

Pancu

Este exemplar corresponde a redação final da Tese  
defendida por Márcio Fuvag Cunha e aprovada  
pela Comissão Julgadora em 13.02.92  
Campinas, 18 de fevereiro de 1992

Valdimir C. Szarber  
Presidente da Banca

EFEITO DE TRATAMENTOS POR RADIAÇÃO GAMA OU MICROONDAS EM  
PROPRIEDADES FÍSICAS, BIOQUÍMICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS DO  
FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.) DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H.,  
ANTES E DURANTE A ESTOCAGEM

06/92

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

EFEITO DE TRATAMENTOS POR RADIAÇÃO GAMA OU MICROONDAS EM  
PROPRIEDADES FÍSICAS, BIOQUÍMICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS DO  
FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.) DA VARIEDADE CARIÓCA 80 S.H.,  
ANTES E DURANTE A ESTOCAGEM

MÁRCIO FERRAZ CUNHA <sup>1994</sup>  
FARMACÊUTICO-BIOQUÍMICO

PROF. DR. VALDEMIRO C. SGARBIERI <sup>1994</sup>  
ORIENTADOR

TESE APRESENTADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO <sup>1994</sup> EM CIÊNCIA DA  
NUTRIÇÃO

CAMPINAS, 1992

12/03/92/100

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

À memória de meu pai

À minha mãe

À Fernanda,

amiga, mulher e amante.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Valdemiro C. Sgarbieri, pela orientação dedicada e segura.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Helena Damásio, pelas sugestões feitas durante a análise sensorial.

Ao Professor Lincoln Neves, por permitir a utilização do laboratório de Refrigeração da Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, S.P.

À Professora Dr<sup>a</sup> Maria Antônia M. Galleazzi, pelo incentivo e amizade.

Ao Centro de Energia Nuclear para Agricultura (CENAP)- Piracicaba S.P., pela aplicação de radiação nos grãos de feijão.

Ao Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura Luiz Queirós (ESALQ)- U.S.P., Piracicaba-S.P., especialmente aos amigos, Paulo Afonso e Paulo Justiniano, pela colaboração na interpretação das análises estatísticas.

Aos cunhados, Pedro e Júnia, pela valiosa ajuda e amizade durante a minha estada em Piracicaba.

Aos colegas do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, pelo apoio humano e profissional, em especial, ao Dorivaldo e Hilda.

À todos os provadores, sem os quais, este trabalho não poderia ser realizado.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas, pelo fornecimento da

matéria-prima para realização desta pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

À Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA), pela gentileza das cópias deste trabalho.

À todas as pessoas que contribuíram para realização deste trabalho, em especial, às técnicas Liana , Cristina, Ana Paula e à Dona Esmeralda e Cesarina.

## ÍNDICE GERAL

	PÁGINA
ÍNDICE DE QUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Dados gerais sobre o feijão.....	03
2.2. Alterações das propriedades físicas, sensoriais, e nutricionais do feijão durante seu preparo e estocagem.....	04
2.3. Possíveis mecanismos responsáveis pelo endurecimento dos grãos de leguminosas.....	12
2.4. Emprêgo de radiação gama em alimentos.....	17
2.5. Emprêgo de microondas em alimentos.....	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1. Etapa de pré-estocagem.....	30
3.1.1. Grãos de feijão.....	30
3.1.2. Tratamento por microondas.....	30
3.1.3. Tratamento com radiação gama.....	31
3.1.4. Determinações físicas.....	31
3.1.5. Determinações químicas e bioquímicas.....	32
3.1.6. Análise sensorial.....	36
3.2. Etapa de estocagem.....	38

3.2.1. Grãos de feijão.....	38
3.2.2. Tratamento por microondas.....	39
3.2.3. Tratamento por radiação gama.....	39
3.2.4. Condições de estocagem.....	39
3.2.5. Determinações físicas.....	40
3.2.6. Determinações químicas e bioquímicas.....	41
3.2.7. Análise sensorial.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1. Etapa de pré-estocagem.....	48
4.1.1. Tratamento por radiação gama.....	48
4.1.2. Tratamento por microondas.....	52
4.2. Etapa de estocagem.....	57
4.2.1. Alterações físicas, químicas e bioquímicas..	57
4.2.2. Análise sensorial.....	80
5. CONCLUSÕES.....	108
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
7. APÊNDICES.....	126

## LISTA DE QUADROS

QUADROS		PÁGINA
1	TEMPO DE COZIMENTO E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (C. A. A) EM FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NÃO IRRADIADOS E COM VÁRIAS DOSES DE RADIAÇÃO GAMA.....	49
2	AVALIAÇÃO SENSORIAL PELO TESTE TRIANGULAR A FIM DE DETECTAR DIFERENÇAS ENTRE OS GRÃOS DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NÃO IRRADIADOS E OS TRATADOS COM DOSES CRESCENTES DE RADIAÇÃO GAMA.....	51
3	NÍVEIS DE ATIVIDADE DA PEROXIDASE EM FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ; L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (CONTROLE) E SUBMETIDOS AO AQUECIMENTO PELO MICROONDAS.....	56
4	TEOR DE UMIDADE DOS FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (CONTROLE), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA E COM MICROONDAS, SOB DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE 0, 2, 4 E 6 MÊSES.....	58
5	EFEITO DO TEMPO E DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE O TEMPO DE COZIMENTO DOS FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H, NORMAIS (CONTROLE), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA E COM MICROONDAS.....	61

6	TEOR DE FITATO EM GRÃOS DE FEIJÃO NORMAIS (CONTROLED), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA E COM MICROONDAS, DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., ESTOCADOS SOB DUAS CONDIÇÕES DURANTE 0, 2, 4 E 6 MÊSES.....	71
7	EFEITO DO TEMPO E DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE O TEOR DE METIONINA DE FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L) DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (CONTROLED), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA E COM MICRONDAS.....	78
8	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM).....	82
9	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM).....	84

10	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM).....	85
11	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM).....	87
12	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO SABOR DO FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS).....	88
13	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS).....	89

14	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO AROMA DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM).....	91
15	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO AROMA DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM).....	93
16	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO AROMA DO FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS).....	94
17	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO AROMA DO FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS).....	96
18	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM).....	97

19	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS).....	99
20	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO PARA O FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM).....	100
21	VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM).....	102
22	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO PARA O FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS).....	103

23	VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)....	105
----	---	-----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1	APARELHO PARA MEDIR O TEMPO DE COZIMENTO DOS FEIJÕES (PUNCTURÔMETRO DE BURRO).....	33
2	MODÉLO DE FICHA PARA O TESTE TRIANGULAR.....	37
3	MODÉLO DE FICHA PARA AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS SENSORIAIS UTILIZANDO ESCALA NÃO ESTRUTURADA.....	47
4	EFEITO DO TRATAMENTO POR MICROONDAS NOS FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., SOBRE A ATIVIDADE DO INIBIDOR DE TRIPSINA, ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE NITROGÊNIO E UMIDADE.....	53
5	EFEITO DO TRATAMENTO POR MICROONDAS NOS FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., SOBRE O TEMPO DE COZIMENTO E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (C. A. A).....	55
6	CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FMD, ANTES DA ESTOCAGEM.....	64

- 7 CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 2 MÊSES..... 66
- 8 CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 4 MÊSES..... 67
- 9 CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 6 MÊSES..... 68
- 10 ATIVIDADE DA PEROXIDASE DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NÃO TRATADOS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SOB DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 0, 2, 4 E 6 MÊSES..... 74

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos dos tratamentos por radiação gama e microondas sobre as propriedades físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Carioca 80 S.H., antes e durante a estocagem.

Antes da estocagem foi feito um estudo preliminar com a finalidade de estabelecer qual o melhor tratamento para radiação gama e microondas. Avaliando-se os resultados do efeito destes tratamentos sobre algumas propriedades físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais, decidiu-se utilizar as seguintes amostras: a) feijão tratado termicamente durante 2 minutos no microondas e ; b) feijão submetido a uma dose de radiação gama igual a 2,0 KGy.

Após esta etapa, analisou-se, durante 6 meses, as possíveis alterações químicas, físicas, bioquímicas e sensoriais dos feijões não tratados (controle), tratados com radiação gama e com microondas armazenados em duas condições, a saber: a) em geladeira; b) à 30°C\75% U. R.

Antes da estocagem o tempo de cozimento, medido pelo puncturômetro de Burr, dos feijões controle, tratados com radiação gama e com microondas foram de 47, 17 e 63 minutos, respectivamente. Durante a estocagem em geladeira, os valores de tempo de cocção das amostras controle e irradiadas permaneceram praticamente constantes, enquanto a amostra tratada com microondas apresentou uma ligeira redução deste atributo físico em relação aos grãos não estocados. O armazenamento dos feijões em condição de alta temperatura e umidade relativa do ar, promoveu um aumento do tempo de cozimento de todas as amostras.

O tratamento por radiação gama e microondas parece não

ter afetado a velocidade de hidratação dos feijões. Porém, o armazenamento em geladeira provocou uma redução da velocidade de absorção de água pelos grãos, enquanto não se observou mudanças de comportamento desta propriedade física para as amostras estocadas à 30°C\75% U.R.

A concentração de fitato nos feijões controle, irradiados e tratados por microondas foram, respectivamente, de 0,97, 1,05 e 1,08% em base seca. Estes teores foram reduzidos durante a etapa de estocagem, principalmente, à 30°C\75% U.R., onde a queda da concentração foi da ordem de 40-60% após 6 meses.

Até 2 meses de armazenamento, os valores de atividade da peroxidase foi maior para as amostras estocadas à 30°C\75% U.R. do que as amostras armazenadas em geladeira. Após este período, os feijões estocados em geladeira apresentaram níveis maiores de atividade.

Entre as amostras estudadas, o valor de metionina potencialmente biodisponível variou de 0,87-1,03g/16gN. A estocagem, nas duas condições, durante 6 meses causou um decréscimo da concentração deste aminoácido. A redução variou de 5-26% para as amostras estocadas em geladeira e de 25-37% para os grãos estocados à 30°C\75% U.R.

Pelos resultados da análise sensorial, o armazenamento em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar promoveu, principalmente para amostra tratada por microonda, o endurecimento, assim como a depreciação do aroma e sabor dos grãos. As amostras irradiadas apresentaram sempre os menores tempos de cocção em comparação com os controles e as tratadas por microondas, embora suas características sensoriais não deferissem estatisticamente dos controles. A estocagem em temperaturas baixas não causou mudanças significativas nos atributos sensoriais estudados.

## SUMMARY

The objective of this work was to study the effects of gamma radiation and microwave treatments on physical, chemical, biochemical and sensory properties of bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar Carioca 80 S.H., prior to and during storage.

Prior to storage preliminary studies were conducted to establish best treatments for gamma radiation and microwaves. The results recommended utilization of two types of pretreatment: a) beans treated with microwaves for two minutes; b) beans submitted to gamma rays treatment at 2.0 Kgy dosage.

The two samples plus a non-treated sample (control) were then stored for six months under two different conditions: a) refrigeration temperature; b) 30°C, 75 % R.H., and samples were taken for studies at 0, 2, 4, and 6 months of storage.

At zero time the cooking time, measure by the Burr Puncturometer, was 47, 17, and 63 minutes, for the control, irradiated and microwave-heated beans, respectively. For the beans stored under refrigeration, cooking time for the control and irradiated samples remained essentially unchanged, whereas the microwave treated sample presented some decrease in this attribute. The beans stored under 30°C/75% R.H. showed increase in cooking time with storage time.

Gamma radiation and microwaves treatments did not influence the hydration velocity of the beans. However storage under refrigeration resulted in a reduction of the hydration of the seeds, while for the grains stored under 30°C/75% R.H. no change in hydration behavior was evident, when compared with the control samples.

Concentration of phytate was 0.97, 1.05, and 1.08% for the untreated (control), irradiated and microwave treated beans at zero storage time. Concentrations were reduced during storage, mainly under 30°C/75% R.H., where concentrations dropped by 40-60% after six months of storage

Up until two months of storage, peroxidase activity was higher in the beans stored at 30°C/75% R.H. than in samples stored in the refrigerator. After two months of storage, activities were higher in the samples stored in refrigerator.

Potentially bioavailable methionine varied from 0.87 to 1.03g/16gN, among the samples studied. Storage under both conditions resulted in decrease in the concentration of this amino acid. Reduction varied from 5-20% for the samples stored in refrigerator and from 25-37% for the samples stored under 30°C/75% R.H.

The results indicated that storage at high temperature and relative humidity (R.H.) promoted increase in cooking time and depreciation in sensory properties. Samples treated with gamma rays presented always shorter cooking times than the ones treated with microwaves or the ones used as controls, although the sensory properties of irradiated samples did not differ statistically from the control samples ( $p < 0.05$ ).

## 1- INTRODUÇÃO

Em determinadas regiões do mundo, principalmente no continente americano, as leguminosas desempenham um papel importante nas dietas para consumo humano. No Brasil, destacam-se os feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.), normalmente consumidos pela população após a sua maceração em água e cozimento.

Do ponto de vista nutricional, os feijões da espécie *Phaseolus vulgaris* apresentam uma quantidade apreciável de proteína, cerca de 20%, além de teores consideráveis de ferro e tiamina (71). O consumo desta leguminosa associado com determinados vegetais, principalmente cereais, colabora para que o aporte protéico das populações economicamente menos favorecidas seja satisfatório, independente das proteínas de origem animal.

O Brasil é um dos maiores produtores de feijão no mundo, com uma produção anual aproximada de 2 milhões de toneladas métricas (20). Todavia, um dos fatores que contribui para uma perda significativa desta produção, são as condições de estocagem existentes no país, onde as altas temperaturas e umidade relativa do ar às quais estes grãos são normalmente submetidos, determinam uma depreciação na qualidade culinária e nutricional do produto.

O emprêgo de métodos auxiliares durante a etapa de pré-estocagem, como a radiação gama e microondas, pode ser de significativa importância na melhoria da conservação do feijão

durante a etapa de armazenamento.

