas cheias de produto e a parte inferior também. Na altura de 1,0 m o secador foi completamente cheio.

- Simulação de camada em movimento

Na secagem em simulação de camada em movimento apenas as bandejas foram preenchidas para que se pudesse movimentar o produto. A altura total do produto nas bandejas foi de 0,25 m.

Na simulação de camada em movimento, a inversão das bandejas ocorreu da seguinte forma: a bandeja 1 foi retirada de sua posição (ver Figura 3) e as outras desceram seguindo a sua ordem (a inversão das bandejas foi contrária ao fluxo de ar), sendo esta colocada no topo da coluna, ou seja no local da bandeja 5. Esta movimentação foi realizada até que as bandejas com o produto atingissem o peso esperado e que correspondia à umidade desejada, o que segundo TROEGER e BUTLER (1980) seria quando o amendoim atingisse na parte superior de um secador de leito fixo, o teor de umidade de 10 %.

Em ambos os processos as bandejas cheias de produto úmido foram pesadas antes de serem colocadas no secador e a umidade foi obtida pela diferença de peso dos produtos nas bandejas.

O peso final do produto foi obtido pela fórmula: (LASSERAN, 1981).

$$Pf = Pi \times \frac{100 - Ui}{100 - Uf}$$

Onde:

Pf = Peso final do produto (kg);

Pi = Peso inicial do produto (kg);

Ui = Umidade inicial do produto (%) b.u.;

Uf = Umidade final do produto (%) b.u..

4.2.4. Secagem Natural

Na secagem natural o amendoim foi colocado ao sol em peneiras de 50 x 50 x 10 cm. As peneiras foram colocadas ao sol às 9:00 horas e retiradas às 10:30 horas no primeiro dia por motivo de chuva. No segundo dia as peneiras foram colocadas ao sol às 9:00 horas e retiradas às 16:00 horas e no terceiro dia foram colocadas às 9:00 horas e retiradas às 15:30 horas totalizando um total de 15 horas. O amendoim foi revolvido de hora em hora para que todo o lote secasse o mais uniformemente possível. Foram utilizadas cinco peneiras que forneceram todo o lote de secagem natural.

4.2.5. Condições Ambientais

A temperatura e a umidade relativa do ambiente durante o processo de secagem, foram registradas por um termohigrográfo da marca Rene Graf.

4.2.6. Armazenamento

Após a secagem o amendoim foi colocado em sacos de aniagem para aguardar o seu armazenamento definitivo durante um período de 14 dias no mesmo local onde se realizaram os testes de secagem. O armazenamento não foi feito imediatamente, porque aguardou-se o término do processo de secagem para que todo o lote fosse armazenado ao mesmo tempo. Os tratamentos adotados foram os seguintes:

Tratamento 1 - vazão de $25 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, altura de camada de 1,0 m, com 2 repetições;

Tratamento 2 - vazão de $25 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, altura de camada de 0,5 m, com 1 repetição;

Tratamento 3 - vazão de $12,5 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, altura de camada de 0,5 m, com 2 repetições;

Todos de camada estática e temperatura de 40°C

Tratamento 4 - vazão de $25 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, altura de camada de 0,25 m, com 3 repetições;

Tratamento 5 - vazão de $12,5 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$, altura de camada de 0,25 m, com 3 repetições;

Todos de simulação de camada em movimento e temperatura de 40°C

Tratamento 6 - secagem natural com altura de camada de 0,10 m

Para armazenar o amendoim utilizaram-se sacos de aniagem e sacos plásticos que, de acordo com a análise do CETEA/ITAL nº 119/95, são de polietileno de alta densidade (PEAD), com espessura média de $16\mu\text{m}$ (variando de 13 a $18\mu\text{m}$) e taxa de permeabilidade ao vapor de água, a $38^\circ\text{C}/90\% \text{ UR}$ de $21,7 \text{ g água/m}^2/\text{dia}$ (variando de 20,6 a $23,3 \text{ g água/m}^2/\text{dia}$). Os tratamentos de 1, 2, 3 e 6 foram armazenados em duas embalagens plástico e aniagem sendo então 96 amostras. Os tratamentos 4 e 5 foram colocados apenas em sacos de aniagem, porque a quantidade de produto seco não permitiu o armazenamento em duas embalagens, num total de 48 amostras. Assim 144 amostras ficaram armazenadas durante 8 meses. A utilização de embalagem de plástico e aniagem foi feita para simular condições comerciais e para verificar a influência do tipo de embalagem na qualidade do produto.

A fosfina foi utilizada no 4º mês do período de armazenamento para promover o expurgo do produto que estava infestado com insetos.

Para as análises mensais as amostras foram retiradas de forma inteiramente ao acaso.

4.2.7. Qualidade do Produto

A qualidade do produto foi avaliada considerando-se o nível de contaminação pela aflatoxina. A aflatoxina foi determinada pelo método descrito por SOARES & RODRIGUEZ-AMAYA (1989).

4.2.7.1. Determinação da concentração dos padrões

Os padrões de aflatoxinas B₁, B₂, G₁, G₂ foram adquiridos na forma de película seca da Art Lab®. As aflatoxinas possuem os seguintes códigos:

B₁ código A6636 SIGMA, B₂ código A9887 SIGMA, G₁ código A0138 SIGMA, G₂ código A0263 SIGMA.

Os frascos de película seca continham aproximadamente 1 mg dos respectivos padrões aos quais foram adicionados 250 ml de benzeno para a concentração teórica de 4,0 µg/ml.

A absorvância do padrão foi lida em 360 nm em um espectrofotômetro acoplado a um computador que registrou as curvas de cada padrão. Utilizou-se como branco o solvente diluidor. As concentrações foram calculadas pela fórmula:

$$\mu\text{g/ml} = \frac{A \cdot \text{PM} \cdot 1000 \cdot \text{Cf}}{E}$$

Onde: A = absorvância

PM = peso molecular

Cf = fator de calibração do espectrofotômetro

E = absortividade molar

Obteve-se através da fórmula as seguintes concentrações dos padrões:

B₁ = 5,92 µl/ml, B₂ = 1,57 µl/ml, G₁ = 5,87 µl/ml, G₂ = 1,14 µl/ml

4.2.7.2. Determinação da Aflatoxina

Utilizaram-se duas amostras de 50 g. Colocou-se uma amostra de 50 g em um liquidificador para fazer a moagem do produto. Após a moagem agitou-se o produto com 270 ml de metanol e 30 ml de KCl durante 5 minutos. Esta solução foi passada em papel de filtro e depois mediu-se 150 ml de solução que foi adicionada ao celite e 150 ml de CuSO_4 . Novamente a solução foi coada e colocada em balão de separação, adicionou-se 150 ml de água destilada e 10 ml de clorofórmio. Agitou-se esta solução durante 3 minutos e depois esperou-se 20 minutos para fazer a primeira extração do clorofórmio. Colocaram-se 10 ml de clorofórmio para uma segunda extração, agitou-se 3 minutos e esperou-se 20 minutos.

