UMIDADE RELATIVA DE EQUILÍBRIO E OXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS EM FARINHAS DE CASTANHA DO PARÁ, MACADÂMIA E SOJA

MARCIA SABBAGH

Orientador : Prof. Dr. LUIZ GONZAGA DO PRADO FILHO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1985

*À minha mãe
Aos meus irmãos*

DEDICO

*Ao meu irmão Aref
pelo carinho, compreensão
e apoio irrestrito,
meu agradecimento especial*

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e, em especial, às seguintes pessoas e entidades.

- Ao Prof. Dr. Luiz Gonzaga do Prado Filho, pela segura orientação recebida, sua amizade e seus ensinamentos foram fatores preponderantes para a realização deste trabalho.

- Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Cantarelli, pela amizade e apoio durante o trabalho.

- À FAPESP pela bolsa de pesquisa durante o referido trabalho.

- Ao Departamento de Tecnologia Rural da ESALQ-USP pela disposição de seus laboratórios para que este trabalho pudesse ser realizado.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	Página vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Sementes Oleaginosas	3
2.2. Atividades de Água e Atividade Enzimica	5
2.3. Atividade da Lipoxigenase em Sementes Oleaginosas	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Material	11
3.1.1. Sementes Oleaginosas	11
3.1.2. Soluções Salinas para Determinação da Umi- dade Relativa de Equilíbrio	11
3.1.3. Equipamentos Usados para a Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio	12
3.2. Métodos	19
3.2.1. Preparo das Farinhas	19
3.2.2. Determinação da Umidade de Equilíbrio nas Farinhas de Sementes Oleaginosas	21
3.2.3. Determinação da Oxidação nas Farinhas	22
4. RESULTADOS	24
4.1. Preparo das Farinhas	24
4.2. Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio nas Farinhas de Sementes Oleaginosas	25

4.3. Construção da Isoterma de Absorção	25
4.4. Determinação da Oxidação nas Farinhas	25
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	77
6. CONCLUSÕES	83
LITERATURA CITADA	85
APÊNDICE	92

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		Pagina
1	Equipamento do Método de Ar Não Recirculado	14
2	Câmara em PVC Utilizada para Colocação das Amostras	15
3	Equipamento Utilizado no Método Sem Recirculação de ar .	16
4	Equipamento do Método de Ar Recirculado	17
5	Equipamento Utilizado no Método de Ar Recirculado	18
6 a 14	Representação Gráfica da Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio de Farinha de Castanha do Pará em Ambientes com a_w 0,51; 0,57; 0,67; 0,75; 0,79 e 0,81; a 35°C Sem e Com Recirculação de Ar	26
15 a 23	Representação Gráfica da Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio de Farinha de Macadâmia em Ambientes com a_w 0,51; 0,57; 0,67; 0,75; 0,79 e 0,81; a 35°C Sem e Com Recirculação de Ar	35
24 a 32	Representação Gráfica da Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio de Farinha de Soja em Ambientes com a_w 0,51; 0,57; 0,67; 0,75; 0,79 e 0,81; a 35°C Sem e Com Recirculação de Ar	44
33 e 34	Isoterma de Absorção de Farinha de Castanha do Pará. Método Sem e Com Recirculação de Ar	53
35 e 36	Isoterma de Absorção de Farinha de Macadâmia. Método Sem e Com Recirculação de Ar	55

Figura Nº		Pagina
37 e 38	Isoterma de Absorção de Farinha de Soja. Método Sem e Com Recirculação de Ar	57
39 a 44	Representação Gráfica do Valor Peróxido de Farinha de Castanha do Pará com a_w 0,51; 0,57; 0,67; 0,75; 0,79 e 0,81; a 35°C	59
45 a 50	Representação Gráfica do Valor Peróxido de Farinha de Ma cadamia com a_w 0,51; 0,57; 0,67; 0,75; 0,79; 0,81; a 35°C	65
51 a 55	Representação Gráfica do Valor Peróxido de Farinha de So ja com a_w 0,51; 0,57; 0,67; 0,75; 0,79 e 0,81; a 35°C ..	71

LISTA DE TABELAS

Tabela Nº		Pagina
1	Umidade Relativa e Atividade de Água de Soluções Salinas Saturadas, à Temperatura de 35°C	12
2	Rendimento das Farinhas de Castanha do Pará, Macadâmia e Soja, Variedade Santa Rosa	24

UMIDADE RELATIVA DE EQUILÍBRIO E OXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS
EM FARINHAS DE CASTANHA DO PARÁ, MACADÂMIA E SOJA

Marcia Sabbagh

Orientador: Prof.Dr. Luiz Gonzaga do Prado Filho

RESUMO

Considerando o elevado valor protéico das sementes oleaginosas castanha do pará, macadâmia e soja, e a deficiência protéica que normalmente ocorre na dieta de populações menos favorecidas, observou-se que o aproveitamento dessas sementes, na forma de farinha desengordurada diretamente na alimentação humana, constitui um meio bastante promissor de suprir esta deficiência.

Entretanto estas farinhas estão sujeitas a reações químicas oxidativas, durante a armazenagem, que são fortemente influenciadas pelo teor de umidade.

Desta forma, foram estudados dois métodos diferentes para determinação da umidade relativa de equilíbrio das farinhas, método de ar recirculado e método sem recirculação de ar, e traçadas as isotermas de absorção das farinhas, segundo dados obtidos por estes métodos.

Posteriormente, em função da umidade, foram feitas determinações das reações de autooxidação e oxidação catalisada pela enzima lipoxigenase, nas três farinhas.

Em valores de atividade de água elevados, $a_w = 0,75$ no método sem recirculação de ar e $a_w = 0,84$ no método de ar recirculado, ocorreu perda do material estudado, por deterioração microbiológica antes do aparecimento de qualquer alteração oxidativa.

O tempo necessário para obtenção da umidade de equilíbrio nas farinhas, foi bastante reduzido no método de ar recirculado, o que confirmou a eficiência deste método.

Com relação a reações de oxidação de lipídeos, observou-se em todas as farinhas, um aumento com a atividade de água, em reações catalisadas por enzimas. A autooxidação aumentou com a atividade de água até 0,75, acima deste valor a autooxidação é mais lenta.

EQUILIBRIUM RELATIVE HUMIDITY AND LIPID OXIDATION IN
BRAZIL NUT, MACADÂMIA NUT AND SOYBEAN SEED MEALS

Marcia Sabbagh

Adviser: Prof.Dr. Luiz Gonzaga do Prado Filho

SUMMARY

Considering the high protein contents of Castanha do Pará, Macadâmia and Soybean seeds and the proteic deficiency that usually occurs in the diet of underdeveloped populations it was observed that the utilization of such seeds as lipid free meals for human feeding is a very promising source to relive the said deficiency.

However, oxidative reactions may develop during the storage of those seeds which are under strong influence of the humidity contents. There, two diferent methods of determining the equilibrium relative humidity were studied: one utilizing air recycling and the other without air recycling. The sorption isotherms were obtained.

Latter on, according to the humidity content the lipid oxidations by chemical and enzymatic reactions were evaluated.

At high water activities, 0.75 for the non air recycling and 0.84 for the air recycling method was observed the occurrence of microbial spoilage before any oxidative changes in the studied meals had occurred.

The time necessary to reach the equilibrium humidity was shorter for the method using air recycling.

In relation to the enzymatic lipid oxidation reactions rate it was observed a positive correlation relation with the increase of activity water values. On the other hand, the autoxidation rates increased up to 0.75 water activity and became slower above this value.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de alimentos de origem animal, principalmente nos países em desenvolvimento leva à necessidade de se obter novas fontes alimentícias, mais baratas e abundantes que as convencionais.

As sementes oleaginosas como a castanha do pará, a macadâmia e a soja, cujas tortas apresentam após a extração do óleo alto teor de proteínas de elevado valor biológico, constituem um meio bastante promissor de suprir, ao menos parcialmente, a deficiência de proteínas que ocorre na dieta da população mundial.

Essas tortas apresentam em sua constituição polissacarídios, lipídios, proteínas, água e minerais, que podem durante a armazenagem sofrer alterações de origem microbiana ou química que as levam à perda da qualidade. A obtenção de um produto com boa estabilidade de armazenagem é um fator que tem limitado sua utilização de forma mais ampla.

O crescimento de microrganismos pode ser controlado através da secagem, levando o produto a um teor de umidade abaixo do seu

nível crítico, entretanto esses produtos ainda estão sujeitos a reações enzimáticas que alteram suas propriedades organoléticas.

Após a extração do óleo, na indústria, as farinhas contêm ainda pequenas quantidades de lipídios, que na presença de umidade suficiente podem oxidar-se, alterando o produto. Estudos da interação enzima - conteúdo de umidade, mostram que a velocidade e extensão das reações são muito dependentes da umidade, servindo esta como um veículo para a enzima e o substrato. Desta forma, em produtos de baixa atividade de água as reações não ocorrem, ou ocorrem muito lentamente.

Com a trituração das sementes, na fabricação das farinhas, a taxa de deterioração é bastante acelerada, porque as enzimas e os respectivos substratos são colocados em contato.