A radiação gama, método normalmente utilizado para a esterilização e desinfecção parcial de alimentos em alguns países (52), apresenta uma maior vantagem em relação aos agrotóxicos por não deixar resíduos tóxicos, quando as doses aplicadas nos alimentos são pequenas e controladas.

A aplicação de calor por microondas é processo mais rápido e uniforme do que os métodos convencionais, podendo ser mais eficaz na inativação de enzimas e/ou proteínas ativas responsáveis pela depreciação da qualidade do alimento, sem perda excessiva de seus nutrientes.

Assim, os principais objetivos deste trabalho foram os seguintes: a>estudar a influência de dois tipos de pré-tratamento (radiação gama e microondas) sobre a qualidade do feijão e sua velocidade de deterioração durante a estocagem; b>estudar o efeito do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades sensoriais, físicas e químicas dos feijões; c>estudar o efeito do tempo e das condições de estocagem sobre o conteúdo de metionina em feijões.

## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- Dados gerais sobre o feijão

A família das leguminosas compreende uma grande variedade de espécies, chegando ao número de 13.000, mas somente cerca de 20 espécies são utilizadas para o consumo humano em quantidades apreciáveis (70).

Observa-se que em cada região do planeta há uma preferência pela população para o consumo de uma determinada leguminosa. Assim, na África, os gêneros *Vigna* e *Cajanus* são os mais importantes na dieta, enquanto nas Américas do Norte, Central e do Sul, destaca-se a espécie *Phaseolus vulgaris* (07).

Segundo estudos arqueológicos relatados por Aykroyd & Doughty (07), a espécie *Phaseolus vulgaris* parece ser originária das Américas, especificamente, na América Central, sul dos Estados Unidos e norte da América do Sul. Os mesmos autores, relatam que vasilhames contendo feijões foram encontrados em tumbas da civilização incáica no Peru. Após a descoberta das Américas, durante o século dezesseis, a espécie *Phaseolus vulgaris* foi introduzida na Europa e hoje se constitui numa das principais culturas em várias partes do mundo (70).

A produção mundial de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) no ano de 1988 foi estimada em cerca de 15 milhões e meio de toneladas

métricas, sendo que a produção no Brasil chegou perto dos 3 milhões de toneladas métricas, cerca de 20% da produção mundial (20).

Sgarbieri & Garruti (71), apontam um consumo diário do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) no Brasil, aproximadamente de 50-60g per capita, sendo uma das principais fontes de caloria e proteína da população brasileira. Esta leguminosa apresenta um conteúdo de proteína no grão na faixa de 18-30%, além de apresentar quantidades consideráveis de minerais, vitaminas e carboidratos. Porém, alguns fatores limitam o seu valor nutritivo como : a deficiência de aminoácidos sulfurados; a baixa digestibilidade das suas proteínas; presença de proteínas tóxicas e outros fatores antinutricionais.

2.2- Alterações das propriedades físicas , sensoriais e nutricionais do feijão durante o seu preparo e estocagem.

Para que o feijão seja consumido pela população é necessário o emprego de determinados tratamentos que consistem , basicamente, na maceração dos grãos e seu cozimento. Estes procedimentos tem a finalidade de promover a textura apropriada para o consumo e de eliminar fatores tóxicos presentes nos grãos.

No Brasil, antes do cozimento dos grãos de feijão, eles são macerados, normalmente, em água de torneira, por um período que varia de 8 a 16 horas. Em seguida, esta água é descartada e com readição de uma quantidade suficiente de água, os grãos são submetidos ao cozimento em panela aberta (pressão atmosférica) ou em

panela de pressão (superior à atmosférica). O tempo de cozimento necessário para o condicionamento de uma textura macia e agradável, vai depender de diversos fatores, como: variedade do grão ; o tempo e as condições de estocagem dos grãos, entre outros (72).

Utilizando métodos objetivos para avaliar textura dos grãos de leguminosas, Quast & Silva (60), tentaram otimizar as condições de cozimento para promover a textura macia dos grãos utilizando um parâmetro físico-químico, o índice z, onde procurou-se estabelecer a elevação necessária de temperatura para reduzir em dez vezes o tempo de cozimento dos grãos, encontrando valores entre 15° a 19°C.

A fim de determinar qual o binômio ótimo tempo/temperatura para o cozimento dos grãos de feijão, Bressani et alii (08), verificaram através de valores de PER, que o tratamento térmico ideal para os feijões era de 10 a 30 minutos à temperatura de 121°C (autoclave). No mesmo experimento, observou-se que os feijões cozidos durante 4 horas à 100°C obtiveram valores de PER semelhantes aos grãos autoclavados por 30 minutos.

A embebição em água dos grãos de leguminosas permite uma maior penetração de calor na massa, favorecendo o processo de cozimento (74). Porém, Quast & Silva (60), não encontraram correlação significativa entre a taxa de hidratação de feijões pretos e o cozimento dos mesmos. Por exemplo, as amostras hidratadas por 16 horas e cozidas durante 30 minutos à 116°C apresentaram uma maior

dureza do que os grãos não hidratados cozidos na mesma temperatura durante 45 minutos. Já em um estudo feito por Sefa-Dedeh et alii (68), com feijões de corda (*Vigna unguiculata*), utilizando medidas objetivas de textura, houve uma boa correlação entre a textura dos grãos cozidos e o tempo de embebição (-0,95) e também com a quantidade de água absorvida pelo mesmos (-0,98). Estes resultados foram confirmados por Silva et alii (73) que reportaram um aumento significativo da maciez dos feijões cozidos quando estes eram submetidos previamente a embebição. Verificaram, também, que a maciez adequada era obtida somente quando o grão absorvia uma determinada quantidade de água.

Com a finalidade de verificar o efeito da temperatura de embebição sobre o cozimento e valor nutritivo de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*.L.), Kon (38), observou que a embebição em temperaturas elevadas aumentou a taxa de absorção de água. O tempo de cozimento não diferiram significativamente entre os grãos embebidos nas diversas temperaturas, os grãos macerados à 90°C obtiveram o menor tempo de cozimento, enquanto o maior tempo foi encontrado para os feijões macerados à 70°C. Em temperaturas de embebição acima de 50°C, observou-se uma redução de sólidos totais e vitaminas hidrossolúveis no grão.

Vários estudos desenvolvidos, abordando o efeito das condições de estocagem na conservação da qualidade dos grãos de feijão, demonstram alterações nas suas propriedades físicas, nutricionais e sensoriais (05;09;14;29;46;47;51;57;59;66).

Molina *et alii* (48), submeteram grãos de feijão a dois tipos de tratamento térmico, aquecimento em água fervente e sob pressão (autoclave), antes de estocá-los à 25°C e a 70% de umidade relativa do ar durante 9 meses. No mesmo experimento, feijões não tratados foram estocados nas condições anteriores e a 4°C e observou-se que os valores de dureza obtidos foi maior para os grãos não tratados e estocados à 25°C/75%. Os feijões estocados durante 9 meses à 4°C apresentaram valores de dureza inferiores aos demais, porém, eles não diferiram significativamente em relação aos grãos submetidos a tratamento térmico mais brando.

No trabalho feito por Antunes & Sgarbieri (05), os grãos foram armazenados durante 6 meses em três condições: A) 12°C e 52% de umidade relativa; B) 25°C e 65% de umidade relativa; C) 37°C e 76% de umidade relativa. Observou-se neste estudo que a condição C apresentou maior tempo de cozimento (300 minutos), enquanto as condições A e B obtiveram valores menores, sendo de 95 e 116 minutos, respectivamente. Já a capacidade de hidratação dos grãos permaneceu constante para a condição A, houve um pequeno aumento na condição C e uma diminuição em cerca de 50% na condição B em relação ao grão original.

Em observações feitas por Rozo *et alii* (66), verificou-se que além do endurecimento dos feijões estocados à 40°C e 80% de umidade relativa durante 8 meses, houve um escurecimento dos grãos. Da mesma forma Paredes-Lopez *et alii* (57), reportaram uma

mudança da coloração de feijões estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa.

Morris & Wood (50), observaram uma depreciação na qualidade dos grãos de feijão estocados à 25°C, principalmente no que diz respeito ao sabor e a textura.

A estocagem por longo período e em condições adversas (alta temperatura e elevada umidade relativa), pode induzir, também, um aumento da velocidade de hidratação dos feijões. De acordo com alguns pesquisadores (28;51) este fenômeno ocorre, principalmente, devido aos altos níveis de umidade do grão.

Hincks & Stanley (28), constataram um aumento da capacidade de hidratação e perda de sólidos na água de maceração de feijões estocados em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas. Talvez esta alteração seja devida à perda da integridade de suas membranas, levando a um aumento de sua permeabilidade (81).

Algumas pesquisas reportam uma diminuição da capacidade de absorção final de água por grãos de feijões estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar (28;51;57).

Moscoso *et alii* (51), observaram que a capacidade de hidratação permaneceu constante em feijões com 12% de umidade estocados à 2°C durante 9 meses. No mesmo período, os grãos com 17,9% de umidade estocados à 32°C apresentou uma redução de cerca de

10% nesta propriedade.

Utilizando feijões com e sem casca estocados à 2°C e a 40°C e 80% de umidade relativa do ar, Paredes-Lopez et alii (57) verificaram que a remoção da casca promoveu um aumento da capacidade de absorção de água dos feijões estocados à 2°C. Já as amostras estocadas em condições elevadas de temperatura e umidade relativa do ar, obtiveram os menores valores de absorção de água após 24 horas de hidratação. É interessante ressaltar que a velocidade de hidratação durante as primeiras 6 horas foi maior para as amostras sem casca, confirmando as observações feitas por Sefa-Dedeh et alii (68), que estabeleceram a casca dos grãos de leguminosas como um dos principais fatores capazes de influenciar na velocidade inicial de hidratação.

Todavia, ao contrário dos resultados reportados anteriormente, Durigan (14), após a estocagem dos feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) durante 8 meses em duas condições, ambiente e 40°C e 80% de umidade relativa do ar, não observou nenhuma diferença significativa na velocidade e na capacidade de hidratação destas amostras em relação aos grãos recém-colhidos.

Apesar da maioria dos trabalhos encontrados na literatura darem maior ênfase ao estudo das alterações das propriedades físicas, químicas e/ou bioquímicas, como consequência do tempo e das condições de estocagem dos grãos, algumas pesquisas levaram em consideração, também, o seu efeito sobre o valor

nutritivo (05;14;47;48;76).

Molina et alii (47), estudaram o efeito do tempo e das condições de estocagem e suas interrelações com o tempo de hidratação, cocção e o valor nutritivo de um feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivado na Guatemala. Os feijões foram estocados em duas condições: a) 22-25°C e 60-70% de umidade relativa do ar durante 3 meses; b) 21°C e 77% de umidade relativa do ar durante 6 meses. Em relação ao valor nutritivo, os resultados obtidos foram os seguintes: 1) redução significativa do quociente de eficiência protéica (PER) a medida que aumentava o tempo de estocagem para as duas condições utilizadas; 2) aumento da metionina e lisina disponível durante o período de estocagem. Em um estudo posterior, Molina et alii (48), trabalhando com feijões da mesma variedade, porém submetidos a um pré-tratamento térmico antes da estocagem, não observaram diferenças significativas entre os valores de metionina e lisina disponível encontrados nos grãos estudados.

Com a finalidade de estudar o efeito do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades culinárias e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris*, L.), Durigan (14) submeteu, durante um período de 8 meses, os grãos a duas condições de estocagem, a saber: A) 21°C e 71% de umidade relativa do ar; B) 21°C e 80% de umidade relativa do ar. Além da deterioração das propriedades culinárias, foi observado uma perda significativa de seu valor protéico. Apesar de não se detectar uma alteração apreciável na solubilidade e na digestibilidade da proteína, houve

uma diminuição de cerca de 50% dos valores de lisina disponível para os grãos estocados nas duas condições durante 8 meses. A disponibilidade biológica da metionina caiu de 42,9% para 22,5 e 22,4% após 4 meses e a 19,1 e 18,9% após 8 meses de estocagem à 71 e 80% de umidade relativa do ar, respectivamente. A taxa de eficiência protéica (PER) caiu do valor inicial de 1,27 para 0,69 aos 4 meses e para 0,34 aos 8 meses nos grãos estocados com uma umidade relativa do ar igual a 80%.

Em um trabalho similar, Antunes & Sgarbieri (05), obtiveram resultados semelhantes aos de Durigan (14). Neste estudo, os grãos foram estocados durante 6 meses em três condições e verificou-se uma diminuição significativa do valor nutritivo das proteínas, assim como da biodisponibilidade da metionina, principalmente para os feijões armazenados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar. Os autores sugerem que a diminuição do valor protéico medido pelo PER está associado com a queda da disponibilidade biológica dos aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), embora Molina *et alii* (48) tenham observado em seu estudo, um aumento da metionina biodisponível e redução do índice de eficiência protéica (PER) em feijões estocados durante oito meses em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar.

Srevwright & Shipe (76), relatam em sua pesquisa com feijões estocados sob diversas condições, uma redução da digestibilidade "in vitro" das proteínas dos grãos armazenados em condições elevadas de temperaturas e umidades relativas do ar. Para os

autores esta queda da digestibilidade deve ocorrer pela interação entre as proteínas e os taninos de alto peso molecular presentes nos feijões.

### 2.3- Possíveis mecanismos responsáveis pelo endurecimento de grãos de leguminosas.

O fenômeno de endurecimento dos grãos de leguminosas, entre elas o feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), caracteriza-se pelo aumento do tempo de cozimento até atingir a maciez adequada para consumo (44). Vários fatores tem influência no aparecimento do fenômeno, dentre estes, destacam-se: a umidade do grão, tempo e condições de estocagem. De acordo com os dados reportados na literatura, observa-se que os grãos com alto teor de umidade e estocados por um período prolongado em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas promovem mais rapidamente o endurecimento do feijão (05; 09; 28; 50; 51; 57). Até o momento, os mecanismos responsáveis pelo aparecimento de grãos duros não foram totalmente elucidados, apesar da existência de diversos artigos abordando o assunto (02; 39; 46; 64; 78).