Após as extrações o clorofórmio foi evaporado em banho-maria, tendo cada tratamento duas amostras para a quantificação da aflatoxina. Foram aplicados 250 μl de benzeno nos recipientes com amostra seca utilizando um pipetador automático. Após a aplicação do benzeno, os recipientes foram agitados por aproximadamente 1 minuto para homogeneização. As amostras diluídas foram aplicadas em cromatofolhas DC-Alufolien kieselgel 60 (Merck). As cromatofolhas são também denominadas placas de sílica gel. Depois da aplicação as placas foram colocadas em um recipiente contendo uma solução de clorofórmio + acetona (90+10) para a revelação. Após a revelação, a cromatofolha foi retirada do recipiente e esperou-se a evaporação da solução para que a cromatofolha fosse colocada em uma câmara com luz ultra violeta (365 nm) e as aflatoxinas foram determinadas através de análise visual, que consistiu da determinação do volume da amostra comparada com o volume dos padrões (1, 2, 3, 4 5 μl). O volume lido na placa foi utilizado na fórmula abaixo para determinar a concentração das aflatoxinas.

concentração de

$$\text{micotoxina} = \frac{\text{volume lido} \times \text{volume diluído} \times \text{concentração do padrão}}{\text{volume da amostra} \times \text{massa da amostra na partição do clorofórmio}}$$

volume lido = volume que se lê na placa de sílica-gel

volume diluído = volume de benzeno utilizado para diluir a amostra (250 ou 500 µl)

concentração do padrão = concentração das aflatoxinas

volume da amostra = volume de amostra utilizada para aplicar na placa (5 ou 10 µl)

massa da amostra = 6,25 g

Quando o volume da amostra ultrapassou o volume dos padrões, nova extração foi feita e a amostra foi diluída em 500 µl de benzeno ao invés de 250 µl. Aplicou-se novamente a amostra na placa e novamente se fez a análise visual para determinar a nova concentração de aflatoxinas.

A aplicação nas placas foi feita da seguinte forma:

- para a aplicação da amostra + padrão foram utilizados 2 µl de amostra do primeiro recipiente + 2 µl de cada padrão (B₁, B₂, G₁, G₂);
- para a aplicação da primeira amostra utilizaram-se 5 µl da amostra;
- para a aplicação da segunda amostra utilizaram-se 10 µl da amostra, sendo a mesma do segundo recipiente;
- para a aplicação dos padrões utilizaram-se 1, 2, 3, 4 e 5 µl de todos os padrões (B₁, B₂, G₁, G₂).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Secagem

O processo de secagem foi feito por um período de 14 dias e os dados obtidos durante o mesmo são apresentados na Tabela 7. As condições ambientais para o período de secagem, que foram registrados pelo termohigrógrafo dentro do Laboratório de Secagem, são encontradas na Tabela 6.

Tabela 6. Condições ambientais médias durante o processo de secagem

Trat.	Rep.	UR(%)			T(°C)		
		09:00	15:00	21:00	Máxima	Média	Mínima
1	1	80	48	83	29.2	24.6	20.0
	2	90	63	77	28.4	24.0	19.6
	3	79	45	73	27.8	23.9	20.0
2	1	90	63	97	25.4	22.6	19.8
	2	88	57	78	28.6	24.5	20.4
3	1	65	38	72	32.2	26.0	19.8
	2	52	37	65	32.0	26.1	20.2
4	1	86	50	85	30.2	25.5	20.8
	2	89	84	97	30.0	25.1	20.2
	3	50	37	95	31.8	26.1	20.4
5	1	50	37	95	31.8	26.1	20.4
	2	68	52	96	28.2	24.2	20.2
	3	68	52	96	28.2	24.2	20.2
6	1	90	63	77	28.4	24.0	19.6
	2	88	57	78	28.6	24.5	20.4

Tabela 7. Dados experimentais do processo de secagem.

Trat.	Rep.	Q (m ³ /min.m ²)	H (m)	U _i (%)	\bar{U}_f (%)	ts (horas)	Tipo de secagem
1	1	25.0	1.0	18.0	8.31	10	estática
	2	25.0	1.0	18.5	9.52	11	estática
	3	25.0	1.0	15.8	10.86	11	estática
2	1	25.0	0.5	18.0	9.45	6	estática
	2	25.0	0.5	16.6	9.53	7	estática
3	1	12.5	0.5	14.0	10.95	3	estática
	2	12.5	0.5	13.0	9.72	5	estática
4	1	25.0	0.25	15.5	9.70	5	movimento
	2	25.0	0.25	15.5	10.57	6	movimento
	3	25.0	0.25	12.0	9.46	3	movimento
5	1	12.5	0.25	12.0	9.85	4	movimento
	2	12.5	0.25	12.0	9.48	4	movimento
	3	12.5	0.25	12.0	9.57	4	movimento
6	1	sol	0.10	18.5	7.98	15	sol
	2	sol	0.10	18.5	7.31	15	sol

Trat. - tratamentos, Rep. - repetições, Q - vazão, H - altura de camada

U_i - umidade inicial, \bar{U}_f - umidade final média, ts - tempo de secagem

Na repetição 2 do tratamento 1 o que foi observado é que o tempo de secagem foi inferior ao tratamentos 6 que secou ao sol e tem a mesma umidade inicial, porque na secagem artificial a utilização de ventilador força o ar aquecido pelas resistências, através da massa de grão, enquanto que na secagem natural isto não ocorre. A convecção natural e a velocidade do ar na secagem ao sol fez com que o produto demorasse mais a secar, embora tenha sido revolvido de hora em hora, também a temperatura ao sol foi inferior à utilizada no processo de secagem. Enquanto a temperatura média ao sol foi de 24,5°C e a temperatura de secagem foi de 40°C. Segundo a CONAB a umidade final recomendada

varia de 7 a 8% com uma tolerância máxima de 9% (WEBER, 1995). Na secagem natural a umidade final atingiu níveis mais baixos, contudo o problema da secagem natural é que não se pode controlar o teor de umidade como se faz na secagem artificial, o que pode trazer prejuízos quando se seca o produto excessivamente.

Comparando-se o fluxo de ar da repetição 3 do tratamento 4 e todas as repetições do tratamento 5, vê-se que apesar do mesmo teor de umidade inicial, mesma altura de camada e praticamente mesma umidade final, no tratamento 4 o fluxo é o dobro do tratamento 5 e o tempo de secagem diminuiu apenas 1 hora, o que em termos de requerimento de energia e custo do processo de secagem não é vantajoso, visto que segundo TROEGER & BUTLER (1980), os tratamentos com fluxos de ar mais elevados mostraram resultados similares aos de fluxo menores, não havendo, portanto, razões para se utilizarem fluxos maiores.