A ação das enzimas sobre as farinhas de castanha do Pará, macadâmia e soja tem maior interesse ao observarmos a possibilidade da utilização destas diretamente na alimentação humana, o que exige cuidadosa proteção contra este tipo de deterioração, pois uma vez ocorrida a alteração, torna-se problemática a recuperação da qualidade perdida.

Entre as enzimas presentes nas sementes oleaginosas, a lipoxigenase, responsável pela oxidação de lipídios, é de importância primordial na estabilidade durante a armazenagem.

Desta forma, o trabalho tem por objetivo a determinação das isotermas de absorção de umidade das farinhas de castanha do Pará, macadâmia e soja, variedade Santa Rosa, e determinação da oxidação de lipídeos nestas farinhas, em função da atividade de água.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sementes Oleaginosas

Devido ao alto custo da proteína de origem animal, torna-se necessário que sejam procuradas novas fontes protéicas mais baratas e abundantes que as convencionais. O uso de farinhas de sementes oleaginosas como a castanha do pará, a macadâmia e a soja, pode ser uma forma de suplementação protéica na dieta de populações menos favorecidas.

Considerando o elevado valor protéico da farinha de castanha do pará, MENEZES (1967) observou que seu aproveitamento como subproduto do óleo seria recomendado principalmente em misturas com farinha de trigo, para fabricação de pão misto de maior valor nutritivo.

OLIVEIRA *et alii* (1980) estudando a composição em aminoácidos da torta obtida da extração do óleo de macadâmia, observaram que esta pode se constituir num subproduto de valor no preparo de rações e mesmo para consumo humano uma vez que apresenta na sua composição todos os aminoácidos essenciais.

A soja é rica em substâncias lipídicas e protéicas, e com exceção da metionina todos os aminoácidos essenciais estão presentes em ótimas concentrações (SCHMITZ, 1969). Desta forma seus subprodutos derivados: farinha integral ou desengordurada, e o leite podem participar de alimentos onde a soja entra como principal elemento protéico.

Segundo KELLOR (1974) a farinha de soja desengordurada apresenta algumas vantagens em relação a outros produtos, tais como: é a fonte de proteínas mais econômica e disponível; seu valor nutricional é superior ao dos produtos de soja refinados; e suas propriedades funcionais como absorção de umidade e capacidade de emulsionar gorduras, a tornam ingrediente versátil para alimentos.

(1972) observaram que o teor de açúcares totais e óleo estão diretamente relacionados e que ambos são inversamente proporcionais ao teor de proteínas da semente.

COSTA *et alii* (1974) pesquisando diferentes variedades de soja com relação aos principais componentes químicos dos grãos, e as qualidades organoléticas e nutricionais de suas respectivas farinhas, concluíram que a variedade Santa Rosa preenche todos os requisitos para ser usada como matéria prima na produção de alimentos.

O principal fator limitante ao uso de subprodutos de soja na alimentação, segundo SHEMER *et alii* (1973), é a formação de "off flavor" que ocorre sob tres condições: rompimento celular, disponibilidade de umidade e presença de oxigênio. WILKENS *et alii* (1967) observaram

que a inativação da enzima lipoxigenase previne a formação de "off flavor".

2.2. Atividades de Água e Atividade Enzimica

As sementes oleaginosas são ricas fontes de enzimas, que podem levar a alterações do produto, se água suficiente estiver presente no alimento.

A água apesar de ser uma molécula simples é de grande importância na deterioração que ocorre no produto alimentício (KARMAS, 1973), devido às suas propriedades de solvente e reagente.

Em alta umidade, a deterioração de alimentos pode ser causada por processos enzimicos, químicos e microbiológicos (LABUZA *et alii*, 1970 e 1972). O crescimento microbiano cessa em umidade intermediária (TROLLER, 1980), valor no qual, entretanto, a atividade enzimica continua, intensa o bastante para exercer efeitos prejudiciais à qualidade do alimento (SCHIMMER, 1980).

É importante para o processamento e armazenagem dos alimentos o estado da água presente. Segundo ROCKLAND (1969), apenas a umidade relativa de equilíbrio não pode refletir precisamente o estado físico químico da água, ou a suscetibilidade de um produto alimentício à deterioração. Condições ótimas de estabilidade são descritas mais precisamente pela combinação da umidade relativa de equilíbrio e umidade total, isto é, pela isoterma de absorção.

A isoterma de absorção de muitos alimentos exibe uma histerese. Assim, dependendo do ponto de partida da determinação, do estado seco para o úmido ou vice versa pode ser obtido em sistemas de composição de sólidos semelhantes, diferentes teores de umidade (LABUZA, 1968).

Este mesmo autor observou que durante a secagem de um alimento, onde ocorre o abaixamento de a_w , diversos fatores estão envolvidos, tais como: interação água solutos, efeito dos capilares do alimento, fenômeno de histerese e interação da água com superfícies ou polímeros de alto peso molecular.

A atividade de água é uma função da isoterma de absorção de um produto alimentício, estando relacionada a um tipo de ligação da água. A primeira parte corresponde a uma camada monomolecular de água adsorvida, de acordo com a teoria de BRUNAUER, EMMETT e TELLER (B.E.T.), e representa uma região de ligação muito firme da água, com grupos polares da superfície do adsorvente. A parte ascendente da isoterma reflete o acúmulo progressivo de água menos ligada, aos finos capilares da estrutura dos alimentos (POTTHAST *et alii*, 1975).

De acordo com LABUZA (1980 e 1982), quando um produto alimentício ganha umidade acima do valor B.E.T., ocorre um aumento na taxa de reações químicas e enzimáticas que podem levá-los a perda da qualidade. Para cada aumento de 0,1 na atividade de água, a taxa de muitas dessas reações duplica ou triplica.

ROCKLAND e NISHI (1980) demonstraram que em alimentos a reatividade de cada componente é influenciada por sua afinidade pelas moléculas de água e pela competitividade entre grupos químicos hidrofílicos e hidrofóbicos, sendo, portanto, também influenciada pela arquitetura química estrutural do sistema. Desta forma as propriedades de um sistema são influenciadas tanto pela energia de ligação da água a grupos moleculares específicos, como pelas interações entre constituintes químicos hidrofílicos.

ACKER (1969) observou que a isoterma de absorção pode predizer quais reações ocorreriam no sistema. Na região de pura adsorção, isto é, abaixo do ponto de inflexão da isoterma, alterações enzimáticas não ocorrem ou ocorrem muito lentamente. A imobilização da água previne a difusão do substrato até a enzima.

O efeito da atividade de água sobre a cinética e atividade das enzimas foi revisado por DRAPON (1972). As reações foram por ele estudadas em sistema modelo, em função da atividade de água do sistema, e mostram que a ação das enzimas em sistemas com baixo teor de umidade são diferentes daqueles observados em soluções ou dispersões.

2.3. Atividade da Lipoxigenase em Sementes Oleaginosas

ACKER (1962), em pesquisas sobre a atividade enzimática em alimentos de baixa umidade, observou que em sementes oleaginosas as reações que ocorrem abaixo do nível crítico, isto é, em uma umidade tal que o crescimento de microrganismos é impossível, são hidrólise das

gorduras com a formação de ácidos graxos livres, e oxidação de lipídeos. Foi demonstrado que tais reações são devidas à ação das enzimas lipase e lipoxigenase.

Estudos de CAVALETO *et alii* (1966) sobre o efeito da umidade, calor e luz sobre a estabilidade das sementes cruas de macadâmia, demonstraram que a estabilidade das mesmas decresce com o aumento da umidade e temperatura de armazenagem.

De acordo com GARDNER (1975) óleos e gorduras polinsaturados oxidam, formando hidroperóxidos (produto inicial da oxidação) e causando a deterioração de alimentos caracterizada por "off flavor", toxidez e diminuição no teor de nutrientes. Em muitos produtos vegetais a presença da enzima lipoxigenase prêdetermina a formação de hidroperóxidos, especialmente se a integridade celular é rompida mecânicamente.

A prevenção de sabores e odores estranhos, relacionados a oxidação de lipídeos, é de grande importância para aceitação da farinha de soja pelo consumidor. A inativação da enzima lipoxigenase, através de tratamento térmico, é essencial no processamento (ZANGELMI *et alii*, s.d.).

A maior causa da deterioração "off flavor" no processamento de sementes de macadâmia, é devido ao ranço oxidativo. GRIMWOOD (1971) observou que esta deterioração é parcialmente devido a enzimas, que devem ser eliminadas durante o processamento térmico. Para obtenção de máxima vida útil, uma relação satisfatória de tempo e temperatura,

acoplado a técnicas de acondicionamento que excluem O_2 , deve ser utilizada.

Pesquisas de PRICHAVIDHI e YAMAMOTO (1965) evidenciaram que a secagem das sementes de macadâmia à temperatura de $68^{\circ}C$ não afeta a atividade enzimica, responsável por alterações das gorduras, durante a armazenagem em altas temperaturas e altas umidades.

Em estudos para prevenir a oxidação de lipídeos em "carne de soja", MUSTAKAS *et alii* (1969), observaram que tratamento térmico feito por calor seco à temperatura de $85,7^{\circ}C$ inativou a lipoxigenase e melhorou a estabilidade, apresentando o produto "flavor" agradável após dois anos de armazenagem. O calor úmido também é um tratamento efetivo, embora quando precedido por calor seco a $68^{\circ}C$, resulte em baixa estabilidade e "flavor" inferior.