Para Stanley & Aguilera (78), o desenvolvimento da dureza do grão está relacionada com mudanças de natureza química associadas com alterações dos componentes estruturais do grão, como a desorganização das organelas citoplasmáticas e aumento da adesão das células dos cotilédones (81).

Mattson *apud* Aguilera & Stanley (32), observou uma correlação entre a capacidade de cozinhar de diversas variedades de ervilha (*Pisum sativum*) com seus conteúdos de ácido fítico e cálcio. De acordo com este autor, quando o teor de ácido fítico diminui, as pectinas presentes na lamela média se associam com os íons cálcio e magnésio formando complexos insolúveis aumentando o tempo de cozimento dos grãos.

Posteriormente, Kon & Sanshuck (39), utilizando grãos de leguminosas (*P. vulgaris*, *P. lunatus*, *Vicia faba*, *Vigna unguiculata* e *Pisum sativum*) verificaram, também, uma boa correlação (-0,71) entre a taxa de cozimento dos grãos e o valor obtido pela razão ácido fítico / %Ca. No mesmo experimento, ficou evidenciado que feijões com alto teor de umidade apresentavam um elevado tempo de cozimento e a sua redução poderia ser obtida adicionando-se ácido fítico ou EDTA na sua água de maceração. Estas substâncias funcionariam como agentes quelantes com capacidade de remover íons divalentes, como o cálcio, durante o cozimento, favorecendo o amolecimento dos grãos.

Em um estudo no qual feijões (*Phaseolus vulgaris*, L) com diferentes teores de umidade, foram armazenados durante 9 meses em duas condições distintas (2°C e 32°C), verificou-se que não houve mudanças significativas dos conteúdos de ácido fítico para os feijões com baixo teor de umidade e estocados à 2°C. Ao contrário, os feijões estocados à 32°C apresentaram uma redução desta substância à medida que aumentava o tempo de estocagem. Os autores detectaram, também, uma correlação substancial entre os conteúdos de ácido fítico

(-0,97) e a taxa de dissolução de substâncias pécticas (-0,92) em relação à dureza do grão (51). Em outro experimento, Kon (37), não encontrou nenhuma correlação entre o conteúdo péctico e o tempo de cozimento de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) armazenados com alto teor de umidade.

De acordo com Jones & Boulter (32), a formação dos complexos insolúveis de pectatos de cálcio que induzem o endurecimento dos grãos de leguminosas está associada a ação de duas enzimas denominadas: fitase e pectinesterase. Os autores sugerem que a fitase hidrolisa o fitato em inositol e ácido fosfórico, levando à perda da capacidade deste composto em quelar ions divalentes, como o cálcio e magnésio. Ao mesmo tempo a pectinesterase remove os grupos metila das pectinas, deixando os grupos carboxila expostos para reagirem com cátions divalentes remanescentes da ação da fitase, promovendo, assim, a formação dos pectatos de cálcio.

Todavia, devido a grande diversidade de compostos químicos presentes nos grãos de leguminosas, alguns pesquisadores admitem a participação de outras substâncias no fenômeno de endurecimento (28;29;46;63).

A presença de compostos fenólicos em feijões despertou interesse pelo estudo da influência destas substâncias na dureza do grão. Mejia (46), estocando feijões negros (*Phaseolus vulgaris*, L.) em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas,

verificou uma diminuição significativa dos teores de polifenóis durante o armazenamento, além do aumento da atividade da enzima polifenoloxidase, da dureza e do tempo de cozimento do grão. A redução do conteúdo polifenólico está associada com a polimerização destes pela ação da polifenoloxidase.

A polimerização dos fenóis com a formação de lignina, também, pode estar relacionada com a enzima peroxidase. Rivera et alii (63), estudando o efeito de pré-tratamentos e das condições de estocagem sobre a atividade desta enzima, observou que feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) armazenados sob condições tropicais demonstraram uma redução substancial da atividade da peroxidase. De acordo com alguns pesquisadores esta enzima pode estar envolvida no processo de lignificação da lamela média dos cotilédones (02;29;59).

Srisuma et alii (77), estocando feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) em três condições (5°C/40% U.R.; 20°C/73% U.R.; 35°C/80% U.R.) durante 9 meses, verificaram um aumento de ácidos fenólicos, principalmente o ácido ferúlico, dos grãos endurecidos por estocagem em condições elevadas de temperatura e umidade relativa do ar. Estes autores sugerem que a resistência de cocção pelos feijões seja devido a interação destes ácidos com pectinas e/ou proteínas na lamela média, provavelmente, pela ação catalítica da peroxidase.

A contribuição dos polifenóis no endurecimento dos feijões pode, também, estar associada com a formação de complexos proteína-lignina. Molina et alii (48), observaram valores maiores de

proteína lignificada em feijões estocados à 25°C do que os grãos armazenados à 4°C.

Segundo Mancini-Filho (44), baseando-se em dados da literatura, os polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões através de dois mecanismos, por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro dificultando a penetração da água e o segundo limitando a capacidade de embebição.

A fração glicídica dos feijões é constituída, na sua maioria, pelo amido e este componente tem um papel importante durante a cocção dos grãos, principalmente, através do processo de gelatinização (25;30). Holberg & Stanley (30), isolaram o amido de feijões estocados sob diversas condições e detectaram mudanças na temperatura de gelatinização do amido durante o tempo de estocagem. Todavia, os autores salientaram que as modificações na gelatinização do amido nos feijões estocados nas três condições estudadas não apresentaram correlação significativa com o endurecimento dos grãos.

Reforçando estas conclusões, Paredes-Lopez *et alii* (57), admitem que o endurecimento dos feijões não é capaz de provocar modificações na temperatura de gelatinização do amido. Embora o armazenamento dos grãos possa promover alterações químicas e/ou estruturais no amido, levando a uma depreciação da qualidade geral e do valor nutritivo do produto.

Outro componente que sofre alterações durante o endurecimento dos grãos de leguminosas é a proteína. Segundo Holberg & Stanley (30), feijões estocados em duas condições (25°C/65% U. R. ; 30°C/80% U. R.) em um período de 10 meses, apresentaram um aumento significativo de pequenos peptídeos provenientes da hidrólise de proteínas de alto peso molecular, além de teores de aminoácidos aromáticos no extrato protéico após eluição em cromatografia de exclusão molecular.

A fim de estudar a influência dos componentes da parede celular no desenvolvimento da dureza dos grãos, Roza *et alii* (66), verificaram uma correlação entre fração da parede celular com nitrogênio e a dureza dos feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) estocados em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas. Os autores não detectaram diferenças significativas da fração ácido-detergente, lignina e celulose durante o decorrer da estocagem nas condições estudadas. Em um estudo anterior, Srisuma *et alii* (77), também não observaram nenhuma alteração significativa nos teores de lignina para os feijões estocados em condições impróprias.

#### 2.4- Emprêgo da irradiação (radiação gama) em alimentos

Os termos energia ionizante e radiação ionizante tem sido empregados para descrever os raios X, as radiações gama e a aceleração de elétrons (44).

Assim como o raio X, as radiações gama são ondas

eletromagnéticas de alta frequência (11). A sua produção consiste, basicamente, na desintegração de dois radioisótopos, tais como o cobalto 60 e o cézio 137, sendo que a energia liberada pelos átomos são da ordem de 1,33 meV e 0,66 meV, respectivamente.

A partir da década de 1950, com o desenvolvimento de reatores nucleares, a radiação gama tem sido empregada em quase todo mundo civilizado, principalmente, na desinfecção e esterilização parcial de alimentos (52). Este procedimento apresenta maior vantagem em relação aos produtos químicos utilizados na agricultura por não deixar resíduos tóxicos, quando as doses aplicadas forem pequenas e controladas. De acordo com os organismos internacionais responsáveis pelo controle e vigilância no emprêgo da radiação gama em alimentos, a dose média absorvida pelo produto não deve superar a 10 KGy (19;40).

Como qualquer outro procedimento empregado na tecnologia de alimentos, a irradiação pode induzir mudanças de ordem estrutural, química e nutritiva nos alimentos (33). A intensidade das alterações do alimento irradiado vai depender de alguns fatores, como: a) a composição química do alimento; b) a dose e o tipo de irradiação; c) a temperatura e a presença ou ausência de oxigênio durante a execução do processo.

Em pesquisas em que estudaram o efeito da radiação ionizante sob soluções contendo aminoácidos ou proteínas, ficou evidenciado que o emprêgo deste processo induz a radiólise das proteínas com aumento de aminoácidos livres. As modificações mais

características das proteínas irradiadas, incluem: desaminação, descarboxilação, redução das ligações dissulfeto, oxidação dos grupos sulfidrilas e rompimento ou agregação das ligações peptídicas. Entre os aminoácidos estudados, os mais sensíveis a irradiação foram os que apresentaram o anel aromático ou grupo sulfílica em suas moléculas (44;75).

Nene et alii (54), estudando o efeito da irradiação sob as proteínas do "red gram" (*Cajanus cajan*), observou um aumento da digestibilidade protéica "in vitro" das sementes irradiadas em relação aos grãos não tratados. Os autores sugerem que a elevação da digestibilidade proteolítica pode ser atribuída a maior suscetibilidade das proteínas à ação enzimática ou pela destruição parcial do inibidor de tripsina.

A irradiação, também, promoveu uma melhora do valor nutritivo das proteínas de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Este fato foi constatado pelo aumento de retenção de nitrogênio e redução da excreção do ácido úrico por animais alimentados com feijões irradiados com doses de 21 Mrad (62).

Hanis et alii (26), não detectaram alterações substanciais no perfil de aminoácidos, assim como no teor aminoacídico total de proteínas de trigo, milho e aveia irradiadas com doses até 10 KGy.

Carvalho et alii (10), constataram uma redução da

digestibilidade aparente, do valor biológico e na utilização protéica líquida (NPUD) das proteínas do feijão da variedade Carioca 80 (*Phaseolus vulgaris*, L.) irradiado com doses de 1 Mrad. Segundo os autores, este efeito foi devido a redução da biodisponibilidade da metionina, induzida pela irradiação, já que a adição deste aminoácido nas dietas contendo feijão irradiado promoveu a elevação de todos os índices a níveis bem próximos as dietas feitas com feijões não tratados.

Coelho et alii (12), estudaram o efeito das duas doses de irradiação (100 e 1000 Krad) sobre o conteúdo de aminoácidos e o valor nutritivo das proteínas, medidos pelo índice de eficiência protéica (PER), dos feijões macaçar (*Vigna unguiculata*, L.) antes e após 6 meses de estocagem. Nesta pesquisa não foram encontradas diferenças significativas entre o perfil aminoacídico dos feijões não tratados e os grãos irradiados. As amostras não irradiadas apresentaram valores de PER superiores em relação as sementes irradiadas, tanto antes como após o período de estocagem. A redução do valor nutritivo da proteína dos feijões foi proporcional ao aumento gradual das doses de irradiação.

Os resultados de Yoursri & Harmuth-Hoene (86), indicaram uma correlação significativa entre a redução do valor protéico, medido pela utilização protéica líquida (NPUD), e o aumento do aparecimento de compostos carbonílicos em misturas de caseína e lípidos (óleo de milho e gordura de coco) irradiadas com doses de 5 Mrad na presença de oxigênio as quais foram estocadas durante 4

semanas em condições aeróbicas. Ficou evidenciado, também, que dietas contendo misturas de caseína e óleos ricos em ácidos graxos insaturados (óleo de girassol) irradiados, foram capazes de promover uma redução mais drástica no valor de NPU, assim como dos teores de lisina disponível do que as demais misturas caseína-lípide estudadas. Segundo os pesquisadores, estes fenômenos ocorrem, provavelmente, devido a formação de complexos proteína e lípidos de alto peso molecular, as quais dificultam a ação das enzimas digestivas.

O emprego das radiações ionizantes em determinadas condições pode desencadear alterações em outros componentes dos alimentos.

Os carboidratos podem sofrer degradação oxidativa pela ação direta ou indireta da irradiação formando diversos compostos, como: ácidos orgânicos (ácido glicurônico, ácido glicônico, ácido fórmico, entre outros), aldeídos e em presença de oxigênio, o glioxal. A radiação gama pode, também, promover a clivagem das ligações glicosídicas de polissacarídeos, como o amido e a celulose, liberando moléculas menores (61;75).

Todavia, apesar destas modificações químicas, em certos casos, induzirem algumas mudanças físicas, por exemplo, na textura de alimentos ricos em carboidratos, tais como vegetais em geral, os resultados observados indicam que todo esse fenômeno não compromete de maneira significativa o valor nutritivo dos carboidratos (33).

Saint-Lébe *et alii* *apud* Josephson *et alii* (33), alimentando ratos durante um ano com dietas contendo 62% de amido de milho, cru e cozido, irradiados com doses de 300 a 600 Krad não observaram mudanças significativas no crescimento ou na reprodução dos animais que receberam as dietas com amido irradiado. Lang & Kassler *apud* Josephson *et alii* (33), irradiaram batatas com doses de 10 e 100 Krad e alimentaram ratos com dietas contendo 72% destas batatas; não encontraram diferenças significativas na utilização das calorias entre os grupos alimentados com dieta controle e com dietas irradiadas.

Com relação aos lípidos, a radiação ionizante pode provocar o aparecimento de um grande número de compostos, devido as reações de oxidação, polimerização, descarboxilação e desidratação. Os compostos formados podem ser agrupados, resumidamente, da seguinte maneira: 1) compostos de baixo peso molecular: substâncias voláteis formadas por descarboxilação; ácidos, lactonas, aldeídos, cetonas e diésteres de propanodiol; 2) produtos de recombinação: aldeídos, cetonas, ésteres de cadeia longa e hidrocarbonetos de cadeia longa formados por descarboxilação dos ácidos graxos; 3) produtos formados por modificações oxidativas, como compostos peroxidados (53).

Entretanto, de acordo com algumas pesquisas, em determinadas doses e condições empregadas no tratamento da irradiação em alimentos, os lípidos não sofrem uma perda significativa nas suas propriedades organolépticas e de seu valor nutritivo (33;53).