O tempo de secagem menor como mostrado na Tabela 7, na repetição 1 do tratamento 1 e tratamento 2, onde a umidade inicial é a mesma, esta diferença pode ser justificada pela altura da camada nos tratamentos, porque o ar passa mais facilmente pela camada menor secando então o produto em menor tempo. Também as condições ambientais apresentadas na Tabela 6, podem ter influenciado o tempo de secagem, tendo em vista que no tratamento 1 a temperatura média do ambiente foi de 29°C e a umidade relativa foi de 69%, enquanto que no tratamento 2 a temperatura foi de 26,5% e a umidade relativa foi de 74%. Estes dados justificam, ainda, o maior teor de umidade final do tratamento 2.

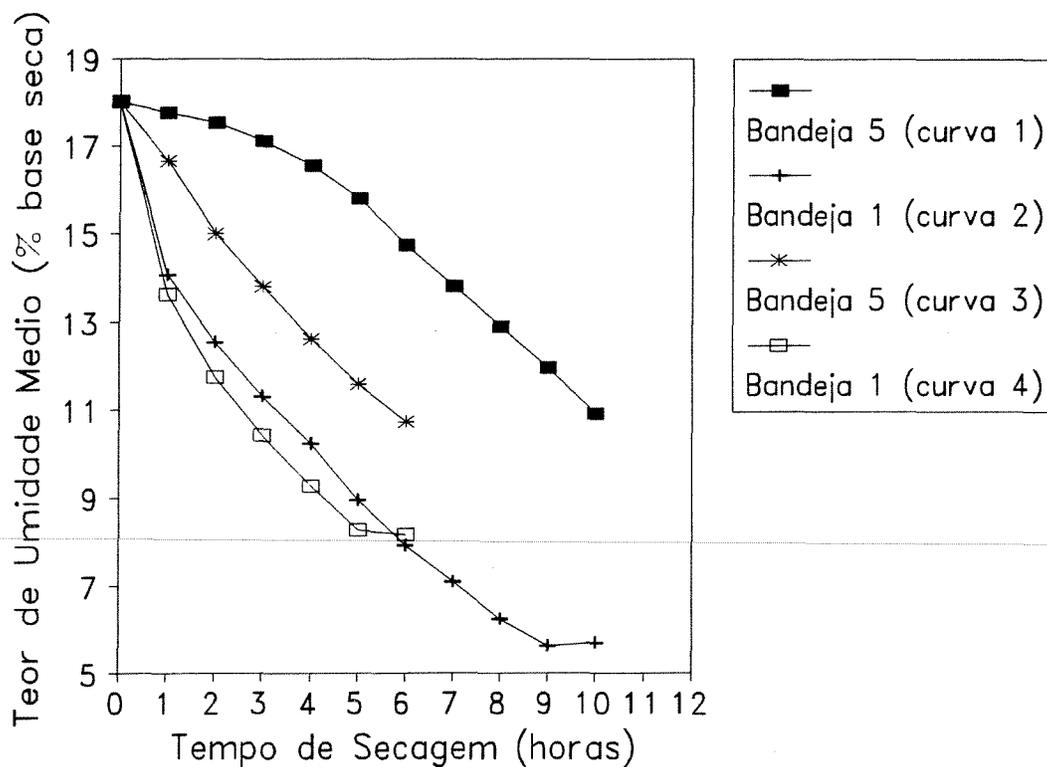


Figura 4. Curvas de secagem em camada estática para duas alturas de camada 0,5 e 1,0 m, umidade inicial de 18 %, temperatura de 40 ° C e fluxo de 25 m³/min/m².

Na Figura 4 pode-se observar dois processos de secagem. A curva 1 que corresponde à bandeja 5, tem altura de camada de 1,0 m e o que pode-se observar é que o processo de secagem não se inicia logo nas primeiras horas de secagem. A curva 2 que corresponde à bandeja 1, para a mesma altura de camada da curva 1, por estar numa posição mais próxima ao plenum do secador, perde umidade quase que imediatamente. A curva 3 também corresponde à bandeja 5, mas com altura de camada de 0,5 m, perde também umidade logo nas primeiras horas de secagem. A curva 4 corresponde à bandeja 1, com a mesma altura de camada da curva 3, perde umidade também muito rapidamente devido à sua posição no secador.

Ao final do processo de secagem, quando se iniciou o resfriamento, a curva 1 tinha 11,96% de umidade e continuou perdendo umidade até chegar à 10,91% ao final do processo de resfriamento. A curva 2 apresentou 5,62% de umidade ao final da secagem, adquirindo umidade durante o resfriamento. A curva 3 apresentou umidade de 11,58% no final do processo de secagem e continuou perdendo umidade atingindo, ao final do resfriamento, 10,73%. A curva 4 se comportou de maneira semelhante à curva 2 e apresentou 8,17% de umidade no final da secagem e 8,27% ao final do resfriamento.

Como na camada estática as bandejas se mantêm fixas, a umidade na bandeja 5 vai demorar mais para baixar, enquanto que na bandeja 1 o produto perde umidade muito rapidamente por estar em contato com o ar que sai do plenum sem nenhuma interferência, contudo também ganha umidade rapidamente na fase de resfriamento, isto devido ao fato de que o ar que é utilizado não é mais o ar aquecido e sim o ar ambiente.

Nas Figuras 5 e 6 verifica-se a influência do movimento no gradiente de umidade. O gradiente de umidade indica secagem homogênea ou uniforme. Na Figura 5, que apresenta o processo de secagem em camada estática, vê-se que a variação da umidade (Δu) ao final da secagem é de 1,57% e no resfriamento é de 1,13%. A diminuição desta variação no resfriamento se deveu ao fato de que a bandeja 1 ganhou umidade e a bandeja 5 continuou o processo de secagem com perda de umidade. Na Figura 6, que mostra o processo de secagem em camada em movimento, observou-se que esta variação é bem menor. No processo de secagem com movimentação da camada a variação foi de 0,93 % e no resfriamento foi de 1,0 %, sendo assim podemos dizer que a secagem em camada em movimento, por apresentar menor variação no gradiente de umidade, tem uma secagem mais uniforme dos grãos. Na prática, um secador que movimenta os grãos, do tipo leito de jorro, pode fazer o efeito da camada em movimento.