GOLDOUSKII e IVANOVA (1979) pesquisaram o efeito da lipoxigenase em sementes de soja, em diferentes teores de umidade e observaram que estas enzimas foram ativadas apenas quando o teor de umidade estava ao redor de 13%. Desta forma a secagem dos grãos a 9% de umidade tem um efeito protetor sobre a estabilidade, diminuindo as perdas do produto durante a armazenagem.

Segundo MEYER (1975) os óleos e gorduras utilizam O_2 lentamente por certo período, no qual não é possível detectar o "flavor" dos produtos do ranço, este período é chamado período de indução e é seguido por um segundo período, onde a tomada de O_2 é muito mais rápida, posteriormente a taxa de oxidação diminui outra vez. O tempo de

cada período é função do tipo de gordura e os fatores que influem nesta reação, podem ser: temperatura, umidade, quantidade de O_2 disponível, luz e presença ou ausência de antioxidantes e próoxidantes.

BROCKMAN e ACKER (1977a) observaram que na soja, em ambiente seco, a lipoxigenase ataca não apenas o ácido linolêico livre, mas também os que fazem parte das moléculas de triglicerídeos e fosfatídeos. Relataram também que a livre mobilidade dos ácidos graxos e triglicerídeos torna a presença da água não essencial.

Em pesquisas sobre a oxidação enzimática de lipídeos, em sistemas de baixa umidade BROCKMAN e ACKER (1977b) demonstraram que durante o processo de oxidação, o ácido linolêico é transformado em produtos polares com aumento do peso molecular e do teor de oxigênio.

QUAST e KAREL (1972) pesquisaram o efeito da umidade relativa sobre a taxa de oxidação e observaram que em estágios iniciais de oxidação e em baixa umidade a taxa é fortemente influenciada pela umidade relativa de equilíbrio, entretanto, com o progresso da reação, a taxa torna-se independente da umidade. Estes mesmos autores observaram que em UR elevadas, a taxa aumenta consideravelmente, possivelmente devido a um aumento na mobilidade dos reagentes.

O estudo da deterioração oxidativa de lipídeos em alimentos secos, feito por ASAKAWA e MATSUSHITA (1978), utilizando sistema modelo com umidades relativas baixa (0%), média (48%) e alta (83%), demonstrou que em umidade intermediária ocorrem maiores perdas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Sementes Oleaginosas

As sementes oleaginosas utilizadas para a execução do presente trabalho, tiveram as seguintes procedências: castanha do pará, adquirida em estabelecimento comercial; macadâmia, cedida pelo Instituto Agrônômico de Campinas, Estação Experimental de Tietê; e soja, variedade Santa Rosa, oriunda do Instituto Agrônômico de Campinas e cedida pelo Prof. Dr. Rodolpho de Camargo, do Departamento de Tecnologia Rural da ESALQ.

3.1.2. Soluções Salinas para Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio

A determinação da umidade relativa de equilíbrio nas amostras foi feita através de métodos que utilizam o borbulhamento do ar em soluções salinas saturadas, com subsequente passagem sobre as

amostras das farinhas. A Tabela 1 relaciona uma série de sais e as respectivas atividades de água de suas soluções, à temperatura de 35°C (SMITH, 1971).

Tabela 1. Umidade Relativa e Atividade de Água de Soluções Salinas Saturadas, à Temperatura de 35°C

Solução Salina	Umidade Relativa %	Atividade de Água
Nitrato de Magnésio	51	0,51
Brometo de Sódio	57	0,57
Cloreto de Cobre	67	0,67
Cloreto de Sódio	75	0,75
Sulfato de Amônio	79	0,79
Brometo de Potássio	81	0,81
Cloreto de Potássio	84	0,84
Nitrato de Potássio	91	0,91

FONTE: SMITH (1971).

3.1.3. Equipamentos Usados para a Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio

Neste item foi descrita a montagem dos equipamentos utilizados para a determinação da umidade relativa de equilíbrio nas farinhas de sementes oleaginosas.

3.1.3.1. Equipamento do Método de Ar Não Recirculado

Este equipamento consta de um filtro de água e óleo, provido de um manômetro que permite a regulação da pressão e, portanto, da vazão; três garrafas lavadoras contendo respectivamente água destilada, solução salina saturada e lã de vidro; uma câmara que contém as amostras, feita em tubo PVC com 10cm de diâmetro, e funciona em sistema de prateleiras. Cada câmara comporta quatro prateleiras onde são postas as placas com as farinhas a serem equilibradas (Figuras 1 e 2).

O ar vindo do compressor passa pelo filtro que regula a pressão a $1,6 \text{ Kgf/cm}^2$, pelas garrafas lavadoras e pela câmara, onde flue em sentido ascendente, saindo desta por um orifício situado na tampa. Todo o sistema funciona dentro de uma estufa que mantém a temperatura de $35^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Figura 3).

3.1.3.2. Equipamento do Método de Ar Recirculado

Este equipamento consta de uma bomba peristáltica; duas garrafas lavadoras contendo respectivamente água destilada e solução salina saturada, exatamente no local de saída do ar da garrafa de solução salina, foi colocado lã de vidro para evitar o arraste de partículas de solução para as amostras; e uma câmara com as amostras, igual a do equipamento anterior (Figuras 4 e 5).

O ar impulsionado pela bomba peristáltica passa pelas garrafas lavadoras, pela câmara contendo as amostras e daí, via bomba peristáltica, repete o ciclo.

Figura 1. Equipamento do Método de Ar não Recirculado

Figura 2. Câmara em PVC utilizada para colocação das amostras

Figura 3. Equipamento utilizado no método sem recirculação de ar

Figura 4. Equipamento do Método de Ar Recirculado

Figura 5. Equipamento utilizado no método de ar recirculado

3.2. Métodos

3.2.1. Preparo das Farinhas

3.2.1.1. Farinhas de Castanha do Pará e Macadâmia

As sementes de castanha do pará e macadâmia, foram inicialmente selecionadas, quebradas e separadas das cascas manualmente, depois trituradas para facilitar a extração do óleo. Esta trituração não foi muito intensa, para evitar a formação de uma pasta que poderia dificultar a operação de prensagem, uma vez que estas sementes são macias e muito ricas em óleo.

A extração do óleo foi feita empregando a mesma técnica usada na indústria, isto é, um processo misto expressão - dissolventes. No primeiro estágio, a prensa hidráulica extrai o óleo virgem, à seguir as tortas ainda ricas em óleo foram desintegradas e submetidas a ação do solvente éter de petróleo, fração 30-40°C, no extrator de Soxhlet, por um período de cinco horas.

Depois de preparadas as farinhas passaram por um processo de padronização, através de uma peneira com malha de 20 Mesh, obtendo-se desta forma uma farinha fina e uniforme.

Fluxograma do Processo de Fabricação das Farinhas de castanha-do-pará e macadâmia.

3.2.1.2. Farinha de soja

O preparo da farinha de soja foi executado conforme o esquema apresentado por KELLOR (1974). As sementes de soja foram selecionadas, quebradas, descascadas, e trituradas para facilitar a extração do óleo, por éter de petróleo, fração 30-40°C, no extrator de Soxhlet, por um período de 18 horas.

A farinha assim obtida foi submetida a tratamento térmico (calor úmido) a 100°C por 30 minutos, para inativação dos fatores antinutricionais (SMITH e CIRCLE, 1972). A umidade absorvida neste tratamento foi eliminada através de secagem em estufa de ar circulante a 35°C por 5 horas.

Os flocos resultantes desse processo passaram por nova moagem e padronização, através de uma peneira com malha de 20 mesh.

Fluxograma do Processo de Fabricação da Farinha de Soja

3.2.2. Determinação da Umidade de Equilíbrio nas Farinhas de Sementes Oleaginosas

3.2.2.1. Método Sem Recirculação de Ar

Esse método foi baseado naquele descrito por LONCIN *et alii* (1968), com algumas simplificações, utilizando o dispositivo descrito no item 3.1.3.1. Nele quatro amostras de farinha de Castanha do Pará (3 gramas), Macadâmia (3 gramas) ou Soja (4 gramas), foram colocadas na câmara.

O experimento foi iniciado ligando-se o compressor, que inicia a passagem do ar por todo o sistema. Em intervalos de 12 horas, as amostras foram pesadas e o experimento foi considerado terminado quando o peso das amostras permaneceu constante, porque o equilíbrio da umidade entre as amostras e a solução foi alcançado.

Depois de obtido o equilíbrio as amostras foram secas à vácuo (pressão residual 80 Torr), à temperatura de 60°C por cinco horas, sendo então determinado o peso seco.

A cada pesagem a posição das amostras na câmara foi modificada, para que o fluxo de ar em cada uma delas fosse uniforme.

3.2.2.2. Método de Ar Recirculado

Este método foi uma adaptação simplificada do método proposto por GAL (1975), e utilizou o equipamento descrito no item 3.1.3.2., com recirculação de ar, sendo as pesagens feitas em intervalos de 6 horas.