Lang & Bassler *apud* Josephson *et alii*

(33), submetendo óleo de soja a uma dose de irradiação (100 Mrad) a níveis bem superiores as normalmente empregadas para a esterilização dos alimentos, encontraram uma pequena redução da digestibilidade dos óleos irradiados em relação aos óleos não irradiados. Os mesmos autores não observaram nenhum efeito adverso em ratos alimentados com dietas contendo óleos de soja irradiados com doses de até 2,5 Mrad.

Outro componente importante da fração lipídica que pode ser afetado pelo emprêgo das radiações ionizantes em alimentos são as vitaminas lipossolúveis. Entre elas, a vitamina E parece ser a mais sensível a irradiação, embora as demais também sofram alterações ocasionadas por este processo (19;75).

Diehl *apud* Josephson *et alii* (33), estudando o efeito da irradiação sobre a vitamina E em flocos de aveia estocados durante 8 meses, detectou uma pequena perda deste nutriente (17%) logo após a irradiação. Entretanto, a destruição da vitamina E para os flocos de aveia irradiados e não irradiados após 8 meses de estocagem foram, respectivamente, da ordem de 95% e 26%.

De acordo com os dados da literatura, a vitamina hidrossolúvel mais sensível a radiação gama é a tiamina (B<sub>1</sub>) e logo em seguida a piridoxina e a vitamina C. Esta última é a mais radiosensível quando em soluções aquosas, mas é pouco sensível quando presentes nos alimentos. A niacina, o ácido pantotênico e o ácido

fólico parecem ser os mais resistentes a ação deste agente (19;75)

Conforme Thomas *apud* Josephson *et alii* (33), a porcentagem de perda de ácido ascórbico em frutas irradiadas é mínima em doses até 1KGy, entretanto em doses mais elevadas, a taxa de destruição é proporcional ao aumento da dose de irradiação.

Nene *et alii* (54), verificaram que a irradiação em feijões "redgram" (*Cajanus cajan*) crus e cozidos em doses até 1 Mrad, provocou uma pequena destruição (7%) de algumas vitaminas do complexo B (tiamina e niacina). Os autores acreditam que a maior retenção das vitaminas do complexo B pelas amostras irradiadas seja devido ao menor tempo de cozimento destes grãos.

Uma redução da porcentagem de nitrogênio solúvel, assim como da atividade de lipoxigenase, inibidor de tripsina e quimotripsina foi encontrada em grãos de soja submetidos a diversas doses de irradiação (23). No mesmo experimento, não se observou mudanças significativas nos teores de ácidos graxos (C16:0; C18:0; C18:1; C18:2) nas diferentes doses de irradiação. Todavia, uma correlação negativa (-0,90) foi observada entre a concentração de ácido linolênico e as doses empregadas. Este fato indica que altas doses de irradiação podem provocar uma diminuição dos teores de ácido linolênico.

Em um estudo posterior (24), foi detectado um aumento dos teores de fósforo inorgânico e uma diminuição do conteúdo de

fitatos e fosfolípidos de grãos de soja com doses de radiação gama igual ou superior a 20 KGy. Através da cromatografia de camada delgada, os autores também observaram o aparecimento da lisofosfatidilcolina e ácido fosfatídico nas sementes com doses de irradiação entre 40 a 100 KGy.

A irradiação é capaz de provocar mudanças estruturais em grãos de leguminosas, causando uma diminuição do tempo de cozimento das sementes (54; 55; 61).

Os resultados obtidos por Nene *et alii* (54; 55) revelaram que os grãos de leguminosas irradiados com dose de 1 Mrad apresentaram uma redução do seu tempo de cozimento na ordem de 8 a 39% em relação aos grãos não irradiados. A queda deste parâmetro foi mais evidente em sementes irradiadas com doses maiores (2 e 3 Mrad), porém, em algumas leguminosas, o processo promoveu alterações indesejáveis nas suas propriedades sensoriais, tornando-os inaceitáveis para o consumo.

Já, Rao & Vakil (61), verificaram, através da análise sensorial por provadores treinados, que o tratamento por radiação gama em leguminosas não afetou a sua aceitabilidade, assim como não provocou o aparecimento de sabor e aroma não característico nos grãos irradiados com dose de 5 KGy. No mesmo experimento, as sementes irradiadas apresentaram uma redução do tempo de cocção, assim como da viscosidade do amido durante o processo de gelatinização. Segundo os autores, estes fenômenos ocorrem devido a despolimerização do amido

pela ação da radiação gama.

Uma das grandes preocupações na utilização das radiações ionizantes na tecnologia de alimentos, está associado com o possível efeito tóxico dos compostos formados pela radiólise. Desta maneira, alguns trabalhos feitos foram reportados por Mancini-Filho (44), sendo alguns deles os seguintes: a. em um estudo pormenorizado, quatro gerações de ratos, camundongos, cachorros e macacos foram alimentados durante o período de 2 anos com dietas formadas a partir de vinte e um alimentos irradiados com doses de 27,8 e 55,6 KGy. Os resultados da pesquisa demonstraram que os alimentos irradiados com doses até 55,6 KGy foram seguros e nutricionalmente adequados . seguros e nutricionalmente adequados; b. Em um outro trabalho, com o objetivo de verificar o efeito da esterilização de frangos pela radiação ionizante em relação a qualidade nutricional, mutagênese, teratogênese e toxicidade do produto demonstrou-se que as dietas contendo carne de frango irradiado apresentaram um melhor índice de eficiência protéica, além de não apresentar alterações significativas nos aspectos mutagênico, teratogênico e toxicológico.

#### 2.5- O emprêgo de microondas em alimentos

Microondas são ondas eletromagnéticas com frequência da ordem de 300 a 3000 Mhz, geradas por meio de tubos de potência de radiofrequência chamados magnetrons, klystrons ou amplitrons (36). As frequências mais emprêgadas nas indústrias são de 915 e 2450 Mhz, enquanto a maior parte dos fornos de microondas domésticos utiliza

2450 Mhz (83).

Um aparelho típico de microondas consiste, basicamente, de: a) uma fonte de microondas; b) uma linha de transmissão para distribuir energia ao produto e c) uma cavidade ressonante na qual o produto é aquecido (83).

A conversão da energia eletromagnética em energia térmica em um alimento é devido, principalmente, as fricções intermoleculares e as oscilações das moléculas dipolares, como a água e íons livres, pela ação do campo eletromagnético formado pelas microondas. Assim, no aquecimento do alimento por microondas, o calor se propaga, do interior para o exterior do produto, de maneira rápida e uniforme (36; 83).

Os fatores capazes de influenciar o aquecimento por microondas, podem ser os seguintes: a) tamanho, forma, uniformidade, composição, temperatura e umidade do produto; b) frequência e atenuação das microondas; c) características operacionais do aparelho.

Pelas características de maior rapidez e uniformidade no aquecimento dos alimentos nos fornos de microondas, algumas pesquisas já foram conduzidas a fim de avaliar o efeito deste processo sobre os componentes dos alimentos (16; 17; 22; 34).

Yoshida & Kajimoto (85), estudaram o efeito do cozimento de grãos de soja por microondas em relação as concentrações de

tocoferóis (vitamina E) e dos lípides totais. Os autores relataram que as quantidades de  $\delta$  e  $\gamma$ -tocoferóis foram reduzidas em cerca de 40% nos grãos de soja submetidos ao aquecimento no forno de microondas durante 12 minutos. Entretanto, o tratamento com microondas durante 6 minutos, reteve 90% dos tocoferóis sem causar alterações significativas nos lípides totais.

Estudando o efeito do tratamento térmico por microondas em grãos de soja, Hafez *et alii* (22), não observaram mudanças significativas nas concentrações de ácidos graxos saturados e insaturados dos grãos tratados em relação as sementes de soja não tratadas. No mesmo experimento, ficou demonstrado que o aumento gradual do tempo de exposição dos grãos ao microondas promovia a redução da solubilidade das proteínas da soja.

O tratamento térmico por microondas parece ser eficaz na inativação de certas enzimas ou proteínas ativas.

Esaka *et alii* (17), demonstraram que a inativação completa da lipoxigenase e do inibidor de tripsina em feijões "alados" (*Psophocarpus tetragonolobus*, L.) foi obtida após aquecimento dos grãos por microondas durante 3 e 5 minutos, respectivamente. Segundo os autores, a embebição dos grãos antes do tratamento térmico reduz o tempo necessário para inativação destas substâncias. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos com grãos de soja expostos ao aquecimento por microondas por diversos intervalos de tempo (18;84).

Em relação a qualidade protéica, Sanchez *et alii* (67), utilizando métodos de crescimento e quociente de eficiência protéica (PER) com ratos, verificaram que as dietas formuladas com grãos de soja submetidos ao tratamento com microondas, apresentaram uma média de crescimento e valores de PER semelhantes aos da dieta contendo a proteína padrão (caseína) do experimento.

Hafez *et alii* (22), submetendo grãos de soja ao aquecimento por microondas durante 0, 9, 12 e 15 minutos, encontraram valores de digestibilidade "verdadeira" da proteína de 73%, 84%, 87% e 81%, respectivamente. Segundo os autores, a redução da digestibilidade protéica dos grãos tratados por um período superior a 12 minutos seria devido, provavelmente, ao aparecimento de substâncias formadas pela reação de Maillard, capazes de inibir as enzimas proteolíticas do sistema gastrointestinal dos animais.

Kadam *et alii* (34), encontraram valores negativos para os índices de valor biológico e utilização líquida de proteína (NPU), alimentando ratos com uma dieta contendo farinha de feijão "alado" (*Psophocarpus tetragonolobus*, L.) tratado por microondas durante 10 minutos. Entretanto, os autores ressaltam que estes índices não podem ser considerados, pelo fato dos animais terem apresentado um baixo consumo de dieta e como consequência perda de peso no período do experimento, fazendo com que os aminoácidos da dieta fossem utilizados na demanda energética do organismo.

### 3- MATERIAIS e MÉTODOS

#### 3.1- Etapa de pré-estocagem

##### 3.1.1- Grãos de feijão

Foram utilizados para os testes preliminares, feijões da variedade Carioca 80 SH colhidos no período das "águas" de 1987 e da "sêca" de 1988, provenientes do município de Mococa-S.P, com a finalidade de verificar qual o melhor tratamento por microondas e radiação gama. Após a colheita, os feijões foram devidamente selecionados, acondicionados e estocados em câmara fria a uma temperatura de 10°C por aproximadamente 15 dias, até serem utilizados no experimento.

##### 3.1.2- Tratamento por microondas

Aproximadamente 150 g de feijões foram colocados em placas de petri de 15 cm de diâmetro por 2 cm de altura e submetidos a radiação por microondas em um forno doméstico da marca Panasonic de 2450 Mhz durante os seguintes intervalos de tempo: 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 segundos. Após cada operação, a temperatura de cada tratamento foi de 40°C, 60°C, 85°C, 105°C, 120°C, 135°C, 160°C, 190°C, respectivamente, determinada através de um termômetro digital de ação instantânea da marca Ioptherm 40.

### 3.1.3- Tratamento por radiação gama

Seis lotes de feijões (500 g) acondicionados em sacos plásticos foram submetidos a doses crescentes de radiação gama ( 1,0 KGy; 2,0 KGy; 3,0 KGy; 4,0 KGy; 5,0 KGy e 10,0 KGy) através de uma fonte de cobalto 60, localizada no Centro de Energia Nuclear para a Agricultura (CENA), Piracicaba-S.P. O diâmetro da fonte e a taxa de dose média empregada para irradiação das amostras foram, respectivamente, de 18 cm e 35044 KGy/hora.

A taxa de dose média foi estabelecida através de dois parâmetros: 1> taxa de decaimento da irradiação em função do tempo; 2> diâmetro da fonte.

As amostras tratadas tanto por microondas como por radiação gama foram devidamente acondicionadas e guardadas em refrigerador para se proceder as seguintes determinações.

### 3.1.4- Determinações físicas

#### Capacidade de absorção de água (C. A. A)

Para a determinação da capacidade de absorção de água, os feijões tratados e não tratados foram embebidos em água destilada na proporção peso/volume de 1:4 durante 16 horas à temperatura ambiente em bequeres vedados com papel de alumínio. Antes da embebição, o sistema foi previamente molhado, escoado e em seguida pesados com uma precisão de 0,01g em uma balança semi-analítica.

O cálculo para a determinação da capacidade de absorção de água, baseou-se na seguinte fórmula:

$$C.A.A = \left[ \frac{\text{pésos dos grãos antes da embebição}}{\text{pésos dos grãos após a embebição}} - 1 \right] \times 100$$

#### Tempo de cozimento.

O tempo de cozimento dos grãos foi determinado em um aparelho (figura 1) especialmente construído conforme o protótipo proposto por Burr *et alii* (09).

Os grãos previamente macerados em água destilada durante 16 horas na proporção peso/volume de 1:4, foram cozidos em água fervente sob pressão atmosférica.

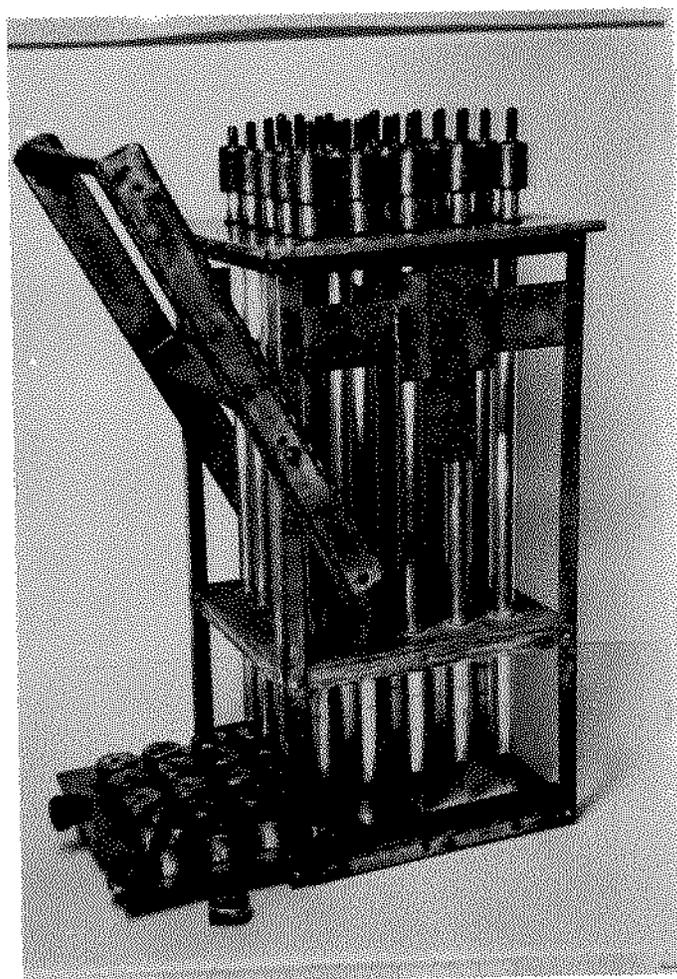
O tempo de cozimento foi determinado, em triplicata, pela queda de 13 hastes de um total de 25 do aparelho nos respectivos grãos.