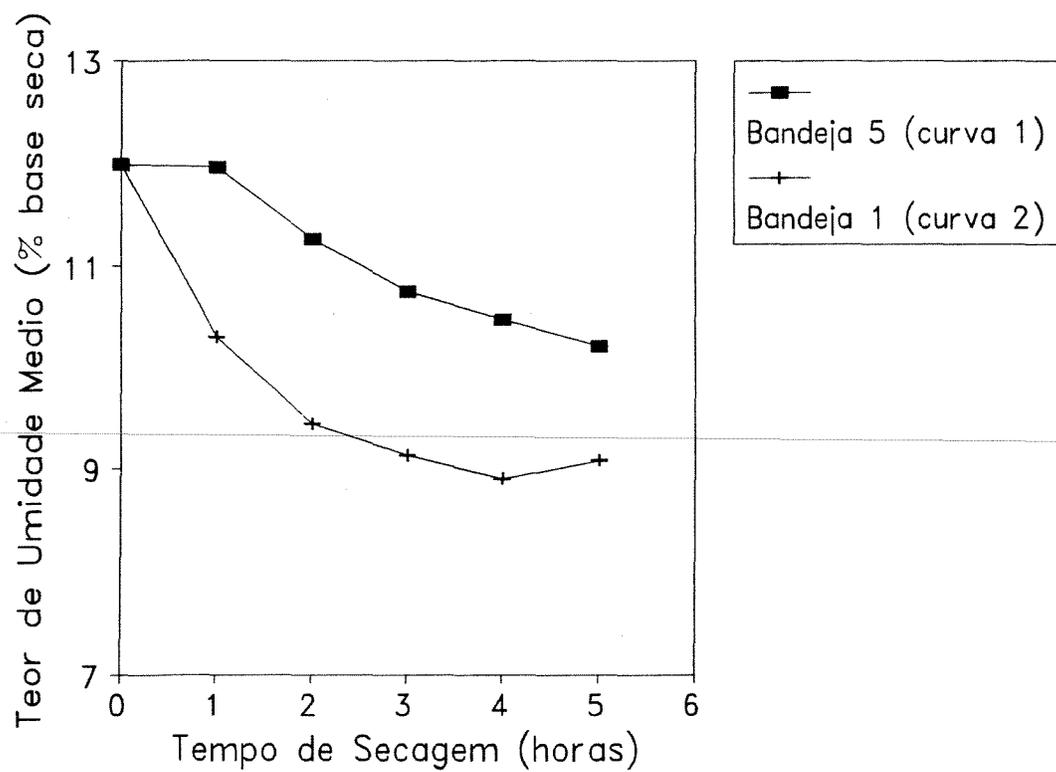


Figura 5. Curvas de secagem de camada estática com altura de camada de 0,5 m, temperatura de 40°C, fluxo de 12,5 m³/min.m² e umidade inicial de 12%.

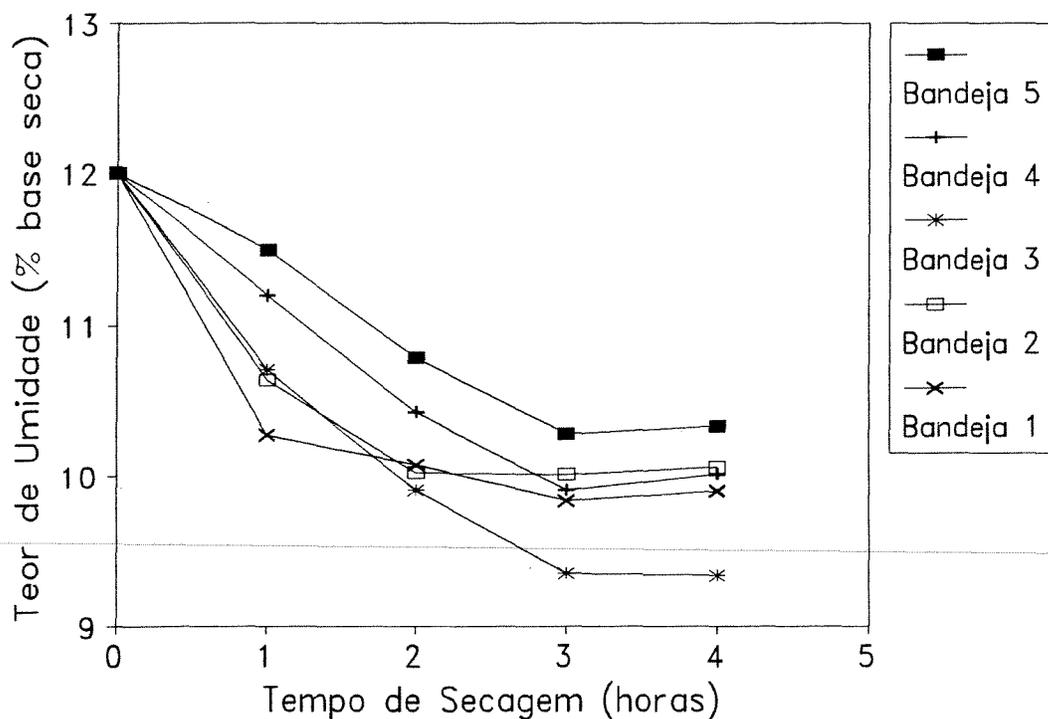


Figura 6. Curvas de secagem de simulação de camada em movimento com altura de camada de 0,25 m, temperatura de 40° C, fluxo de 12,5 m³/min.m² e umidade inicial de 12%.

Na Figura 6 as curvas de secagem que se apresentam mostram a secagem em simulação de camada em movimento em uma coluna de secagem. A bandeja 5 perde umidade rapidamente à medida que se aproxima do plenum do secador ganhando umidade na fase de resfriamento. O mesmo ocorre com as bandejas 4 e 3. As bandejas 1 e 2 perdem umidade inicialmente, contudo quando suas posições são alteradas elas passam a ganhar umidade.

5.2. Armazenamento

Durante o processo de armazenamento houve um início de infestação e, portanto, o produto foi expurgado. A infestação foi controlada e não causou danos ao produto. O expurgo foi feito no mês de junho.