3.2.3. Determinação da Oxidação nas Farinhas

A determinação da oxidação nas farinhas foi feita segundo o método colorimétrico descrito por STINE *et alii* (1954), com modificações no processo de extração da gordura, o que foi feito com uma mistura de benzeno-metanol, na mesma proporção utilizada no método.

Para um estudo comparativo entre a autooxidação e a oxidação catalisada por enzimas, eram feitos dois experimentos paralelos.

Amostras "in natura" e amostras submetidas a tratamento térmico a 110°C por 120 minutos, para inativação enzimica (ACKER e WISSE, 1972), foram equilibradas com as soluções salinas, pelo método de ar recirculado, para obtenção da a_w desejada nas mesmas. Depois de obtido o equilíbrio, era adicionado óleo de soja comercial às amostras de farinhas, obtendo-se um teor final de 20% de óleo. Neste momento foi feita a primeira determinação do valor peróxido.

Em seguida, as amostras foram armazenadas nas a_w correspondentes, à 35°C, e em intervalos de 24 horas foram feitas determinações do valor peróxido, para acompanhar o desenvolvimento da oxidação.

4. RESULTADOS

4.1. Preparo das Farinhas

No preparo das farinhas de castanha do par, macadmia e soja, foram observados os resultados mostrados na Tabela 2, com relao ao rendimento de cada uma das farinhas.

Tabela 2. Rendimento das Farinhas de Castanha do Par, Macadmia e Soja, Variedade Santa Rosa

	Castanha do Pará	Macad�mia	Soja
Amostra Inicial	2000g	3000g	1000g
Sementes descascadas	700g	800g	710g
�leo	400ml	450ml	200ml
Farinha desengordurada	195g	145g	500g

4.2. Determinação da Umidade Relativa de Equilíbrio nas Farinhas de Sementes Oleaginosas

Com base na determinação do peso da matéria seca foi calculado o teor de umidade das farinhas ($\text{gH}_2\text{O}/100\text{g M.S.}$). Os resultados obtidos em experimentos com os métodos sem e com recirculação de ar podem ser observados nas Figuras 6 a 32.

4.3. Construção da Isoterma de Absorção

A construção da isoterma de absorção foi feita utilizando valores médios da umidade das farinhas, após estas atingirem peso constante, ou seja a umidade relativa de equilíbrio.

As Figuras 33 a 38 mostram a isoterma de absorção das farinhas de sementes oleaginosas, nas a_w relacionadas na tabela 1 do item 3.1.2.

4.4. Determinação da Oxidação nas Farinhas

Os resultados obtidos neste experimento podem ser observados nas Figuras 39 a 56.

Figura 6. Castanha do Pará. Solução Saturada de Nitrato de Magnésio. $a_w = 0,51$.
35°C. Sem Recirculação de ar

Figura 7. Castanha do Pará. Solução Saturada de Nitrato de Magnésio. $a_w = 0,51$.
35°C. Ar Recirculado

Figura 8. Castanha do Pará. Solução Saturada de Brometo de Sódio. $a_w = 0,57$.
35°C. Sem Recirculação de ar

Figura 9. Castanha do Pará. Solução Saturada de Brometo de Sódio. $a_w = 0,57$.
35°C. Ar Recirculado

Figura 10. Castanha do Pará. Solução Saturada de Cloreto de Cobre. $a_w = 0,67$. 35°C .
Sem Recirculação de ar

Figura 11. Castanha do Pará. Solução Saturada de Cloreto de Cobre. $a_w = 0,67$.
35°C. Ar Recirculado

Figura 12. Castanha do Pará. Solução Saturada de Cloreto de Sódio. $a_w = 0,75$. 35°C .
Ar Recirculado

Figura 13. Castanha do Pará. Solução Saturada de Sulfato de Amônio. $a_w = 0,79$. 35°C.
Ar Recirculado

Figura 14. Castanha do Pará. Solução Saturada de Brometo de Potássio. $a_w = 0,81$.
35°C. Ar Recirculado

Figura 15. Macadâmia. Solução Saturada de Nitrato de Magnésio. $a_w = 0,51$. 35°C . Sem Recirculação de ar

Figura 16. Macadâmia. Solução Saturada de Nitrato de Magnésio. $a_w = 0,51$.
35°C. Ar Recirculado

Figura 17. Macadâmia. Solução Saturada de Brometo de Sódio. $a_w = 0,57$. $35^{\circ}C$.
Sem Recirculação de ar

Figura 18. Macadâmia. Solução Saturada de Brometo de Sódio. $a_w = 0,57$.
35°C. Ar Recirculado

Figura 19. Macadâmnia. Solução Saturada de Cloreto de Cobre. $a_w = 0,67$. 35°C . Sem Recirculação de ar

Figura 20. Macadâmia. Solução Saturada de Cloreto de Cobre, $a_w = 0,67$,
35°C. Ar Recirculado

Figura 21. Macadâmia. Solução Saturada de Cloreto de Sódio. $a_w = 0,75$. 35°C. Ar Recirculado

Figura 22. Macadâmia. Solução Saturada de Sulfato de Amônio. $a_w = 0,79$. 35°C.
Ar Recirculado

Figura 23. Macadâmia. Solução Saturada de Brometo de Potássio. $a_w = 0,81$. 35°C . Ar Recirculado

Figura 24. Soja. Solução Saturada de Nitrato de Magnésio. $a_w = 0,51$. 35°C. Sem Recirculação de ar.

Figura 26. Soja. Solução Saturada de Brometo de Sódio. $a_w = 0,57$. 35°C. Sem Recirculação de ar

Figura 27. Soja. Solução Saturada de Brometo de Sódio. $a_w = 0,57$. 35°C. Ar Recirculado

Figura 28. Soja. Solução Saturada de Cloreto de cobre. $a_w = 0,67$. 35°C. Sem Recirculação de

ar

Figura 29. Soja. Solução Saturada de Cloreto de Cobre. $a_w = 0,67$. 35°C . Ar Recirculado

Figura 30. Soja. Solução Saturada de Cloreto de Sódio. $a_w = 0,75$. 35°C. Ar Re-circulado

Figura 31. Soja. Solução Saturada de Sulfato de Amônio. $a_w = 0,79$. 35°C. Ar Recirculado

Figura 32. Soja. Solução Saturada de Brometo de Potássio $a_w = 0,81$. 35°C. Ar Recirculado

Figura 33. Isoterma de Absorção. Farinha de Castanha do Pará a 35°C. Método sem Recirculação de ar.

Figura 34. Isoterma de Absorção. Farinha de Castanha do Pará a 35°C. Método de ar Recirculado

Figura 36. Isoterma de Absorção. Farinha de Macadâmia a 35°C. Método de ar Recirculado

Figura 37. Isotherma de Absorção. Farinha de Soja a 35°C . Método sem Recirculação de ar

Figura 38. Isotherma de Absorção. Farinha de Soja a 35°C . Método de ar Recirculado

Figura 39. Valor Peróxido. Farinha de Castanha do Pará. $a_w = 0,51$ a $35^{\circ}C$. 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 40. Valor Peróxido. Farinha de Castanha do Pará. $a_w = 0,57$ a $35^{\circ}C$. 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 41. Valor Peróxido. Farinha de Castanha do Pará. $a_w = 0,67$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 42. Valor Peróxido. Farinha de Castanha do Pará. $a_w = 0,75$ a $35^{\circ}C$. 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 43. Valor Peróxido. Farinha de Castanha do Pará. $a_w = 0,79$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa.

Figura 44. Valor Peróxido. Farinha de Castanha do Pará. $a_w = 0,81$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 45. Valor Peróxido. Farinha de Macadâmia. $a_w = 0,51$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 46. Valor Peróxido. Farinha de Macadãmia. $a_w = 0,57$ a 35°C . 1 = enzima ativa;

2 = enzima inativa

Figura 47. Valor Peróxido. Farinha de Macadâmia. $a_w = 0,67$ a 35°C . 1 = enzima ativa;
2 = enzima inativa

Figura 48. Valor Peróxido. Farinha de Macadâmia. $a_w = 0,75$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 49. Valor Peróxido. Farinha de Macadãmia. $a_w = 0,79$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 50. Valor Peróxido. Farinha de Macadâmia. $a_w = 0,81$ a $35^{\circ}C$. 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 51. Valor Peróxido. Farinha de Soja. $a_w = 0,51$ a 35°C . 1 = enzima ativa;
2 = enzima inativa

Figura 52. Valor Peróxido. Farinha de Soja. $a_w = 0,57$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 53. Valor Peróxido. Farinha de Soja. $a_w = 0,67$ a $35^\circ C$. 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa.

Figura 54. Valor peróxido. Farinha de Soja. $a_w = 0,75$ a $35^{\circ}C$. 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 55. Valor Peróxido. Farinha de Soja. $a_w = 0,79$ a 35°C . 1 = enzima ativa; 2 = enzima inativa

Figura 56. Valor Peróxido. Farinha de Soja. $a_w = 0,81$ a $35^\circ C$. 1 = enzima ativa;
2 = enzima inativa

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As Figuras 6 a 32 apresentam os resultados obtidos nos métodos com recirculação e sem recirculação de ar, para determinação da umidade relativa de equilíbrio. Como pode ser observado, houve uma redução bastante significativa de tempo, quando o método de ar recirculado foi utilizado, em relação ao método sem recirculação de ar.