#### 3.1.5- Determinações químicas e bioquímicas

##### Umidade

O teor de umidade das amostras foi determinado utilizando-se uma estufa à 105°C onde as amostras eram mantidas até peso constante, segundo o procedimento nº14004 da AOAC (06). Os resultados foram expressos em porcentagem e as determinações realizadas em triplicata.

FIGURA 1 - APARELHO PARA MEDIR O TEMPO DE COZIMENTO DOS  
FEIJÕES (PUNCTURÔMETRO DE BURRO).



### Índice de nitrogênio solúvel

Determinou-se a porcentagem de nitrogênio solúvel conforme o método descrito pela AACC 46-23 (04), dosando-se o nitrogênio pelo Kjeldhal (semi-micro). O índice de solubilidade de nitrogênio (I.S.N), foi calculado pela relação:

$$\text{I.S.N \%} = \frac{\% \text{ de nitrogênio solúvel em água}}{\% \text{ de nitrogênio total da amostra}} \times 100$$

### Atividade de inibidor de tripsina

A atividade antitriptica foi determinada segundo o procedimento proposto por Kakade *et alii* (35), que se baseia na inibição equimolar da tripsina presente na farinha de feijão, utilizando-se a caseína como substrato.

A extração da amostra foi efetuada em solução tampão fosfato 0,1M pH 8,0 e diluída o suficiente para se obter de 40 a 60% de inibição da tripsina, para que houvesse uma relação linear entre a atividade antitriptica e a concentração da tripsina.

O extrato diluído foi incubado a 37°C por 20 minutos em uma solução contendo tripsina (0,005% em HCl 0,001 M) e caseína (2%).

Os aminoácidos liberados na hidrólise foram lidos a 280 nm em um espectrofotômetro da marca Incibrás. A absorbância foi convertida para unidade de tripsina, sendo esta definida como o aumento de 0,01 unidade de absorbância a 280 nm por 10 mL da mistura

da reação nas condições do teste.

As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em UII/ mg de amostra.

#### Atividade de peroxidase

A determinação da atividade de peroxidase (POD) baseou-se na metodologia proposta por Plhak *et alii* (59).

A extração da enzima foi efetuada submetendo 10 g da farinha de feijão em 100 mL de tampão citrato 0,1 M pH 6,2 contendo 2,5% de polivinilpirrolidona (P.V.P) e cloreto de cálcio 0,4 M sob contínua agitação em "banho de gelo" durante 30 minutos. Em seguida, a solução foi centrifugada à 16000 x G durante 30 minutos a uma temperatura de 0-4°C.

A atividade de peroxidase (POD) foi estabelecida a partir da reação de 0,3 mL do extrato com 2,7 mL do substrato (100mL de tampão citrato 0,1 M pH 6,2, 10 mL de guaiacol 1% em etanol 50% e água oxigenada 0,3%), capaz de causar mudanças nos valores de absorbância em um comprimento de onda de 470 nm, as quais foram monitoradas por um espectrofotômetro da marca Incibrás durante o período de 2 minutos.

A unidade enzimática foi arbitrariamente estipulada como sendo um aumento de 0,01 unidade de absorbância nas condições do teste.

As determinações foram realizadas em quadruplicata e os resultados expressos em unidades de POD/ minuto / mL de extrato.

### 3.1.6- Análise sensorial

A análise sensorial dos grãos tratados e não tratados foi realizada utilizando uma equipe de 8 a 10 provadores selecionados. A seleção foi feita , anteriormente, através do teste Triangular a partir de um grupo formado por 16 pessoas (49).

Para avaliação sensorial ,os grãos irradiados e controle previamente embebidos em água filtrada durante 16 horas, foram cozidos por 13 minutos em panela de pressão. As amostras foram servidas em bequeres de 50 mL, codificadas e colocadas em bandejas térmicas mantidas à temperatura de 45°C durante a prova.

A fim de verificar se havia diferença significativa entre as amostras foi feito um teste Triangular (49). Duas amostras, sendo uma delas sempre o feijão controle, foram apresentadas simultaneamente e cada provador teve que detectar amostra diferente num conjunto de três amostras (Figura 2). A cada provador foi apresentado, por cinco vezes, os seis tipos de combinações, a saber: AAB, ABA, BBA, BAA, ABB e BAB.

O número de respostas corretas necessárias para estabelecer diferenças significativas entre as amostras aos níveis de

FIGURA 2- MODELO DE FICHA PARA O TESTE TRIANGULAR

TESTE TRIANGULAR

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Em cada prova, duas das três amostras são iguais e uma é diferente. Faça um círculo no número da amostra diferente.

1 <sup>a</sup> Prova	_____	_____	_____
2 <sup>a</sup> Prova	_____	_____	_____

de significância 5% e 1%, foram encontrados na tabela para o teste Triangular elaborada à partir do teste Qui-Quadrado (65).

### 3.2- Etapa de estocagem

#### 3.2.1- Grãos de feijão

Os grãos de feijão da variedade Carioca 80 S.H., da safra do segundo semestre de 1989 (período da "sêca") provenientes do município de Votuporanga-S.P., foram fornecidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas-S.P. Após a colheita, os feijões foram devidamente selecionados e acondicionados.

#### 3.2.2- Tratamento por microondas

Quantidade suficiente (cêrca de 200 g) de grãos de feijão foi submetida a radiação por microondas em fôrno doméstico da marca Panasonic de 2450 Mhz durante 2 minutos. Logo após a operação, foi determinada a temperatura (100°C), utilizando-se um termômetro digital de ação instantânea da marca Ioptherm 40.

Logo após ao tratamento, os feijões foram acondicionados em sacos de aniagem e estocados sob condições a serem descritas posteriormente.

### 3.2.3- Tratamento por radiação gama

Os grãos de feijões acondicionados em sacos plásticos (500g) foram submetidos a uma dose de radiação gama de 2,0 KGy através de uma fonte de cobalto 60, localizada no Centro de Energia Nuclear para Agricultura (CENAP), Piracicaba-S.P. O diâmetro da fonte e a taxa de dose média empregada para a irradiação das amostras foram, respectivamente, de 18 cm e 3432 KGy/hora.

Em seguida, os feijões foram acondicionados em sacos de aniagem e estocados em condições a serem descritas posteriormente.

### 3.2.4- Condições de estocagem

Três amostras foram utilizadas no estudo durante o período de estocagem:

- a) feijão controle (sem pré-tratamento)
- b) feijão tratado com uma dose de irradiação gama de 2 KGy
- c) feijão submetido ao tratamento pela radiação de microonda durante 2 minutos.

Em seguida, quantidades apropriadas destas amostras foram estocadas em duas condições, a saber:

- a) em geladeira a temperatura de 8-10°C.
- b) a uma temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, de 30°C e 75% de umidade relativa (U.R), utilizando

dessecadores contendo uma solução saturada de cloreto de sódio, acondicionados em uma câmara de temperatura controlada do laboratório de microbiologia da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP-S.P, Campinas.

A etapa de estocagem teve a duração total de 6 meses, e as tomadas de amostra, a partir do início do experimento, foram feitas de dois em dois meses.

### 3.2.5- Determinações físicas

#### Velocidade de hidratação dos grãos

A velocidade de hidratação dos grãos foi determinada baseando-se na metodologia de Morris & Wood (50), pela medição indireta do volume de água absorvida pelos grãos, utilizando-se uma proveta graduada de 250 mL e erlenmayer de 500 mL que após a introdução dos grãos e da água, foram vedados com telas de nylon.

Para a determinação, 50 g de feijões selecionados foram colocados nos erlenmeyers e embebidos em água destilada durante 10 horas na proporção peso/volume de 1:5. Antes do início do teste, o sistema era previamente molhado e escoado.

O volume da água absorvida foi calculado inicialmente de  $1/2$  em  $1/2$  hora na primeira hora e depois de hora em hora até a décima hora.

As curvas de hidratação foram obtidas à partir do volume corrigido da água absorvida expresso como porcentagem de peso dos grãos em base seca em função do tempo de hidratação. As determinações foram sempre feitas em triplicata.

#### Tempo de cozimento

Esta determinação foi feita conforme descrito o item 3.1.4, à página 32.

#### 3.2.6- Determinações químicas e bioquímicas

##### Umidade

Realizada de acordo com o item 3.1.5, à página 32.

##### Atividade de peroxidase

A determinação da atividade foi feita conforme o item 3.1.5, à página 35.

##### Determinação do fitato

A determinação do fitato foi realizada de acordo com o procedimento descrito por Latta & Eskin (41), baseando-se na propriedade desta substância em quelar minerais, como o ferro.

Para a extração do fitato, 5,0 gramas de farinha de feijão (70 mesh) foram submetidas a agitação com 100 mL de uma solução de HCl 0,65 N durante 1 hora. Em seguida, a solução foi centrifugada à 11000 x G durante 15 minutos, coletados 5,0 mL do

sobrenadante e este foi diluído com água destilada para um volume de 25 mL em um balão volumétrico. Após esta etapa, 10 mL da amostra submetida à diluição foi eluída em uma coluna de vidro (comp. 30 cm x diam. 1,0 cm) contendo cerca de 0,5-0,8 gramas de resina aniônica AG1-X4 da Biorad, inicialmente com 15 mL de solução de cloreto de sódio 0,1 M e por último com 15 mL da solução de cloreto de sódio 0,7 M para a remoção do fitato da amostra.

Logo após a extração, foi adicionado em tubos de ensaio, 1 mL da solução de Wade ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  a 0,03% e ácido sulfosalicílico 0,3% em água destilada) a 3 mL do extrato da solução de NaCl 0,7 M. O "branco" da reação foi feito utilizando-se 3 mL de água destilada com a adição de 1 mL de solução de Wade. Posteriormente, todas as amostras foram misturadas e lidas em um comprimento de onda de 500 nm através de um espectrofotômetro da marca Incibrás.

A curva padrão foi elaborada à partir de concentrações crescentes de uma solução de fitato de sódio, obedecendo as mesmas condições anteriores.

#### Determinação de metionina potencialmente biodisponível

Para a dosagem de metionina nos feijões, as amostras foram preparadas da seguinte maneira:

Os feijões foram macerados em água destilada durante 4 horas e posteriormente cozidos em panela de pressão. As amostras do início do experimento foram submetidas à cocção durante 13 minutos,

enquanto que as amostras estocadas em geladeira e a 30°C/75% de U.R por um período de 6 meses, tiveram um tempo de cozimento igual a 15 e 22 minutos, respectivamente. Estes valores foram estabelecidos verificando-se preliminarmente que o tempo de cozimento era suficiente para promover a textura apropriada para consumo. Em seguida, as amostras foram liofilizadas, moídas e acondicionadas em recipientes de vidro em dessecadores à temperatura ambiente.

Após esta etapa, a farinha de feijão foi submetida a uma digestão enzimática "in vitro", baseando-se no procedimento de Akesson & Stahman (1933): 1,5 g de farinha foi incubada à 37°C em 10 mL de solução ácida contendo pepsina a uma concentração de 3 mg/mL em HCl 0,1 N durante 3 horas num reator enzimático. Após esta etapa, o hidrolisado foi neutralizado com a adição de 10 mL de uma solução de NaOH 0,1 N e logo em seguida, adicionou-se 10 mL de uma solução de pancreatina (conc. 0,4% em tampão fosfato 0,1M pH 8,0). Novamente o hidrolisado foi incubado à 37°C sob agitação por mais 20 horas, após as quais, a hidrólise foi interrompida pelo aquecimento do hidrolisado durante 5 minutos a temperatura de 90°C. Na sequência, a solução foi centrifugada à 11000 x G durante 15 minutos, e o sobrenadante utilizado para dosagem colorimétrica da metionina.

O "branco" contendo as enzimas e as demais soluções com a ausência da amostra foi feito nas mesmas condições descritas anteriormente.

Posteriormente, o teor de metionina dos grãos de feijão

cozidos foi determinado à partir do hidrolisado, conforme a metodologia de McCarthy & Sullivan (45), modificada por Lunder (43): o sobrenadante obtido da hidrólise enzimática, contendo 0,25 g de carvão ativado, foi submetido ao aquecimento à 70°C durante 5 minutos. Logo após, a solução foi filtrada em papel Whatman nº 1, sendo que o resíduo retido na filtração foi lavado com 5 mL de etanol 25%. O filtrado foi completado para um volume de 50 mL com água destilada. Em 5,0 mL da solução, adicionou-se 0,5 mL de NaOH 3 N, seguindo-se a adição de 1,0 mL de glicina 1%, 0,5 mL de nitroprussiato de sódio 0,8% e acidificação do meio com 1,0 mL de solução de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 8 N. Após a mistura, a reação colorimétrica foi lida em espectrofotômetro da marca Incibrás em comprimento de onda de 510 nm. Efetuou-se um "branco" da reação, usando 5 mL de água destilada em lugar da amostra.

Construiu-se, ainda, uma curva padrão utilizando-se a L-metionina em concentrações crescentes.