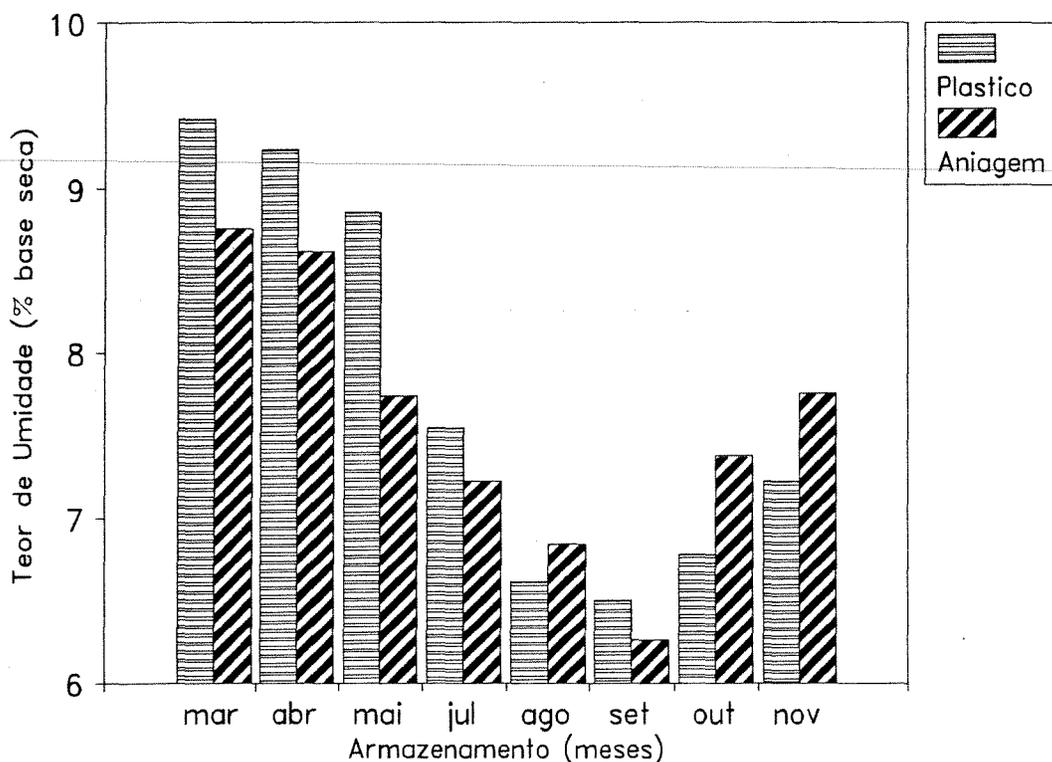


Figura 7. Variação do teor de umidade do tratamento 1 durante o período de armazenamento, umidade inicial de 9,41%.

A Figura 7 apresenta o teor de umidade com relação às embalagens durante o processo de armazenamento e o que se pode verificar é que não houve muita diferença entre a embalagem de plástico e a de aniagem, devido à porosidade da embalagem de plástico ao oxigênio, como citado por CABRAL et al (1982).

Após o 4º mês, devido ao alto nível de aflatoxina, os tratamentos de 3 a 7 foram descartados, então apenas os tratamentos 1 e 2 foram analisados deste mês em diante. A Tabela 8 mostra os dados de teor de umidade de todos os tratamentos.

Tabela 8. Dados de teor de umidade durante o período de armazenamento.

Trat.	Embal.	MAR	ABR	MAI	JUL*	AGO	SET	OUT	NOV
1	plástico	9.41	9.23	8.85	7.54	6.61	6.50	6.78	7.22
	aniagem	8.75	8.61	7.73	7.22	6.84	6.26	7.37	7.74
	plástico	8.40	8.38	7.99	7.39	6.83	6.49	7.46	7.56
	aniagem	8.29	8.25	7.78	8.03	6.50	6.38	7.40	7.42
2	plástico	8.94	8.91	8.81	7.36	7.09	6.64	7.09	7.49
	aniagem	8.07	8.03	7.92	7.96	6.19	6.58	7.57	7.68
3	plástico	8.91	8.87	8.26	-	-	-	-	-
	aniagem	8.30	8.02	7.95	-	-	-	-	-
	plástico	9.72	8.76	8.30	-	-	-	-	-
	aniagem	9.72	8.22	7.69	-	-	-	-	-
4	aniagem	9.70	8.58	7.54	-	-	-	-	-
	aniagem	8.34	8.28	7.99	-	-	-	-	-
	aniagem	9.46	8.50	8.29	-	-	-	-	-
5	aniagem	9.85	8.49	8.24	-	-	-	-	-
	aniagem	9.48	8.56	8.24	-	-	-	-	-
	aniagem	9.57	8.60	8.49	-	-	-	-	-
6	plástico	8.50	8.18	7.98	-	-	-	-	-
	aniagem	8.34	7.68	7.31	-	-	-	-	-

* à partir do mês de julho os tratamentos de 3 a 7 foram descartados, devido ao alto nível de aflatoxina

Nos meses em que o ar estava bastante saturado a embalagem de plástico permitiu a troca de umidade com o ambiente tanto quanto a embalagem de aniagem. A embalagem de aniagem permite uma troca maior com o ambiente o que pode ser ou não vantajoso ao se considerar as condições ambientais de armazenamento. O produto pode apresentar melhor qualidade quando mais seco, mas pode perder em termos financeiros, porque um produto com 10 % de umidade pode ser armazenado por um longo período tanto quanto um produto com 8 % e os 2 % secos à mais fazem com que o produtor perca em peso de produto. Na Tabela 8 pode-se constatar que nos tratamentos 3, 6 e 7 o teor de umidade é menor nas embalagens de aniagem, sendo os tratamentos 6 e 7 os que secaram ao sol e tinham, portanto, menor umidade final após a secagem.

Na Tabela 9 estão relacionados os dados climáticos durante o período de armazenamento demonstrando a baixa umidade relativa e alta temperatura no mês de setembro quando houve uma queda no teor de umidade dos tratamentos. Os dados da tabela foram obtidos na semana anterior às determinações do teor de umidade e nível de aflatoxina.

Tabela 9. Dados climáticos fornecidos pelo CEPAGRI - UNICAMP, durante o processo de armazenamento.

Mês	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)		
	Máxima	Média	Mínima	09:00	15:00	21:00
Fevereiro	30.5	25.3	20.1	74	52	80
Março	28.4	23.7	19.0	71	51	83
Abril	27.4	22.6	17.8	69	46	79
Mai	26.3	20.9	15.5	69	48	80
Junho	22.6	16.9	11.1	72	37	70
Julho	25.8	18.9	11.9	69	31	61
Agosto	25.5	19.4	13.3	65	29	59
Setembro	29.8	22.8	15.7	58	30	56
Outubro	30.5	24.9	19.2	68	41	70
Novembro	29.5	24.3	19.1	71	43	69

* CEPAGRI - Centro de Pesquisa Agrícola - UNICAMP

5.3. Aflatoxina

Como os limites de aflatoxina são: para o consumo humano, zero, e para o consumo animal, 20 ppb (BROOKER et al, 1992); e os tratamentos de 3 a 7 já estavam com alto nível de aflatoxina, então eles foram descartados à partir do mês de junho. Os testes de aflatoxina continuaram a ser feitos, apesar da quantidade ser alta desde o primeiro mês, para que se pudesse observar como o nível de toxina evoluía durante um período determinado.

A Tabela 9 apresenta os dados climáticos durante o período em que o produto estava sendo seco (fevereiro) e ficou armazenado para esperar a secagem. As temperaturas

estavam bastante elevadas e a umidade relativa também o que contribuiu para que houvesse o desenvolvimento do fungo e da produção de aflatoxina.

Tabela 10. Dados de armazenamento e nível de aflatoxina.

T	R	E	Nível de Aflatoxina (ppb)								
			MAR	ABR	MAI	JUN	J	A	S	O	N
1	1	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	p	265.68	377.12	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-
		a	265.68	532.64	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-
	2	p	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-
		a	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-
4	1	a	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-
	2	a	284.64	460.16	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-
	3	a	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-
5	1	a	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-
	2	a	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	a	1160.00*	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1	p	87.96	232.00	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-
	2	a	87.96	232.00	580.00	1160.00*	-	-	-	-	-

* Tratamentos diluídos em 500µl de benzeno.