Experimentos feitos pelo método sem recirculação de ar, apresentaram também grandes oscilações no peso da amostra antes que o equilíbrio seja alcançado, com consequente aumento no tempo do experimento. Isto porque nestes, não há equilíbrio no sistema, isto é, a cada passagem o ar deve entrar em equilíbrio com a umidade da solução salina usada, e passar pela amostra, o que leva a dois processos de transferência de umidade.

Durante este processo, quando são usadas soluções salinas com a_w suficientemente alta para permitir o desenvolvimento de microrganismos, ocorreu perda do material antes que a umidade relativa de

equilíbrio fosse alcançada.

No método com recirculação, o ar que passa pelas amostras está constantemente em contato com a solução salina, uma vez que o aparelho funciona em circuito fechado, não apresentando portanto, grandes alterações no equilíbrio da umidade do sistema.

Como o ar recirculado é usado como meio de transporte para a transferência do vapor d'água das soluções salinas para as amostras, este método realmente deve ser mais eficiente, uma vez que permite o estabelecimento de uma atividade de água uniforme na corrente de ar em tempo relativamente curto, conforme anteriormente observado por GUR-ARIEH (1965).

Foram realizados inicialmente experimentos com todas as soluções salinas relacionadas na tabela 1. No método sem recirculação houve o crescimento de microrganismos em a_w igual e superior a 0,75, em consequência do tempo muito longo do experimento. No método de ar recirculado ocorreu aglomeração de partículas de farinha e crescimento de microrganismos, porém em a_w igual e superior a 0,84.

Estes experimentos demonstraram que o método de ar recirculado possibilita pesquisas em condições de umidade mais elevadas que o método sem recirculação de ar.

Experimentos com soluções salinas com a_w igual e superior a 0,84 foram eliminadas do trabalho, uma vez que nestas condições ocorreu perda do material antes do aparecimento de qualquer reação oxidativa.

As Figuras 33 a 38, mostram a isoterma de absorção de umidade das farinhas de castanha do pará, macadâmia e soja. Deve ser observado que a absorção de umidade foi diferente para cada farinha, em uma mesma a_w , isto porque os alimentos possuem características próprias, conforme observado por VAN DEN BERG e BRUIN (1981), e a_w é uma medida da concentração efetiva da água no alimento.

Ainda nas Figuras 33 a 38, observa-se que a farinha de semente oleaginosa que apresentou maior capacidade de absorção de umidade foi a soja, em todas as a_w estudadas. Em a_w entre 0,51 e 0,57, a castanha do pará absorveu maior umidade que a macadâmia, embora nas a_w subsequentes a macadâmia tenha tido maior absorção.

Entretanto, como pode ser observado nas Figuras 39 a 56, a castanha do pará, que apresentou menor teor de umidade, alcançou maiores índices de valor peróxido que as outras farinhas.

Isto porque são as propriedades físico-químicas da água, representadas pela a_w , mais que o conteúdo de umidade, é que determinam que reações ocorrem em um produto alimentício.

Partindo de $a_w = 1,0$ a diminuição na a_w ocasiona um decréscimo na taxa de quase todas as reações químicas deteriorativas, porque para que estas reações ocorram, é necessário que "água livre" esteja disponível (POTTAST *et alii*, 1975), aumentando a mobilidade dos reagentes.

Na oxidação de lipídeos, o teor de umidade tem efeitos diferentes, dependendo do agente catalisador da reação. Como pode ser observado nas Figuras 39 a 56, a oxidação de lipídeos catalisada pela enzima lipoxigenase, aumentou com o aumento da a_w nas três farinhas de sementes oleaginosas pesquisadas.

Conforme evidenciado por DUCKWORT (1981), os substratos das reações enzimáticas devem ser capazes de difundirem até os sítios ativos das moléculas da enzima ou, reciprocamente, as enzimas devem ser capazes de se aproximarem das moléculas do substrato.

Esta mobilidade das substâncias que vão tomar parte nas reações, resulta em aumento na taxa de reação e pode causar rápida deterioração.

Entretanto, quando a enzima lipoxigenase foi inativada por tratamento térmico, observou-se um aumento no valor peróxido até $a_w = 0,75$. Em a_w acima deste valor, houve um decréscimo no valor peróxido, que pode ser explicado pelo efeito protetor que a água exerce sobre a autooxidação de lipídeos, conforme evidenciado por LABUZA (1970 e 1980) e QUAIST e KAREL (1970).

De acordo com estes autores, este efeito pode ser explicado de duas formas: a água pode formar pontes de hidrogênio com hidroperóxidos, protegendo-os da decomposição; e, a água pode ter efeito direto sobre as radicais livres, aumentando a taxa de reação entre estes radicais e outros compostos, como por exemplo, as proteínas.

É evidente portanto, que no processo de autooxidação a água atua interferindo nos radicais iniciadores da reação, tornando-os não disponíveis.

GOPALAKRISHNA e PRABHAKAR (1983) observaram que a água, num processo oxidativo, além de afetar as reações primárias, também influencia as reações secundárias da oxidação, que são mais importantes do ponto de vista da aceitabilidade do consumidor.

As Figuras 39 a 56 também evidenciam que em $a_w = 0,51$ e $0,57$, as amostras que foram submetidas a inativação enzimica alcançam valor peróxido mais elevado em tempo superior às amostras que não tiveram sua enzima inativada, conforme evidenciado por BROCKMANN e ACKER (1977a), embora alcancem valor peróxido mais elevado após 6 dias de armazenagem, em a_w até $0,79$, quando o resultado é invertido.

Observa-se ainda que em a_w igual e superior a $0,75$, em todas as farinhas o valor peróxido está acima do valor máximo especificado pelo Codex Alimentarius Commission.

Valor peróxido elevado é indício de reações oxidativas, que levam a alterações nas características organoléticas, como o aparecimento de sabor amargo, "off flavor" e alterações no valor nutricional dos alimentos.

Um último fator a ser considerado, também observado as Figuras 39 a 56, é que o valor peróxido mostra uma grande variação em uma mesma a_w e mesma farinha de semente oleaginosa

nos dois processos oxidativos. Esta variação é atribuída a formação de produtos secundários da oxidação de lipídeos, conforme evidenciado por BROCKMANN e ACKER (1977c) e KAREL e YONG (1981).

6. CONCLUSÕES

1. O método de ar recirculado para determinação da umidade relativa de equilíbrio é mais eficiente que o método sem recirculação de ar, devido a redução do tempo necessário para a obtenção do equilíbrio.
2. A recirculação do ar permite o trabalho com atividades de água superior àqueles sem recirculação.
3. As farinhas das sementes oleaginosas castanha do parã, macadâmia e soja diferem na sua capacidade de absorver umidade, sendo que a soja mostrou ter maior capacidade de absorção.
4. A farinha de castanha do parã, embora com menor teor de umidade, teve maior oxidação entre as farinhas estudadas.
5. A oxidação de lipídeos, catalisada por enzimas, aumenta com o aumento da umidade alcançando níveis bastante elevados em $a_w = 0,79$ e $0,81$.

6. A autoxidação de lipídeos é favorecida em farinhas com a_w entre 0,51 e 0,75 e desfavorecida, isto é, torna-se muito lenta em farinhas com a_w igual a 0,79 e 0,81.
7. As variações no valor peróxido no decorrer do experimento, ocorrem na mesma proporção, na autoxidação e na oxidação catalisada por enzimas.
8. As farinhas de sementes aeragenosas, Castanha do Pará, Macadâmia e soja armazenadas em atividades de água entre 0,51 e 0,67 estão menos sujeitas a deteriorações oxidativas que farinhas armazenadas em atividades de água acima destes valores.

LITERATURA CITADA

ACKER, L., 1962. Enzymic Reactions in Food of Low Moisture Contents.
Advances in Food Research. New York, 2:263-330.

ACKER, L., 1969. Water Activity and Enzymic Activity. *Food Technology*.
Chicago, 22(10):1257-1270.

ACKER, L. e R.WISSE, 1972. Behaviour of Lipase in Systems of Low water
content. II Enzymic lipolysis in the Range of Extreme Low water
Activity. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*.
Munich, 150(4):205-211.

ASAKAWA, T. e M.SETSURO, 1978. Deteriorations of Lipids and Proteins
in dried Foods During Storage. *Eiyo to Shokuryo*. Tokyo. 31(6):557-
64. Apud Chemical Abstracts, 91:191630s. 1979.