### 3.2.7- Análise sensorial

#### Equipe de provadores

Os testes foram feitos com uma equipe de 8 a 10 provadores selecionados, conforme foi relatado anteriormente no teste Triangular utilizado para detectar diferenças significativas entre as amostras irradiadas em relação ao feijão controle. Posteriormente, a equipe foi treinada a partir de uma reunião feita com os provadores, onde foram apresentadas amostras de feijões novos,

velhos e de outra variedade (feijão preto). Através de uma discussão "aberta", estabeleceu-se as características a serem avaliadas, assim como os extremos das escalas.

#### Preparação e apresentação das amostras

Para os testes sensoriais, os grãos previamente embebidos por 16 horas em água filtrada foram cozidos durante 13 minutos em panela de pressão. Em seguida, as amostras foram servidas em bequeres de 50 mL, tampados e colocados em bandejas térmicas à 45-50°C durante a realização das provas. As amostras foram oferecidas para os provadores de acordo com o delineamento em blocos incompletos balanceados proposto por Cochran & Cox (13), onde  $t=6$ ,  $k=3$ ,  $r=6$  e  $b=10$ , sendo  $t$ = número de amostras em cada tempo de estocagem,  $k$ = número de amostras por bloco,  $r$ = número de repetições para cada amostra,  $b$ = número de blocos.

#### Testes realizados

Estabeleceu-se que os extremos das escalas mais apropriados para as propriedades aroma e sabor foram "característico" e "não característico", sendo este último empregado para os grãos com aroma e sabor estranhos. Para as propriedades firmeza da casca e do grão foram selecionados os termos "fraco" e "forte" para as extremidades das escalas.

Assim, a caracterização do aroma e sabor foi realizada utilizando-se uma escala não estruturada de nove centímetros (49) ancorada nas extremidades esquerda e direita pelas palavras "não

característico" e "característico", respectivamente. Igualmente, a caracterização da firmeza da casca e do grão foi feita através de uma escala não estruturada de nove centímetros, onde nas extremidades esquerda e direita estavam ancoradas as palavras "fraca" e "forte", respectivamente (Figura 3).

#### Análise estatística

A análise estatística dos dados foi feita obedecendo o delineamento fatorial do experimento e de blocos incompletos balanceados (59). Em seguida, os resultados obtidos pelo teste sensorial foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, utilizando o pacote estatístico, SANEST (Sistema de Análise Estatística), desenvolvido pelo Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba-S.P.

FIGURA 3- MODELO DE FICHA PARA AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS SENSORIAIS UTILIZANDO ESCALA NÃO ESTRUTURADA

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Por favor, prove a amostra e em seguida faça um traço vertical na linha horizontal no ponto que melhor avalie cada atributo sensorial especificado:

1- AROMA

\_\_\_\_\_ Não Característico |-----| Característico

2- SABOR

\_\_\_\_\_ Não Característico |-----| Característico

3- TEXTURA

a- firmeza da casca

\_\_\_\_\_ Fraca |-----| Forte

b- firmeza do grão

\_\_\_\_\_ Fraca |-----| Forte

Comentários: No caso da amostra apresentar algum sabor estranho (químico, cru, queimado, caruncho, ranço, outros), procure identificá-lo:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1- Etapa de pré-estocagem

##### 4.1.1- Tratamento por radiação gama

No Quadro 1 encontram-se os valores de tempo de cozimento e capacidade de absorção de água dos grãos irradiados e não irradiados.

A capacidade de absorção de água aumentou à medida que as doses de radiação se elevaram. O feijão com a dose de 5,0 KGy apresentou uma capacidade de absorção de água igual a 111,3 gramas de água absorvida por 100 gramas de amostra, enquanto a amostra de feijão não irradiado obteve um valor para o mesmo parâmetro igual a 100,6 gramas de água absorvida por 100 gramas de amostra. Em um estudo feito anteriormente, observou-se, também um aumento da absorção de água em grãos de algumas espécies de leguminosas (*Phaseolus aureus*, *Vicia faba*, *Lens esculenta* e *Cicer arietinum*) irradiadas submetidas uma dose de radiação gama igual a 10 KGy (61). Neste trabalho, a taxa de aumento de absorção de água variou entre 5 a 27% entre as amostras. Em nosso caso houve um aumento da ordem de 11% nos feijões irradiados com dose igual a 5 KGy.

Com relação ao tempo de cozimento, verificou-se que o aumento gradual da radiação causou uma diminuição progressiva deste parâmetro. Os feijões com taxas de doses de 1,0 KGy e 2,0 KGy

QUADRO 1- TEMPO DE COZIMENTO E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (C. A. A) EM FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H. , NÃO IRRADIADOS E COM VÁRIAS DOSES DE RADIAÇÃO GAMA.

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE COZIMENTO (MINUTOS)	C. A. A. (g/100g grão)
0 KGy <sup>a</sup>	44	100,6
1 KGy	22	102,4
2 KGy	17	105,5
3 KGy	15	104,3
4 KGy	13	109,4
5 KGy	10	111,3

<sup>a</sup>- doses de radiação gama

apresentaram uma redução em cerca de 50% no tempo de cocção em relação ao feijão não irradiado. O tempo de cozimento do feijão com dose de 5,0 KGy foi de 10 minutos, enquanto o valor para o feijão não tratado chegou a 44 minutos. Estes resultados foram observados anteriormente por alguns autores (10;55;61), onde a redução do tempo de cozimento foi inversamente proporcional ao aumento das doses de radiação gama.

Com a finalidade de observar-se que nível de radiação poderia afetar as propriedades organolépticas do feijão, foi elaborado um teste para detecção de diferença entre as amostras. Pelos resultados do teste, verificou-se que os provadores começaram a detectar diferença entre as amostras irradiadas e não irradiadas em relação aos descritores organolépticos à partir de doses superiores a 2,0 KGy. Conforme mostra o Quadro 2, a radiação gama causou modificações no aroma, sabor e textura nas amostras com doses de 3,0 e 5,0 KGy ( $p < 0,05$ ) e 10,0 KGy ( $p < 0,01$ ) quando comparadas com a amostra controle (sem tratamento). Rao & Vakil (61), observaram um aumento do aparecimento de sabor e aroma não característico a medida que aumentava a dose de radiação gama.

Assim, de acordo com os resultados observados, decidiu-se que o melhor pré-tratamento a ser empregado seria submetendo os feijões a uma dose de radiação gama igual a 2 KGy. Pela análise sensorial feita com o teste Triangular, os grãos tratados com esta dose de radiação não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos feijões não tratados (controle) no que se



refere as propriedades organolépticas e além disso, este tratamento promoveu a redução em cerca de 50 % no tempo de cozimento dos feijões normais (sem tratamento). Os outras doses também causaram uma redução no tempo de cocção, porém promoveram alterações nas propriedades sensoriais dos grãos.

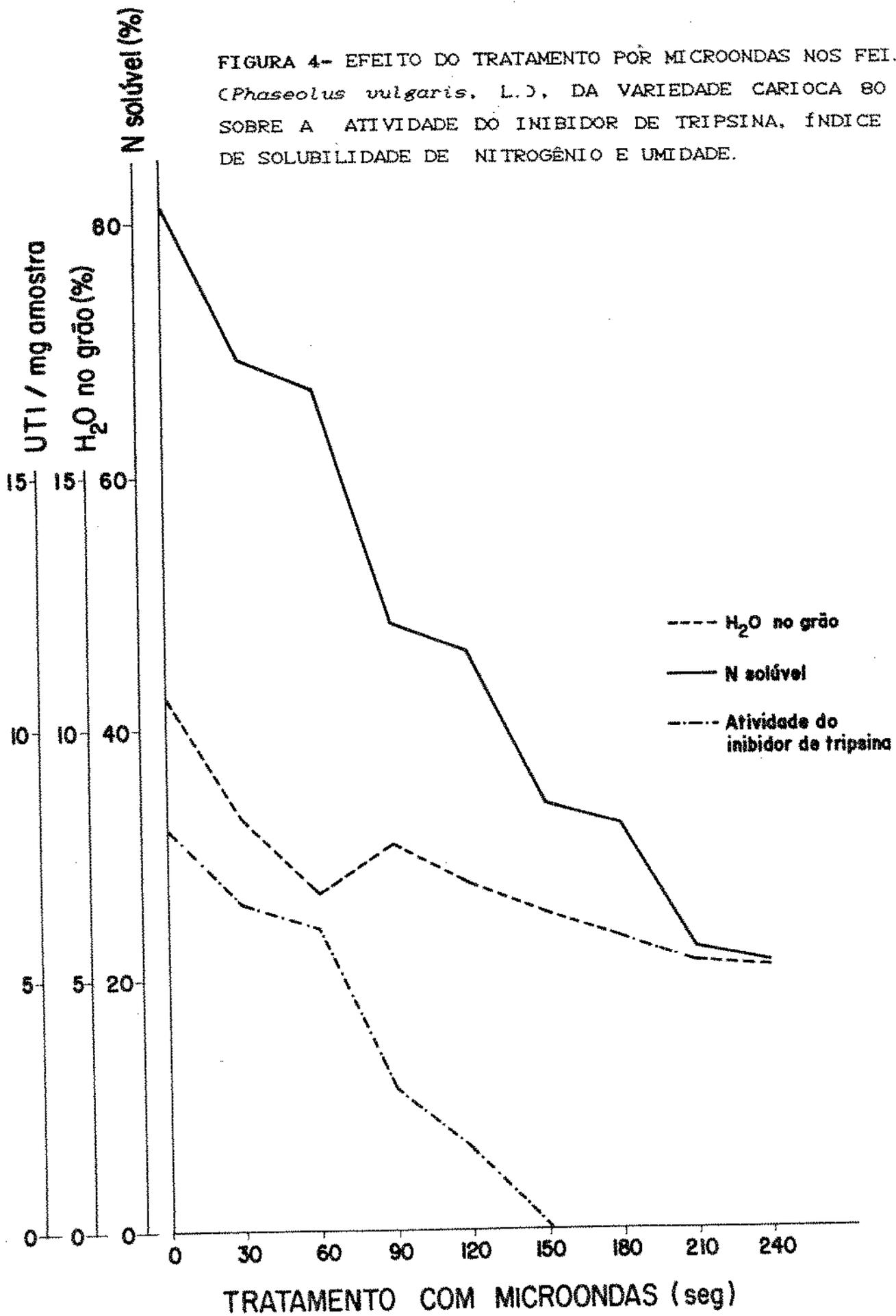
#### 4.1.2- Tratamento por microondas

Na figura 4 observa-se o efeito do tratamento por microondas sobre a atividade de inibidor de tripsina, o índice de solubilidade de nitrogênio e a umidade do feijão Carioca 80 S.H.

Todos estes parâmetros sofreram uma redução gradativa dos seus valores com o aumento do tempo de exposição à microondas. A atividade de inibidor de tripsina não foi detectada no feijão após o tratamento térmico por um período de 150 segundos. O teor de umidade do feijão controle (sem tratamento) foi de 10,74%, enquanto o feijão submetido à microondas durante 240 segundos teve um teor igual a 5,28%. Já, o valor do índice de nitrogênio solúvel do feijão tratado térmicamente por microondas por 240 segundos apresentou uma redução da ordem de 75% em relação ao valor inicial (feijão controle).

Esaka *et alii* (16) submetendo grãos de soja a radiação por microondas a um intervalo de tempo que variou de 0 a 4 minutos, não detectaram atividade do inibidor de tripsina nos grãos expostos à ação do microondas durante 210 segundos (3,5 minutos).

FIGURA 4- EFEITO DO TRATAMENTO POR MICROONDAS NOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., SOBRE A ATIVIDADE DO INIBIDOR DE TRIPSINA, ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE NITROGÊNIO E UMIDADE.



O efeito do tratamento por microondas nos grãos de feijão sobre o seu tempo de cozimento e na capacidade de absorção de água é demonstrado na figura 5.

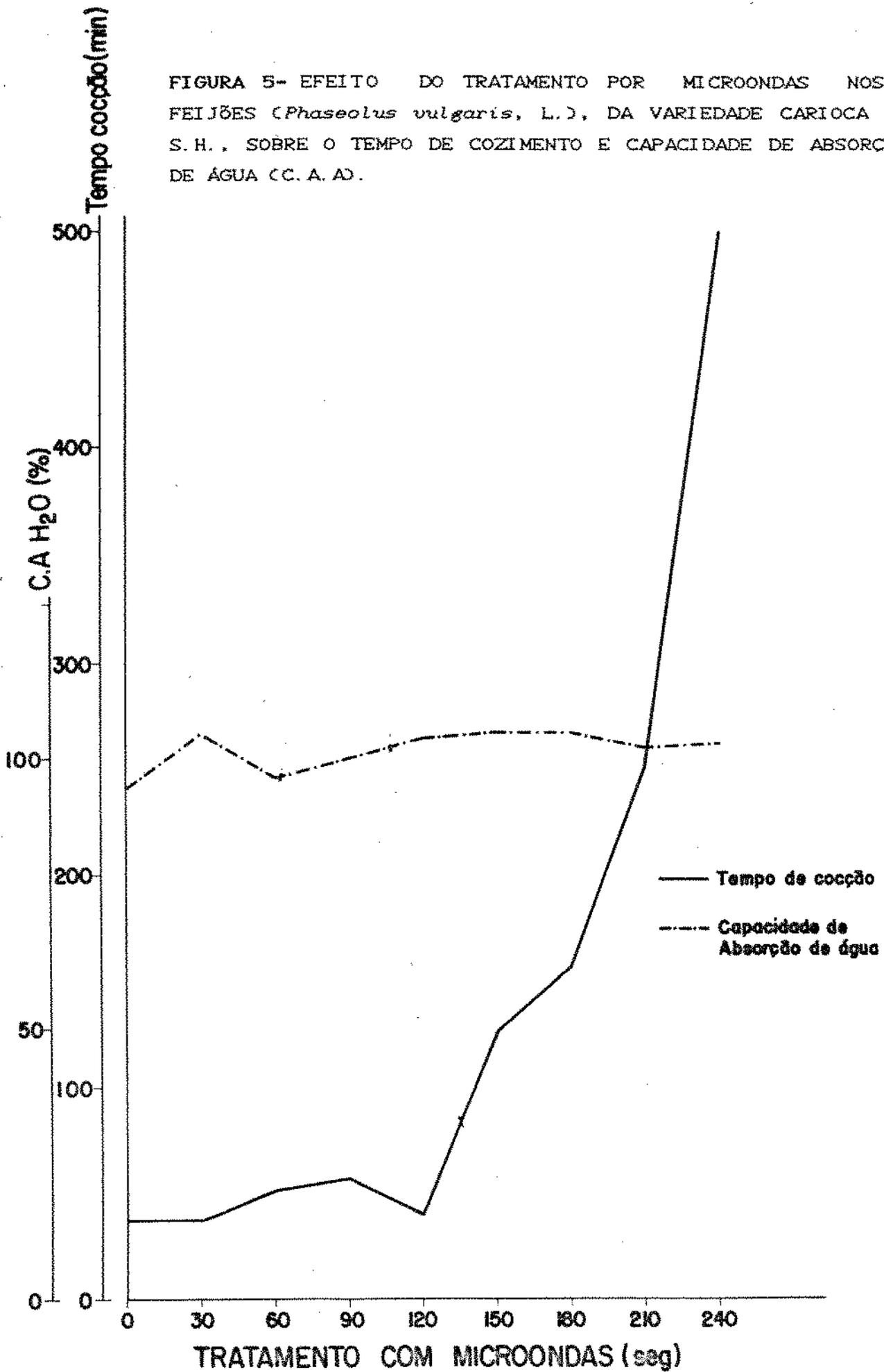
O aquecimento gerado por microondas não causou mudanças na capacidade de absorção de água dos feijões. Os valores encontrados para os feijões tratados foram similares aos do feijão controle. Porém, os feijões submetidos ao tratamento por microondas por um período superior a 120 segundos, apresentaram uma elevação do seu tempo de cozimento. No intervalo de 0 a 120 segundos, houve uma variação discreta dos valores de tempo de cocção entre as amostras, sendo que os grãos expostos à microondas durante 120 segundos apresentou um tempo de cozimento semelhante aos grãos não tratados.