T - tratamentos, R - repetição, E - embalagem, p - plástico, a - aniagem

Os tratamentos contaminados apresentam números semelhantes devido ao processo de análise, que é visual como foi descrito no item 4.2.7.2 deste trabalho.

Na Tabela 10 constata-se que não houve alteração no nível de aflatoxina durante o período de armazenamento, para os tratamentos 1 e 2, o que prova que a contaminação do produto não se deu nesse período, mas sim durante o tempo em que permaneceu armazenado antes da secagem, quando o teor de umidade estava alto (20 %). Nestes tratamentos mesmo com a necessidade de se fazer expurgo, devido à infestação por insetos, não houve produção de aflatoxina. Nos outros tratamentos, o material já se apresentava com aflatoxina antes do processo de secagem.

Nos tratamentos de 3 a 7 a determinação da aflatoxina foi feita até o 4º mês de armazenamento e depois foram descartados devido a alta contaminação. Apenas os tratamentos 1 e 2 foram analisados até o 8º mês de armazenamento, porque foram os únicos que permaneceram livres da aflatoxina. Nos tratamentos ao sol houve uma pequena contaminação no início do processo que depois se desenvolveu rapidamente, tornando o produto impróprio para o consumo inclusive animal.

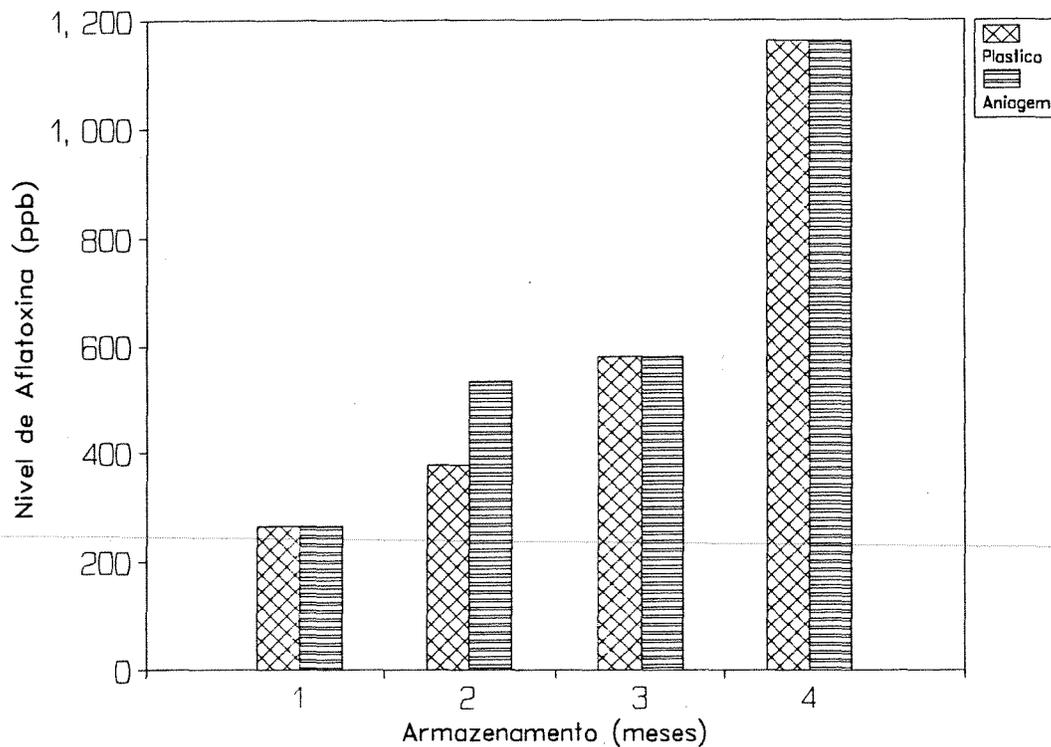


Figura 8. Nível de aflatoxina em partes por bilhão (ppb) do tratamento 3 durante o período de armazenamento.

Considerando as duas embalagens vê-se na Figura 8, que há uma pequena diferença no nível de aflatoxina no 2º mês de armazenamento, quando a embalagem de plástico apresentou menores valores de aflatoxina, mas ela volta a se igualar com a embalagem de aniagem, o que mostra que nenhuma das duas embalagens evitou o desenvolvimento do fungo e conseqüentemente da produção de aflatoxina. A Figura 8 apresenta níveis de aflatoxina semelhantes, isto porque a análise quantitativa é visual, como descrita no item 4.2.7.2.

A secagem feita no produto logo que ele é colhido é importante porque, como se pode verificar, o produto livre de aflatoxina no início do processo de secagem permaneceu livre durante todo o processo de armazenamento. O amendoim das águas é o mais

problemático porque, com o reumedecimento devido à chuva, o fungo terá condições de se desenvolver e produzir a aflatoxina, o que justifica a utilização da secagem artificial. Pode-se, então, colher o produto com umidade inicial mais elevada e secar artificialmente de forma mais rápida e eficiente oferecendo ao mercado um produto livre de aflatoxina.

6. CONCLUSÕES

- a secagem artificial foi mais eficiente que a secagem natural, o que a torna indicada para secar amendoim da época das águas (janeiro e fevereiro), porque nessa época o amendoim sofre o problema do reumedecimento devido às chuvas, o que pode torná-lo impróprio para o consumo;
- o fluxo de ar maior torna o processo de secagem mais rápido;
- a embalagem de plástico utilizada não apresentou resultados diferentes dos da embalagem de anagem;
- os tratamentos que não apresentaram produção de aflatoxina, antes do processo de secagem, não produziram aflatoxina no armazenamento, mesmo os com teor de umidade maior;
- nos tratamentos livres de aflatoxina, as embalagens mantiveram o produto livre de toxina durante o armazenamento;
- nos tratamentos que apresentaram produção de aflatoxina desde o processo de secagem, a embalagem não foi capaz de impedir a produção de aflatoxina;
- os processos de secagem artificial e natural também não impediram a produção de aflatoxina, nos tratamentos que já apresentaram nível elevado de toxina;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, Rio de Janeiro, v. 53, s. 3, p. 27,28,35. 1993.
p.1.1-8.30.

AYERST, G. The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi. Journal of Stored Products Research., v. 5, p. 127-41, 1969.

BAKKER-ARKEMA, F. W.; BROOK, R. C. & BROOKER, D. B. Energy and capacity performance evaluation of grain dryers. St. Joseph, MI, ASAE, 1978. 14 p. Paper n° 78-3532.

BENNET, J. W. & LEE, L. S. Mycotoxins - Their biosynthesis in fungi: Aflatoxins and other bisfuranoids. Journal of Food Protection, v. 42, n.10, p. 805-9, 1979.