- BROCKMANN, R. e L.ACKER, 1977(a). The Behaviour of Lipxygenase in Systems of Low water Content. I. Influence of Water Activity on the Enzymic Oxidation of Lipids. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*. Zurich, 10(1):24-27.
- BROCKMANN, R. e L.ACKER, 1977(b). The behaviour of Lipxygenase in Systems of Low water Content. II. Investigation of reactions products of enzymatic lipid oxidation. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*. Zurich, 10(6):322-336.
- CAVALETO, C.; A.DELA CRUZ; E.ROSS e H.Y.YAMAMOTO, 1966. Factors Affecting Macadamia Nut Stability. I. Raw Kernels. *Food Technology*. Chicago, 20(8):108.
- COSTA, S.I.; E.E.MIYA e J.T.FUJITA, 1974. Composição Química e Qualidades Organoléticas e Nutricionais das Principais Variedades de Soja cultivadas no Estado de São Paulo. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 5:305-319.
- DRAPON, R., 1972. Reactions Enzymatiques en Milieu Peu Hydraté. *Annales of Technologie Agricole*, Paris, 21(4):487-499.
- DUCKWORTH, R.B., 1981. Solute Mobility in Relation to Water Content and Water Activity. In: ROCKLAND, L.B. e G.F.STEWART, ed. *Water Activity: Influences on Food Quality*. London, Academic Press, p.295-317.

- GAL, S., 1975. Recent Advances in Techniques for the Determination of Sorption Isothermes. In: DUCKWORT, R.B. ed. *Water Relations of Foods*. London, Academic Press, p.139-154.
- GARDNER, H.W., 1975. Decomposition of Linoleic acid Hydroperoxides. Enzymic Reactions compared with nonenzymic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Easton, 23(2):129-36.
- GOLDOUSKII, A.M. e E.U.IVANOV, 1979. Effect of lypase and Lipxygenase of seeds under different water content. *Pishch. Teknol.* 6:123-4. Apud Chemical Abstracts, 92:1272034. 1980.
- GOPALAKRISHNA, A.G. e J.V.PRABHAKAR, 1983. Effect of Water Activity on Autoxidation of Raw Peanut oil. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. Chicago, 60(5):968-970.
- GRIMWOOD, B.E., 1971. *The Processing of Macadamia Nuts*. London, Tropical Products Institute. 66p.
- GUR-ARIEH, C.; A.I.NELSON; M.P.STEINBERG e L.S.WEI, 1965. A Method for Rapid Determination of Moisture - Adsorption Isotherms of Solid Particles. *Journal of Food Science*. Chicago, 30(1):105-110.
- HYMOWITZ, T.; F.I.COLLINS; J.PANCZNER e W.M.WALKER, 1972. Relationship between the content of oil, Protein and sugar in Soybean. *Agronomy Journal*. Madison, 64:613-616.

- KAREL, M. e S.YONG, 1981. Autoxidation Initiated Reactions in Foods.
In: ROCKLAND, L.B. e G.F.STEWART, ed. *Water Activity: Influences on Food Quality*. London, Academic Press, p.511-529.
- KARMAS, E.R., 1973. Symposium Water in Biosystems. *Journal of Food Science*. Chicago, 38:736-739.
- KELLOR, R.L., 1974. Defatted Soy Flour and Grits. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. Chicago, 51(1):77-80.
- LABUZA, T.P., 1968. Sorption Phenomenon of Food. *Food Technology*. Chicago, 22(3):15.
- LABUZA, T.P.; S.R.TANNENBAUM e M.KAREL, 1970. Water content and Stability of low moisture and Intermediate Moisture Foods. *Food Technology*. Chicago, 24(5):35-42.
- LABUZA, T.P.; L.McNALLY, D.GALLAGHER, J.HAWKES e F. HURTADO, 1972. Stability of Intermediate Moisture Foods. 1. Lipid Oxidation. *Journal of Food Science*. Chicago, 37(1):154-9.
- LABUZA, T.P., 1980. The Effect of Water Activity on Reaction Kinetics of Food Deterioration. *Food Technology*. Chicago, 34(4):36-41.
- LABUZA, T.P., 1982. Moisture Gain and Loss in Packaged Foods. *Food Technology*. Chicago, 36(4):92-97.

- LONCIN, M.; J.J.BIMBENET e J.LENGES, 1968. Influence on the activity of water on the Spoilage of Foodstuffs. *Journal Food Technology*. Oxford, 3:131-142.
- MENEZES, J.J.B., 1967. A Castanha do Pará na Indústria de Alimentos. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 9:23-30.
- MEYER, L.H., 1975. *Food Chemistry*. Westport, The A.V.I. Publishing, 385p.
- MUSTAKAS, G.C.; W.J.ALBRECHT; J.E.McGHEE; L.E.BLACK; G.M. BOOKWALTER e E.L.GRIFFIN Jr., 1969. Lipoxydase Deactivation to Improve Stability, Odor and flavor of Full Fat Soy Flours. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. Chicago, 46(11):623-626.
- OLIVEIRA, A.J.; L.E.GUTIERREZ; G.D.OLIVEIRA e P.R.CANTARELLI, 1980. Características Químicas e Composição do Óleo e da Torta da Semente de Nogueira Macadâmia. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 52:20-27.
- POTTHAST, K.; R.HAMM e L.ACKER, 1975. Enzymic Reactions in Low Moisture Foods. In: DUCKWORTH, R.B. ed. *Water Relations of Foods*. London, Academic Press. p.365-377.
- PRICHAVUDHI, K. e H.Y.YAMAMOTO, 1965. Effect of Drying Temperature on Chemical Composition and Quality of Macadamia Nuts. *Food Technology*, Chicago, 19(7):129-132.

- QUAST, D. e M.KAREL, 1972. Effects of Environmental Factors on the oxidation of potato chips. *Journal of Food Science*. Chicago, 37 (4):584-88.
- ROCKLAND, L.B., 1969. Water Activity and Storage Stability. *Food Technology*. Chicago, 23(10):1241-1251.
- ROCKLAND, L.B. e NISHI, 1980. Influence of Water Activity on food Product Quality and Stability. *Food Technology*. Chicago, 34(4): 42-51.
- SCHMITZ, C.M., 1969. *A Soja na Alimentação Humana*. s.l., Universidade Federal de Santa Maria e Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário. 45p.
- SCHWIMMER, S., 1980. Influence of Water Activity on Enzyme Reactivity and Stability. *Food Technology*. Chicago, 34(5):64-74.
- SHEMER, M.; L.S.WEI e E.G.PERKINS, 1973. Nutritional and Chemical Studies of Tree Processed Soybean Foods, *Journal of Food Science*. Chicago, 38:112-115.
- SMITH, A.K. e S.J.CIRCLE, 1972. Soybeans: Chemistry and Technology. Westport, The AVI Publishing. 470p.
- SMITH, P.R., 1971. The Determination of Equilibrium Relative Humidity or Water Activity in foods. A Literature Review. *Scientific and Technical Survey*. B.F.M.I.R.A., nº 70, March 29 p.

- STINE, C.M.; H.A.HARLAND; S.T.COULTER e R.JENNESS, 1954. A Modified Peroxide Test for Detection of Lipid Oxidation in Dairy Products. *Journal of Dairy Science*. Champaign, 37(2):202.
- TROLLER, J.A., 1980. Influence of Water Activity on Microorganisms in foods. *Food Technology*. Chicago, 34(5):76.
- VAN DEN BERG, C. e S.BRUIN, 1981. Water Activity and its Estimation in Food Systems: Theoretical Aspects. In: ROCKLAND, L.B. e G.F.STEWART, ed. *Water Activity: Influences on Food Quality*. London, Academic Press, p.1-61.
- WILKENS, W.F.; L.R.MATTICK e D.B.HAND, 1967. Effect of Processing Method on Oxidative off Flavors of Soybean Milk. *Food Technology*. Chicago, 21(12):86-89.
- ZANGELMI, A.C.B.; M.A.TAGLIOLATTO; E.L.DIAS e D.A.LANGE, s.d. *Produtos de Soja: Leite, Farinha e Outros*. São Paulo, Secretaria da Indústria e Comércio. 157p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 10).

A P P E N D I C E

Tabela 1. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,51$. 35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,78	7,41	7,59	7,59
24	5,17	4,80	4,92	4,96
36	4,34	4,19	4,44	4,32
48	4,89	4,49	4,68	4,68
60	4,36	4,21	4,31	4,29
72	5,05	4,76	4,59	4,80
84	5,14	4,88	4,48	4,83
96	5,05	4,69	4,55	4,76
108	5,10	4,78	4,52	4,80

Tabela 2. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,57$. 35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,74	7,90	7,68	7,77
24	6,81	6,95	6,95	6,90
36	6,78	6,92	6,92	6,87
48	6,39	6,45	6,49	6,44
60	6,39	6,45	6,46	6,43
72	6,33	6,40	6,39	6,37
84	6,32	6,36	6,36	6,35
96	6,33	6,36	6,38	6,35

Tabela 3. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,67$. 35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	6,35	6,30	6,54	6,39
24	7,63	7,77	7,76	7,72
36	8,07	8,26	8,09	8,14
48	8,36	8,48	8,57	8,47
60	8,31	8,41	8,37	8,36
72	8,57	8,78	8,77	8,70
84	8,29	8,31	8,21	8,27
96	8,33	8,39	8,27	8,33
108	8,35	8,29	8,31	8,31
120	8,36	8,40	8,34	8,36

Tabela 4. Macadâmia. $a_w = 0,51$. 35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	8,68	8,63	8,31	8,54
24	6,13	6,23	5,90	6,08
36	5,59	5,54	5,91	5,68
48	5,32	5,37	5,31	5,27
60	5,21	5,08	4,99	5,09
72	4,84	4,78	4,90	4,84
84	4,78	4,98	4,62	4,79
96	4,72	4,85	4,47	4,68
108	4,63	4,87	4,42	4,62
120	4,66	4,83	4,43	4,64