O Quadro 3 mostra os níveis de atividade da peroxidase dos feijões tratados por microondas e do feijão controle (sem tratamento).

Verifica-se pelos resultados que a atividade da peroxidase, praticamente, dobra quando os grãos são submetidos ao aquecimento por microondas durante 30 segundos. Todavia, com tempo de exposição superior a este, notou-se um declínio gradual da atividade desta enzima, até a sua inativação quando o tempo de aquecimento por microondas foi superior à 90 segundos.

Esaka et alii (17) não detectaram atividade da

FIGURA 5- EFEITO DO TRATAMENTO POR MICROONDAS NOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., SOBRE O TEMPO DE COZIMENTO E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (C.A.A.D.).



QUADRO 3- NÍVEIS DE ATIVIDADE DA PEROXIDASE EM FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H. , NORMAIS (CONTROLE) E SUBMETIDOS AO AQUECIMENTO POR MICROONDAS.

AMOSTRAS (FEIJÕES)	ATIVIDADE DA PEROXIDASE (UNID. / MIN. / ML EXTRATO)
CONTROLE	14,67
30 SEG. <sup>a</sup>	30,00
60 SEG.	9,80
90 SEG.	N. D.

→ <sup>a</sup> - tempos de aquecimento no microondas

→ N. D. - não detectado

lipoxigenase em feijões "alados" quando estes foram submetidos ao tratamento térmico por microondas durante 3 minutos. Os mesmos autores não observaram atividade desta enzima em grãos de soja expostos ao aquecimento por microondas durante 2,5 minutos (16). O tempo necessário para a inativação da enzima foi superior ao observado em nosso estudo, provavelmente devido a diferenças de operação do aparelho e entre as enzimas.

A exposição ao aquecimento por microondas durante 2 minutos foi considerado o melhor pré-tratamento, basendo-se, principalmente, nos resultados de tempo de cocção e de atividade da peroxidase. Os feijões submetidos ao aquecimento por microondas durante este período de tempo, não apresentaram atividade da enzima peroxidase e o seu tempo de cozimento foi semelhante ao grão não tratado. Segundo diversos autores (29;59;63;77;78) a enzima peroxidase deve estar envolvida no fenômeno de endurecimento dos grãos de leguminosas durante a estocagem.

#### 4.2- Etapa de estocagem

##### 4.2.1- Alterações físicas, bioquímicas e químicas

###### Umidade

O efeito do tempo e das condições de estocagem sobre os teores de umidade dos feijões da variedade Carioca 80 S.H., normais (controle), e tratados com radiação gama e com microondas, podem ser observados no Quadro 4.

QUADRO 4- TEOR DE UMIDADE<sup>a</sup> DOS FEIJÕES ( *Phaseolus vulgaris*, L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (CONTROLE), TRATADOS COM A RADIAÇÃO GAMA E COM MICROONDAS, SOB DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE 0, 2, 4 E 6 MÊSES.

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)			
	0	2	4	6
FC1	9,75 ± 0,21 <sup>b</sup>	8,21 ± 0,14	8,93 ± 0,16	8,09 ± 0,30
FI2	9,67 ± 0,24	7,82 ± 0,14	7,38 ± 0,17	8,00 ± 0,23
FM3	7,78 ± 0,24	7,46 ± 0,09	7,62 ± 0,10	7,76 ± 0,26
FC4	9,75 ± 0,21	10,12 ± 0,29	12,85 ± 0,35	13,09 ± 0,14
FI5	9,67 ± 0,24	10,29 ± 0,11	12,25 ± 0,26	14,37 ± 0,23
FM6	7,78 ± 0,24	11,08 ± 0,24	11,40 ± 0,26	13,71 ± 0,09

→ FC1-controle estocado em geladeira  
 FI2-irradiado estocado em geladeira  
 FM3-microonda estocado em geladeira  
 FC4-controle estocado à 30°C/75% U.R.  
 FI5-irradiado estocado à 30°C/75% U.R.  
 FM6-microonda estocado à 30°C/75% U.R.

→ a-em porcentagem (%)  
 b-média ± desvio padrão

Os valores de umidade encontrados para os feijões, antes da etapa de estocagem, variaram entre 7,78 a 9,75%. O menor teor de umidade foi observado no feijão submetido ao tratamento por microondas (7,78%), provavelmente devido a ação deste tratamento térmico que provocou uma pequena perda de água por parte dos grãos.

No período de estocagem, observou-se que os feijões armazenados em geladeira, principalmente as amostras controle e irradiadas, apresentaram uma redução nos teores de umidade em relação aos grãos não estocados. Na condição de alta temperatura e umidade relativa do ar, houve um aumento dos teores de umidade dos grãos, apresentando valores, após 6 meses de estocagem, para os feijões controle, tratados com a radiação gama e com microondas, respectivamente de 13,08, 14,37 e 13,71%.

A umidade pode influenciar na conservação das qualidades culinárias dos feijões, principalmente, em relação a textura (9;50). Burr et alii (9) trabalhando com feijões "Lima" (*Phaseolus lunatus*) e algumas variedades da espécie *Phaseolus vulgaris* observaram, através de medidas objetivas, um aumento de tempo de cozimento dos grãos com maiores teores de umidade em grãos estocados sob diversas temperaturas. Este fenômeno foi confirmado em nosso trabalho, onde verificou-se que feijões com maior teor de umidade, os quais estavam estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar, apresentaram uma elevação no seu tempo de cozimento.

Paredes-Lopez *et alii* (57), reportaram um aumento dos teores de umidade de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L) estocados à 40°C/80% U.R. durante 135 dias, assim como dos valores de atividade de água (av), em relação aos grãos não submetidos ao armazenamento.

A atividade da água é um parâmetro físico-químico de grande importância no desenvolvimento das reações químicas. Um aumento de sua atividade pode acelerar a atividade enzimática e de outras alterações físicas e/ou químicas capazes de promover a deterioração das qualidades organolépticas dos grãos (28).

#### Tempo de cozimento

O Quadro 5, mostra o efeito do tempo e das condições de estocagem sobre o tempo de cozimento dos feijões (*Phaseolus vulgaris*, L), variedade Carioca 80 S.H., sem tratamento (controle), tratados com radiação gama e com microondas.

Os valores de tempo de cozimento dos feijões controle, tratados com radiação gama e com microondas, antes do período de estocagem, foram de 47, 17 e 63 minutos, respectivamente. O feijão submetido ao aquecimento por microondas apresentou uma elevação no seu tempo de cozimento, provavelmente devido a alguma alteração de ordem física e/ou química nos grãos as quais não foram detectadas neste trabalho. Ao contrário, o emprego da radiação gama causou uma redução de mais de 50% do tempo de cocção em relação aos grãos originais (controle). Segundo alguns autores (54; 55; 61), esta redução

QUADRO 5- EFEITO DO TEMPO E DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE O TEMPO DE COZIMENTO<sup>a</sup> DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H. NORMAIS (CONTROLE), TRATADOS COM A RADIAÇÃO GAMA E COM MICROONDAS.

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)			
	0	2	4	6
FC1	47	46	42	41
FI2	17	16	18	17
FM3	63	49	45	46
FC4	47	65	233	292
FI5	17	56	128	165
FM6	63	122	224	412

→ FC1-controle estocado em geladeira      → a- em minutos  
 FI2-irradiado estocado em geladeira  
 FM3-microonda estocado em geladeira  
 FC4-controle estocado à 30°C/75% U.R.  
 FI5-irradiado estocado à 30°C/75% U.R.  
 FM6-microonda estocado à 30°C/75% U.R.

ocorre, principalmente, devido a algumas transformações estruturais do amido, das substâncias pécnicas e/ou proteínas na laméla média dos grãos, provocadas pelas radiações ionizantes.

Durante o período de estocagem, o tempo de cozimento dos feijões armazenados em geladeira permaneceram, praticamente, constante para os grãos normais (controle) e tratados com radiação gama, enquanto que os feijões tratados com microondas apresentaram uma redução no seu tempo de cocção durante a estocagem.

A estocagem dos grãos à 30°C/75% U.R., promoveu um aumento do tempo de cozimento para todas as amostras quando comparadas aos mesmos grãos não estocados. Os valores de tempo de cozimento encontrados, após 6 meses de armazenamento, foram de 292, 165 e 412 minutos para os feijões controle, tratados com radiação gama e com microondas, respectivamente.

Os valores de tempo de cocção dos feijões irradiados antes e durante estocagem foram sempre inferiores em relação as demais amostras. Este fato aliado aos resultados da análise sensorial, onde os grãos irradiados não sofreram alterações significativas nas qualidades organolépticas, indicam a radiação gama como um possível pré-tratamento para uma melhor conservação do feijão.

A maior ou menor aceitabilidade dos grãos de leguminosas está associado, principalmente, com o tempo de cozimento necessário

para se atingir a textura apropriada para o consumo. Entre os fatores capazes de influenciar este parâmetro físico, destacam-se: as condições de armazenamento dos grãos. Conforme foi observado neste trabalho, assim como outras pesquisas já feitas (05;09;32;51;82), a estocagem em elevadas temperaturas e umidade relativa do ar causa um aumento do tempo de cocção, pelo endurecimento do grão. O armazenamento nestas condições promovem alterações de ordem estrutural e/ou bioquímicas as quais favorecem o aparecimento de grãos duros (28;29;32;51;64;82).

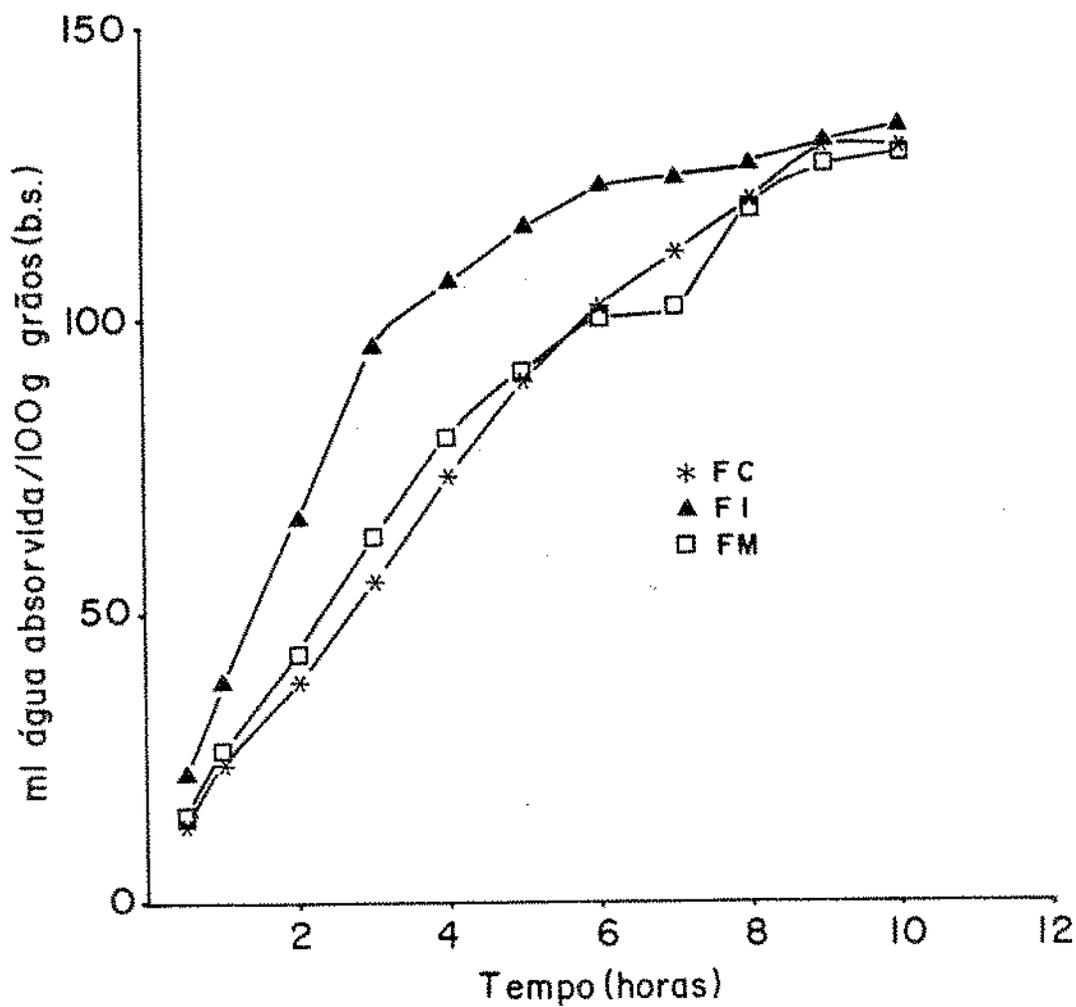
Em nosso estudo, a estocagem em temperatura de refrigeração, causou mudanças mínimas no tempo de cozimento dos grãos. Da mesma maneira, alguns pesquisadores, utilizando-se de medidas objetivas, observaram que o tempo de cocção dos feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) permaneceu praticamente constante em condições de temperatura similares à de refrigeração (09;50;51).