BETINA, V. Mycotoxins, production, isolation, separation and purification, v. 8, Amsterdam: Elsevier, 1984, 670 p

BROOKER, D.B. ; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds, New York, NY. AVI Book. 1992, 450 p.

BRUCE, D.M. Exposed-layer barley drying: three models fitted to new data up to 150°C. Journal of Agricultural and Engineering Research, London, UK, v.32, p.337-47, 1985.

BULLERMAN, L. B.; SCHROEDER, L. L. & PARK, K. Y. Formation and control of mycotoxins in food. Journal of Food Protection, v. 4, n.8, p.637-46, 1984.

- CABRAL, A. C. D.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M. & ORTIZ, S. A. Embalagens de Produtos alimentícios. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Coordenadoria da Indústria e Comércio, p. 189-91. 1982.
- CANECHIO, V. Cultura do amendoim. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, SP. 1987, 40 p.
- CARVALHO, V. D. & CHALFOUN, S. M. Aflatoxinas em amendoim: como evitar contaminações. Pesquisando. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG. Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária: EPAMIG, ESAL, UFMG, UFV, n. 127, Setembro de 1984.
-
- CHINNAN, M.S. Evaluation of selected mathematical models for describing thin-layer drying of in-shell pecans. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v.27, n.2, p.610-5. 1984.
- CHIOU, R. Y.-Y. & TSAI, T.-T. Characterization of peanut protein during roasting as affected by initial moisture content. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, DC. v.37, n.5, p.1377-81, 1989.
- CHIOU, R. Y.-Y. et al. Characteristics of peanut kernels roasted under various atmospheric environments. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, DC, v.39, n.10, p.1852-6, 1991.
- CHRISTENSEN, C. M. & KAUFMANN, H. H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C.M. Storage of cereal grains and their products. St. Paul, Minn: AACC, 1974. 549 p. p.158-92.
- COFFELT, T. A. Peanut. In: ROBBELER, G. et al. Oil crops of the world. Their breeding and utilization. New York, McGraw-Hill, 1989. cap. 15.
- DALBELLO, O. Eficiência do processo de secagem do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e milho de pipoca (*Zea mays* L.). Campinas, UNICAMP, 1995. 111 p. Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola. (1995).
- DALPASQUALE, V. A. Secagem a altas temperaturas. CENTREINAR, Viçosa - MG. 1984. Datilografado, 29 p. 1984

DALPASQUALE, V. A.; QUEIROZ, D. M.; PEREIRA, J. A. M. & SASSERON, J. L. Curvas de secagem de amendoim utilizando a teoria da difusão do líquido. Revista Brasileira de Armazenagem, Viçosa, MG, v.9 e 10, n. 1 e 2, p.16-9, 1985.

DAVIDSON JR,J.I. et al. Field performance of two peanut cultivars relative to aflatoxin contamination. Peanut Science, Suffolk, VA, v.10, n.1, p.43-7, 1983.

DICKENS, J.W. Screening Virginia-type farmers stock peanuts before storage. Peanut Science, Suffolk, VA, v.11, n.1, p.13-6, 1984.

DOMENE, O. L. Tecnologia de polímeros - Seminário de Embalagens Flexíveis para Alimentos - ITAL, 1980.

FONSECA, H. Envenenamento alimentar - micotoxinas e micotoxicoses. In: CAMARGO Rodolfo de, et alii. Tecnologia dos produtos agropecuários - alimentos. 1^a ed. SãoPaulo, SP: Nobel, 1984. 298 p. p. 51-70.

FORTES, M. & OKOS, M. R. Drying theories; their bases and limitations as applied to foods and grains. In: Advances in Drying. ARUN S. MUJUNDAR (editor). Mc Gill University, Montreal. v. 1, n.5, p. 119-53, 1980.

FRANÇA NETO, J. B. & HENNING, A. A. Qualidades fisiológicas e sanitárias de semente de soja. Circular Técnica 9, Londrina, CNPSo/EMBRAPA, 1986.

GILBERT, J. et al. The preparation, validation and certification of the aflatoxin content of two peanut butter reference materials. Food Additives and Contaminants, London, UK, v.8, n.3, p.305-20, 1991.

GODOY, I.J. & VEIGA, R.F.de A. Coleta de amendoim cultivado na região oeste do Estado de São Paulo. O Agrônomo, Campinas, SP, v.40, n.2, p.102-13, 1988.

GODOY,I.J. de; RODRIGUES Fº, F. S. de O. & GERIN, M.A. N. Boletim 200. Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária. Instituto Agrônomo de Campinas, SP, p. 22, 1992.

- GRIFFIN, R. C. & SACHAROW, S. Principles of food packaging. Ed. AVI. USA, 1972, 327p.
- GUALBERTO, J. A. G. Efeitos de parâmetros de secagem na qualidade de amendoim (*Arachis hypogaea* L) previamente aerado. Campinas, UNICAMP, 1990. 29 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola em andamento.
- HOLCOMB, M. & THOMPSON JR., H.C. Analysis of aflatoxins (B₁, B₂, G₁ and G₂) in rodent feed by HPLC using postcolumn derivation and fluorescence detection. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, DC, v.39,n.1,p.137-40,1991.
- HUMMEIDA, M.A. & AHMED, A. EL T. Resistance of sorghum, peanut and sesame to air flow. Agricultural Mechanization in Asia, African and Latin America, Tokyo, Japan, v.20, n.2, p.53-6, 1989.
- HURST, W.J. et al. The HPLC analysis of aflatoxins in raw peanut Sep-pak® Cleanup. Peanut Science, Suffolk, VA, v.11, n.1, p.21-3, 1984.
- KUNZE, O. R. et al. Continuous and intermittent drying of peanuts under vacuum. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v. 11, n. 6, p. 783-7, 1968.
- LABUZA, T. P.; MIZRAHI, S. & KAREL, M. Mathematical models for optimization of flexible film packaging of foods for storage. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v. 15, n. 1, p. 150-5, 1972.
- LANDERCKER, E. M. Fundamentals of the fungi. Prentice-Hall, New Jersey, Red., 1982, 578 p.
- LASCA, D. H. C. Manual Técnico das Culturas Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Departamento de Extensão Rural, SP, n.8, p. 64-80, 1986.
- LASSERAN, J. C. Princípios gerais de secagem. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, MG, n. 3, 1978, 46 p.