Tabela 5. Macadâmia. $a_w = 0,57$. 35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	8,86	8,97	8,81	8,88
24	6,85	6,99	7,07	6,97
36	6,59	6,81	6,72	6,70
48	6,54	6,65	6,70	6,63
60	6,59	6,54	6,61	6,58
72	6,55	6,67	6,81	6,67
84	6,60	6,67	6,82	6,69
96	6,62	6,65	6,82	6,69

Tabela 6. Macadâmia. $a_w = 0,67$. 35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	9,27	9,19	9,37	9,27
24	11,00	10,87	10,96	10,94
36	11,89	11,82	12,00	11,90
48	11,51	11,34	11,19	11,34
60	11,45	11,60	11,64	11,56
72	11,12	11,18	11,01	11,10
84	11,32	11,34	11,48	11,38
96	10,85	10,65	10,92	10,80
108	10,44	10,60	10,95	10,63
120	10,43	10,59	10,86	10,62
132	10,41	10,55	10,85	10,61

Tabela 7. Soja. $a_w = 0,51$
35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	6,58	6,60	6,43	6,53
24	5,12	5,19	5,01	5,10
36	4,81	4,84	4,68	4,77
48	5,33	5,49	5,31	5,37
60	5,95	5,89	5,71	5,85
72	5,79	5,71	5,63	5,71
84	6,12	6,19	6,01	6,10
96	6,36	6,44	6,23	6,36
108	6,35	6,40	6,30	6,35
120	6,38	6,42	6,29	6,39

Tabela 8. Soja. $a_w = 0,57$
35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,70	7,84	7,81	7,78
24	8,31	8,42	8,51	8,41
36	8,45	8,55	8,65	8,55
48	8,64	8,70	8,76	8,70
60	8,86	8,75	8,90	8,83
72	9,23	8,99	9,07	9,09
84	9,32	9,08	9,23	9,21
96	9,44	9,29	9,34	9,35
108	9,45	9,32	9,36	9,37
120	9,47	9,31	9,38	9,38

Tabela 9. Soja. $a_w = 0,67$
35°C. Sem recirculação de ar

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,96	7,94	7,78	7,89
24	9,86	9,83	9,63	9,77
36	10,22	10,12	9,99	10,11
48	10,50	10,46	10,30	10,42
60	11,15	10,78	10,85	10,92
72	11,47	11,14	11,47	11,36
84	11,59	11,65	11,45	11,56
96	11,72	11,56	11,42	11,56
108	11,66	11,59	11,46	11,57
120	11,69	11,56	11,46	11,57

Tabela 10. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,51$. 35°C. Método de
ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,54	7,58	7,69	7,60
6	7,04	7,10	7,10	7,08
12	6,60	6,73	6,87	6,73
18	6,38	6,33	6,35	6,34
24	5,83	5,87	6,08	5,92
30	5,41	5,52	5,58	5,50
36	5,15	5,09	5,24	5,16
42	5,15	5,09	5,22	5,15
48	5,14	5,07	5,22	5,14

Tabela 11. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,57$. 35°C. Método de
ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,41	7,37	7,48	7,42
6	7,31	7,24	7,38	7,31
12	7,22	7,16	7,29	7,22
18	7,07	7,01	7,12	7,06
24	6,93	6,89	6,96	6,92
30	6,72	6,72	6,81	6,75
36	6,73	6,75	6,82	6,76
42	6,75	6,77	6,82	6,78

Tabela 12. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,67$. 35°C. Método de
ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,83	7,74	7,84	7,80
6	7,70	7,54	7,76	7,66
12	7,92	8,00	8,10	8,00
18	8,16	8,19	8,27	8,20
24	8,39	8,30	8,39	8,36
30	8,43	8,40	8,53	8,45
36	8,48	8,46	8,60	8,51
42	8,49	8,47	8,59	8,51
48	8,51	8,48	8,61	8,53

Tabela 13. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,75$. 35°C. Método de
ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	6,93	6,99	6,87	6,93
6	8,15	8,28	8,19	8,20
12	8,88	9,15	9,04	9,02
18	9,31	9,53	9,66	9,50
24	9,95	10,03	10,11	10,03
30	10,03	10,58	10,77	10,66
36	11,04	11,15	11,47	11,22
42	11,48	11,94	11,96	11,79
48	11,54	11,95	11,95	11,81
54	11,56	11,97	11,94	11,82

Tabela 14. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,79$. 35°C. Método de
ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,78	7,43	7,29	7,50
6	9,61	9,99	9,49	9,62
12	10,72	10,85	11,19	10,92
18	11,40	11,82	12,02	11,74
24	12,81	12,33	12,89	12,67
30	13,20	12,43	13,15	12,92
36	13,11	12,56	13,38	13,01
42	13,11	12,62	13,40	13,04
48	13,06	12,61	13,41	13,02
54	13,08	12,62	13,42	13,04

Tabela 15. Castanha do Pará.
 $a_w = 0,81$. 35°C. Método de
ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	6,75	6,74	6,65	6,71
6	10,03	10,29	9,78	10,03
12	11,18	11,79	11,44	11,47
18	12,80	13,13	12,72	12,88
24	13,63	13,90	13,61	13,71
30	14,34	14,53	14,40	14,42
36	15,02	15,22	15,07	15,10
42	15,42	15,50	15,28	15,40
48	15,46	15,51	15,34	15,43
54	15,48	15,51	15,39	15,46

Tabela 16. Macadâmia. $a_w = 0,51$. 35°C. Método de ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	8,39	8,37	8,27	8,34
6	6,79	6,86	6,90	6,85
12	5,93	6,22	6,13	6,09
18	5,78	5,70	5,89	5,79
24	5,40	5,32	5,28	5,33
30	4,82	5,06	5,05	4,97
36	4,84	5,08	5,07	4,99
42	4,83	5,09	5,10	5,00

Tabela 17. Macadâmia. $a_w = 0,57$. 35°C. Método de ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	8,99	8,98	8,99	8,98
6	8,47	8,20	8,60	8,42
12	8,14	7,87	8,05	8,02
18	7,65	7,73	7,58	7,65
24	7,49	7,29	7,19	7,32
30	6,47	6,67	6,65	6,59
36	6,48	6,69	6,66	6,61
42	6,48	6,71	6,69	6,62

Tabela 18. Macadâmia. $a_w = 0,67$. 35°C. Método de ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	9,14	9,19	9,24	9,19
6	9,05	9,07	9,19	9,10
12	9,20	9,46	9,52	9,39
18	9,74	9,59	9,87	9,73
24	10,14	10,34	10,47	10,31
30	10,28	10,78	10,81	10,62
36	10,30	10,78	10,88	10,65
42	10,32	10,79	10,89	10,66

Tabela 19. Macadâmia. $a_w = 0,75$. 35°C. Método de ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	9,17	9,23	9,08	9,16
6	9,42	9,51	9,56	9,49
12	9,84	9,87	9,96	9,89
18	10,13	10,28	10,44	10,28
24	10,96	11,05	10,77	10,92
30	11,62	11,79	12,05	11,82
36	12,30	12,55	12,68	12,51
42	12,30	12,56	12,69	12,51
48	12,33	12,59	12,71	12,54

Tabela 20. Macadâmia. $a_w = 0,79$. 35°C. Método de ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	8,17	7,91	8,16	8,08
6	10,49	10,45	10,75	10,56
12	11,59	12,01	12,17	11,92
18	13,37	13,11	13,86	13,48
24	14,19	14,12	14,85	14,35
30	15,01	15,10	15,94	15,35
36	15,64	15,30	16,09	15,67
42	15,64	15,32	16,11	15,69
48	15,69	15,38	16,12	15,73

Tabela 21. Macadâmia. $a_w = 0,81$. 35°C. Método de ar recirculado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	9,17	9,06	9,06	9,09
6	10,93	10,76	10,70	10,77
12	12,69	12,78	12,95	12,80
18	14,54	15,05	15,22	14,93
24	15,90	16,95	16,91	16,58
30	17,40	17,69	17,94	17,67
36	18,23	18,35	18,14	18,24
42	18,97	18,86	18,56	18,79
48	19,82	19,47	19,55	19,61
54	19,84	19,48	19,62	19,64
60	19,84	19,51	19,66	19,67

Tabela 22. Soja. $a_w = 0,51$.
350C. Método de ar recircu-
lado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,44	7,50	7,50	7,48
6	5,88	6,06	5,82	5,92
12	6,09	6,09	5,90	6,02
18	6,16	6,10	5,98	6,08
24	6,17	6,20	6,02	6,13
30	6,25	6,33	6,21	6,26
36	6,27	6,34	6,23	6,28
42	6,27	6,33	6,24	6,28

Tabela 23. Soja. $a_w = 0,57$.
350C. Método de ar recircu-
lado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,78	7,67	7,77	7,74
6	8,08	7,96	8,10	8,04
12	8,43	8,57	8,48	8,49
18	8,62	8,70	8,55	8,62
24	8,77	8,76	8,98	8,83
30	8,93	8,99	9,17	9,03
36	9,34	9,19	9,35	9,29
42	9,35	9,17	9,35	9,29
48	9,38	9,18	9,36	9,30