- LASSERAN, J. C. Aeração de grãos. Tradução de José Carlos Celaro, Miriam S. Celaro e Miriam Costa Val Gomide. Viçosa. Centro de Treinamento em Armazenagem, 1981. 128 p. (Série Centreinar n. 2). Tradução de: La Ventilation des Grains.
- LI, H. & MOREY, R. V. Thin-layer drying of yellow dent corn. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v.27, n.2, p.581-5, 1984.
- MAGGON, K. K.; GUPTA, S. K. & VENKITASUBRAMANIAN, T. A. Biosynthesis of aflatoxins. Bacterial Review, v. 41, p. 822-55, 1977.
- MARSANS, G. J. Manejo y conservación de granos - cuidados durante el secado y almacenamiento. Editorial Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires - Argentina. 1ª ed., 1987. 266 p.
- MARTINS, D. dos S. et al. Avaliação das perdas do milho, antes da colheita e no armazenamento, pelo gorgulho (*Sitophilus spp*) e pela traça (*Sitotroga cerealella*) na microrregião de Viçosa, MG. Revista Brasileira de Armazenagem, Viçosa, MG, v.9 e 10, n.1 e 2, p.6-8, 1984/1985.
- MEYER, A. J. , VILLA, G. L., ROA, G. et al. Energia para a secagem de produtos agropecuários. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, MG, v. 4, p. 5-14, 1982.
- MOISTURE MEASUREMENT - PEANUTS . ASAE - Tentative Standard: ASAE S410T, Agricultural Engineers Yearbook, Published by ASAE, 1982, p. 346-7.
- MOREAU, C. Moulds, toxins and food. New York: A Wiley Interscience, 1979, 249 p.
- MOREY, R.V. & LI,H Thin-layer equation effects on deep-bed drying prediction. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v.27, n.6, p.1924-8, 1984.
- NOOMHORM, A. & VERMA, L.R. Generalized single-layer rice drying models. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v.29, n.2, p.587-91, 1986.
- NORDEN, A. J. Effect of curing method on peanut seed quality. Peanut Science, Suffolk, VA, v. 2, n. 1, p. 33-7, 1975.

OHJA, T. P. Drying of paddy in post harvest prevention of waste and loss of food grain. Asian Productivity Organization, Tokio, 1974. 375p.

PINNER, S. H. Modern packaging films - 1ª ed. - Londres Butterworths, 1967, 249 p.

PURCHIO, A. Fungos e metabólitos tóxicos - In: CARLOS DA SILVA LACAZ, PAULO S. MINAMI & ADHEMAR PURCHIO. O grande mundo dos fungos, cap. 5, ed. Polígono, São Paulo, 1970. 255 p.

PUZZI, D. Abastecimento e armazenagem de grãos. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.

RAPER, K. G. & FENNEL, D. I. The genus *Aspergillus*. Flórida: Robert & Krieger, 1977. 686 p.

ROMER, T. R. Screening method for the detection of aflatoxins in mixed feeds and other agricultural commodities with subsequent confirmation and quantitative measurement of aflatoxins in positive samples. Journal of the AOAC, St. Louis, MO, v.58, n. 3, p. 500-6, 1975.

ROSS, I. J.; LOEWER, O. J. & WHITE, G. M. Potencial for aflatoxin development in low temperature drying systems. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v. 22, n. 6, p. 1439-43, 1979.

SABINO, M. National monitoring and control program on mycotoxins in Brazil. In: Aflatoxin contamination of groundnuts: proceedings of the International Workshop. International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics - ICRISAT, ICRISAT Center, India, p. 115-20, 1987.

SCHMIDT, F. R. & ESSER, K. Aflatoxins: medical, economic impact and prospects for control. Process Biochemistry, p. 167-74, 1985.

SHERETZ, P. C.; EADIE, T.; YORK, J. W. & LLEWELLYN, G. C. Aflatoxins occurrence in raw and cooked York soybean inoculated with three *Aspergillus* isolates, Journal of the AOAC, v. 59, p. 662-5, 1976.

- SILVA, J. S. , PINTO, F. A. C. Secagem e armazenagem de grãos no Brasil. In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Ilhéus, Bahia, 1993. Anais Ilhéus SBEA, CEPLAC, v. 2, 1993, p. 1141-57.
- SIRIACHA, P. et al. Postharvest contamination of thai corn with *Aspergillus flavus*. Cereal Chemistry, St. Paul, MN, v.66, n.6, p.445-8, 1989.
- SMITH, J. S. et al. Overspace environment in mechanically and naturally ventilated peanut storages. Peanut Science, Suffolk, VA, v.11, n.1, p.46-9, 1984.
- SOARES, L. M. V. & RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Screening and quantitation of ochratoxin A in corn, peanuts, beans, rice and cassava. Journal of theAOAC, St.Louis, MO, v. 68, n. 6, p. 1128-30, 1985.
- SOARES, L. M. V. & RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone, and sterigmatocystin in some brazilian foods by using multi-toxin thin-layer chromatographic method. Journal of the AOAC, St. Louis, MO, v. 72, n.1, p. 22-6, 1989.
- SPENCER, H.B. A revised model of the wheat drying process. Journal of Agricultural and Engineering Research, London, UK, v.17, p.189-94, 1972.
- STEELE, J. L. Resistance of peanuts to airflow. Transactions of the ASAE, St. Joseph, MI, v. 17, n. 3, p. 573-7, 1974.
- STOLOFF, L. Aflatoxin - An overview. In: RODRICK, J. V.; HESSELTINE, C. W. & MEHLMAN, M. A. Mycotoxin in human and animal health, Pathtox Publishers, Park Forest South I.L., p. 7-28, 1977.
- STOLOFF, L.; VAN EGMOND, H.P. & PARK, D.L. Rationales for the establishment of limits and regulations for mycotoxins. Food Additives and Contaminants, London, UK, v.8, n.2, p.213-22, 1991.
- TRAVAGLINI, D.A. & TANGO, J.S. Estudo sobre as temperaturas de secagem do amendoim em casca e os seus efeitos sobre as qualidades do produto armazenado. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, SP, v. 1, p. 365-78, 1965/1966.

TROEGER, J. M. , BUTLER, J. L. Drying peanuts with intermittent air flow. Transactions of the ASAE, 1980,. v. 23, n.1, p. 197-9.

WARD, C. M. & MORGAN, M. R. A. Reproducibility of a commercially available kit utilizing enzyme-linked immunosorbent assay. Food Additives and Contaminants, London , UK, v. 8, n.1, p. 9-15,1991.

WEBER, E. A. Armazenagem agrícola. Porto Alegre. RS, Kepler Weber Industrial, 1995. 400 p.

WILSON, D. M. & BELL, D. K. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* on visibly sound rehydrated peanut, corn and soybean seed Peanut Science,Suffolk, VA, v.11, n.1, p. 43-5, 1984

WILSON, D. M.; JAY, E. & HILL, R. A. Microflora changes in peanuts (groundnuts) stored under modified atmospheres. Journal of Stored Products Research, Exeter, England, v. 21, n. 1, p. 47-52, 1985.

WOODROOF, J. G. Peanuts, production, processing products. AVI Publishing Company Inc. Westport. Connecticut. USA. Third edition, 1983. 414 p.

ZAJICEK, G. J. New detection methods for aflatoxins. Association of Operative Millers - Bulletin. Food Protection Committee. p. 5587-8. 1989.