Tabela 25. Soja. $a_w = 0,75$.
350C. Método de ar recircu-
lado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,44	7,58	7,80	7,56
6	9,00	9,12	9,50	9,30
12	10,06	10,50	10,66	10,40
18	12,48	11,86	12,44	12,26
24	12,49	12,75	13,18	12,80
30	14,00	14,33	14,11	14,14
36	14,84	14,56	14,59	14,66
42	14,85	14,59	14,60	14,68
48	14,82	14,63	14,65	14,70

Tabela 26. Soja. $a_w = 0,79$.
350C. Método de ar recircu-
lado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,77	7,62	7,73	7,70
6	9,95	9,56	9,94	9,81
12	11,49	11,53	12,26	11,76
18	14,18	13,90	15,32	14,46
24	16,27	16,74	16,87	16,62
30	17,83	18,09	17,89	17,93
36	19,43	19,25	19,69	19,45
42	19,44	19,30	19,72	19,48
48	19,48	19,32	19,68	19,49
54	19,51	19,32	19,63	19,48

Tabela 24. Soja. $a_w = 0,67$.
350C. Método de ar recircu-
lado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	8,13	7,91	7,98	8,00
6	9,27	9,49	9,39	9,38
12	9,84	10,03	10,07	9,98
18	11,15	10,92	11,03	11,03
24	11,40	11,15	11,45	11,33
30	11,62	11,28	11,68	11,52
36	11,63	11,29	11,70	11,54
42	11,62	11,33	11,71	11,55

Tabela 27. Soja. $a_w = 0,81$.
350C. Método de ar recircu-
lado

Tempo Horas	Amostra $gH_2O/100g$ M.S.			Média
	I	II	III	
0	7,46	7,71	7,67	7,61
6	12,84	12,19	13,16	12,73
12	13,78	14,27	14,07	14,04
18	16,41	15,68	16,16	16,08
24	17,83	17,39	18,25	17,28
30	20,19	19,59	19,19	19,65
36	21,02	20,63	20,14	20,59
42	21,59	21,03	21,29	21,30
48	22,04	21,30	21,92	21,75
54	22,05	21,32	21,93	21,76
60	22,06	21,33	21,94	21,77

Tabela 28. Atividade de Água e Umidade Relativa de Equilíbrio das Farinhas

Umidade Relativa de Equilíbrio (gH ₂ O/100g M.S.							
a_w Soluções Salinas	Castanha do Pará		Macadâmia		Soja		
	Com Re- circulação	Sem Re- circulação	Com Re- circulação	Sem Re- circulação	Com Re- circulação	Sem Re- circulação	
0,51	5,14	4,79	4,99	4,65	6,27	6,35	
0,57	6,76	6,35	6,60	6,67	9,29	9,37	
0,67	8,52	8,33	10,64	10,61	11,56	11,53	
0,75	11,74	-	12,52	-	14,67	-	
0,79	13,13	-	15,69	-	19,48	-	
0,81	15,42	-	19,64	-	21,76	-	

Tabela 29. Valor Peróxido.
Farinha de Castanha do Pa-
rã. $a_w = 0,51$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 51$ enzima ativa	enzima inativa
0	6,75	7,15
24	5,80	6,35
48	7,12	6,90
72	6,65	7,42
96	5,83	6,01
120	6,14	6,89
144	6,55	7,15

Tabela 30. Valor Peróxido.
Farinha de Castanha do Pa-
rã. $a_w = 0,57$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,57$ enzima ativa	enzima inativa
0	6,87	7,29
24	6,24	6,99
48	7,15	7,84
72	6,45	6,15
96	6,05	6,26
120	7,76	8,37
144	8,45	8,90

Tabela 31. Valor Peróxido.
Farinha de Castanha do Pa-
rã. $a_w = 0,67$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,67$ enzima ativa	enzima inativa
0	8,53	8,89
24	12,08	12,17
48	10,85	10,75
72	9,31	10,04
96	8,05	8,87
120	11,64	10,92
144	12,46	13,16

Tabela 32. Valor Peróxido.
Farinha de Castanha do Pa-
rã. $a_w = 0,75$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,75$ enzima ativa	enzima inativa
0	10,45	10,99
24	13,19	14,27
48	11,71	12,26
72	14,40	14,89
96	10,45	10,15
120	14,39	14,85
144	16,37	16,90

Tabela 33. Valor Peróxido.
Farinha de Castanha do Pa-
rã. $a_w = 0,79$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,79$ enzima ativa	enzima inativa
0	14,05	15,93
24	12,16	14,05
48	16,05	16,38
72	13,69	12,98
96	10,47	11,64
120	19,52	15,93
144	23,90	16,83

Tabela 34. Valor Peróxido.
Farinha de Castanha do Pa-
rã. $a_w = 0,81$. 35°C.

Tempo (horas)	$a_w = 0,81$ enzima ativa	enzima inativa
0	14,87	15,05
24	13,84	13,60
48	18,37	15,45
72	16,41	12,76
96	12,58	10,62
120	18,34	13,55
144	25,05	15,26

Tabela 35. Valor Peróxido.
Farinha de Macadâmia.
 $a_w = 0,51$. 35°C

Tempo (horas)	enzima ativa	enzima inativa
0	5,40	5,64
24	4,95	5,28
48	6,10	5,63
72	5,34	6,18
96	4,95	5,15
120	5,49	5,50
144	6,05	6,34

Tabela 38. Valor Peróxido.
Farinha de Macadâmia.
 $a_w = 0,75$. 35°C

Tempo (horas)	enzima ativa	enzima inativa
0	10,20	10,57
24	13,89	14,05
48	11,38	12,46
72	12,64	13,34
96	10,99	11,25
120	13,27	13,79
144	15,05	15,68

Tabela 36. Valor Peróxido.
Farinha de Macadâmia.
 $a_w = 0,57$. 35°C

Tempo (horas)	enzima ativa	enzima inativa
0	6,10	6,24
24	5,84	5,90
48	7,18	6,43
72	6,65	7,56
96	5,90	6,08
120	6,54	6,82
144	7,37	7,85

Tabela 39. Valor Peróxido.
Farinha de Macadâmia.
 $a_w = 0,79$. 35°C

Tempo (horas)	enzima ativa	enzima inativa
0	15,93	15,49
24	13,87	12,80
48	15,75	14,05
72	12,80	12,80
96	10,46	10,95
120	17,28	14,50
144	18,44	15,40

Tabela 37. Valor Peróxido.
Farinha de Macadâmia.
 $a_w = 0,67$. 35°C

Tempo (horas)	enzima ativa	enzima inativa
0	8,34	8,99
24	11,28	12,07
48	9,85	10,15
72	10,76	11,70
96	8,50	9,25
120	11,34	12,19
144	12,47	13,02

Tabela 40. Valor Peróxido.
Farinha de Macadâmia.
 $a_w = 0,81$. 35°C

Tempo (horas)	enzima ativa	enzima inativa
0	15,49	15,17
24	13,86	11,75
48	16,65	13,94
72	14,24	12,34
96	11,79	11,05
120	17,85	13,96
144	20,05	15,20

Tabela 41. Valor Peróxido.
Farinha de Soja.
 $a_w = 0,51$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,51$ enzima ativa	enzima inativa
0	5,35	5,58
24	4,95	5,01
48	6,05	5,64
72	5,47	6,28
96	5,06	5,16
120	5,89	6,33
144	6,60	6,97

Tabela 44. Valor Peróxido.
Farinha de Soja.
 $a_w = 0,75$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,75$ enzima ativa	enzima inativa
0	9,87	9,91
24	12,16	12,53
48	10,59	11,04
72	11,82	12,21
96	10,12	10,80
120	12,78	12,26
144	13,65	13,99

Tabela 42. Valor Peróxido.
Farinha de Soja.
 $a_w = 0,57$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,57$ enzima ativa	enzima inativa
0	5,77	6,05
24	5,26	5,41
48	6,98	6,64
72	5,70	7,18
96	5,10	5,26
120	6,34	6,87
144	7,40	7,91

Tabela 45. Valor Peróxido.
Farinha de Soja.
 $a_w = 0,79$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,79$ enzima ativa	enzima inativa
0	10,69	10,97
24	12,80	12,68
48	11,22	10,88
72	12,08	12,45
96	9,22	8,69
120	10,65	10,22
144	13,56	11,40

Tabela 43. Valor Peróxido.
Farinha de Soja.
 $a_w = 0,67$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,67$ enzima ativa	enzima inativa
0	7,56	7,87
24	9,89	10,26
48	8,12	7,99
72	9,06	9,80
96	7,45	8,01
120	9,72	10,38
144	11,04	11,42

Tabela 46. Valor Peróxido.
Farinha de Soja.
 $a_w = 0,81$. 35°C

Tempo (horas)	$a_w = 0,81$ enzima ativa	enzima inativa
0	10,60	11,01
24	13,08	12,97
48	11,59	10,82
72	12,91	11,99
96	10,05	9,53
120	12,82	11,12
140	14,34	12,26