#### Velocidade de hidratação dos grãos

A figura 6 mostra a curva de velocidade de hidratação dos feijões normais (fc), tratados com a radiação gama (fi) e com o microondas (fm) antes do período de estocagem.

O feijão irradiado foi que apresentou a maior velocidade de hidratação entre as amostras até o período de 6 horas de embebição. As outras duas amostras tiveram um comportamento similar em relação a velocidade de hidratação no decorrer do experimento, sendo que após 10 horas de hidratação, os valores de volume de água

FIGURA 6- CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIÓCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), ANTES DA ESTOCAGEM.



absorvida destas amostras foram semelhantes ao do feijão irradiado.

A curva de velocidade de hidratação dos feijões normais (fc), tratados com radiação gama (fi) e com microondas (fm) estocados nas duas condições utilizadas durante 2, 4 e 6 meses, é apresentado nas figuras 7, 8 e 9, respectivamente.

Os feijões estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar apresentaram, principalmente nas primeiras 5 horas de hidratação, uma absorção mais rápida em comparação aos grãos armazenados em geladeira durante todo o período de estocagem.

Já, analisando dentro das duas condições de estocagem utilizadas neste estudo, as curvas de hidratação tiveram, de uma maneira geral, comportamento semelhante com pequenas diferenças em alguns casos.

Na estocagem em geladeira por um período de 4 e 6 meses, os feijões submetidos ao tratamento por microondas obtiveram valores de absorção de água após 10 horas de embebição inferiores as demais amostras armazenadas nas mesmas condições.

As curvas de velocidade de hidratação dos feijões estocados à 30°C/75% U.R. durante 4 e 6 meses foram semelhantes aos grãos não estocados. Já os grãos estocados na mesma condição durante 2 meses apresentaram uma maior velocidade na etapa inicial de hidratação e uma menor absorção de água após 10 horas de embebição em

FIGURA 7- CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIACÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 2 MÊSES.

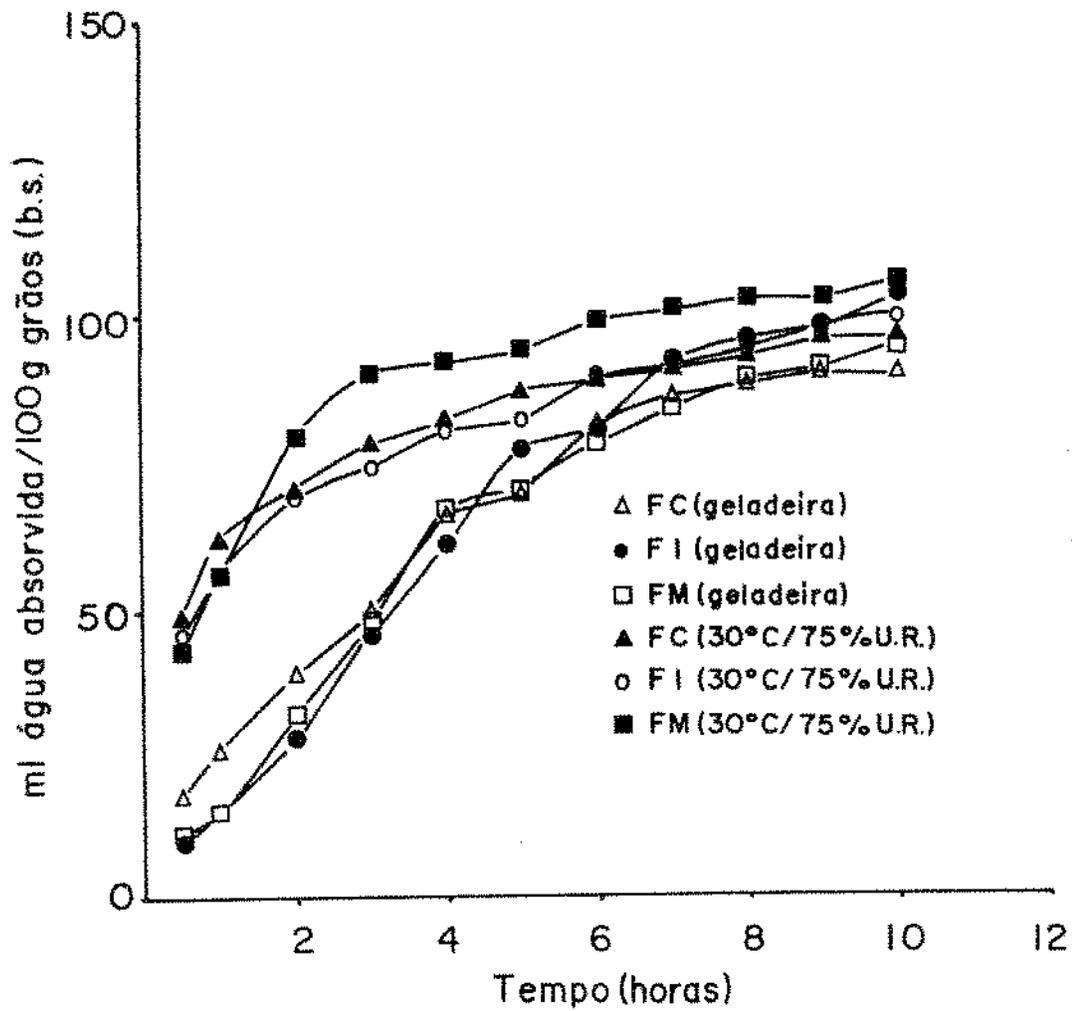


FIGURA 8- CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 4 MÊSES.

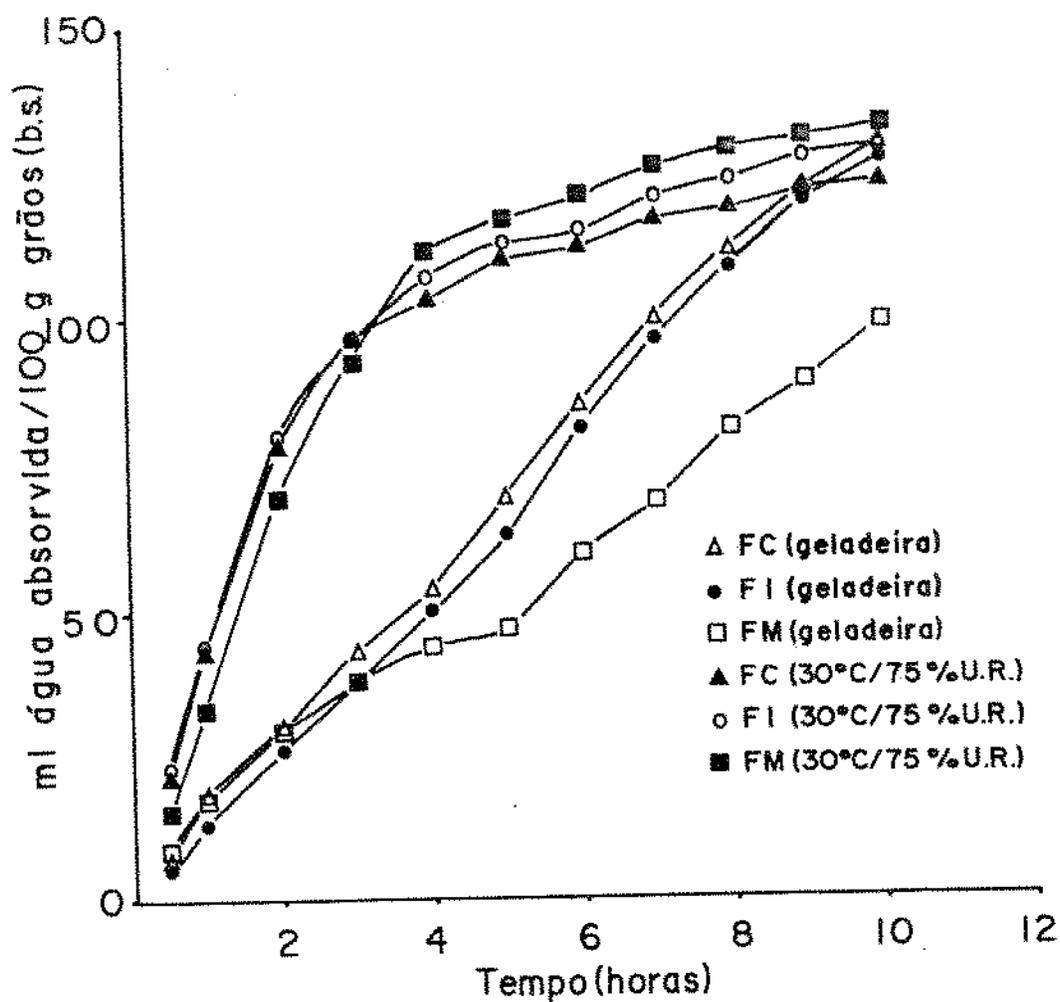
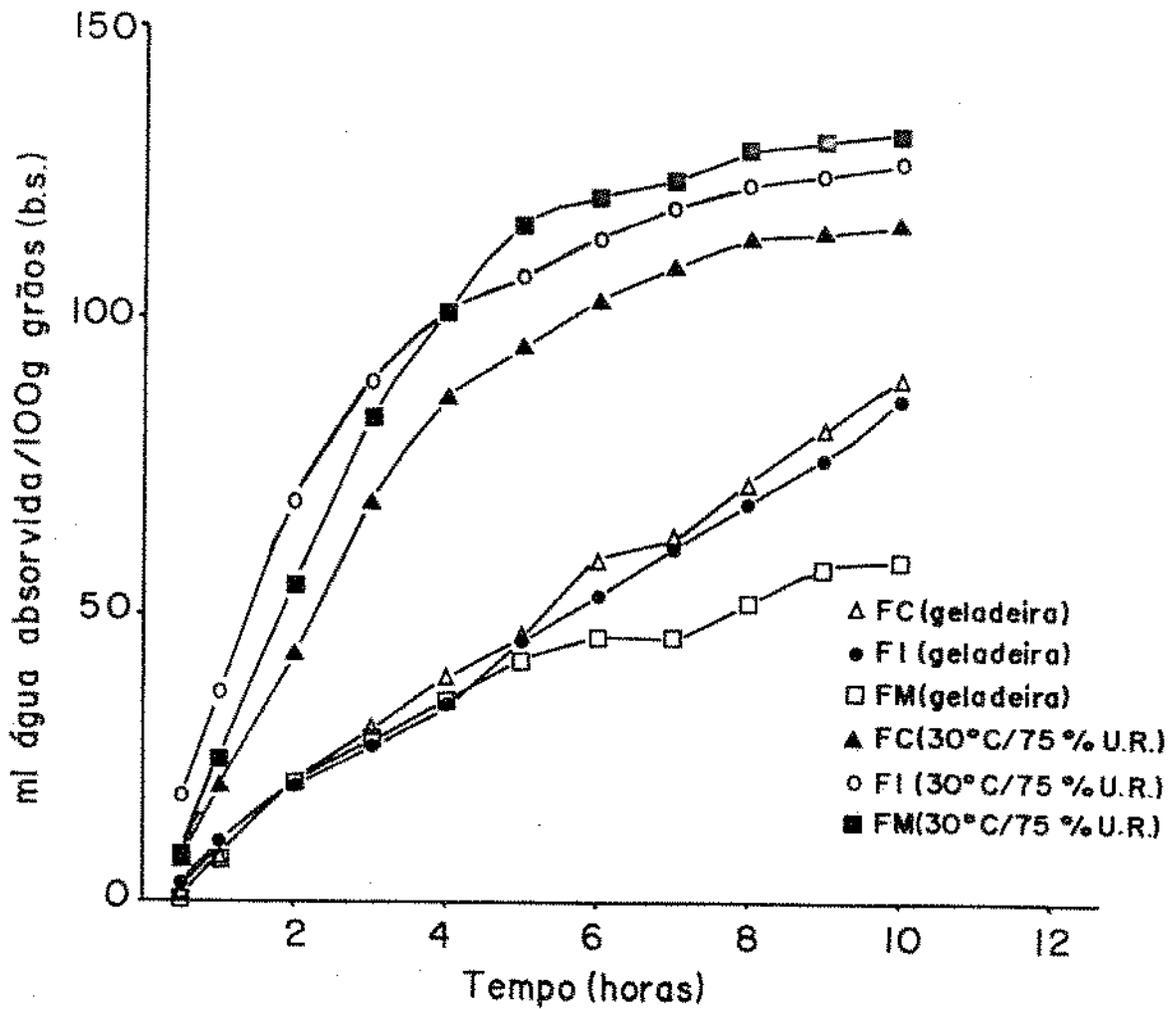


FIGURA 9- CURVA DA VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NORMAIS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 6 MÊSES.



água quando comparados aos feijões não armazenados.

A estocagem em geladeira causou uma redução da velocidade de hidratação dos grãos estudados. Este resultado também foi obtido por Hincks & Stanley (28), que atribuem o fato ao menor teor de umidade e um aumento de gases absorvidos pelos grãos armazenados em condições semelhantes aos empregados neste experimento. Estes gases promovem a formação de uma "contra-pressão" a qual funcionaria como um mecanismo de resistência a absorção de água por estas amostras.

O emprêgo dos tratamentos escolhidos para este experimento parece não ter provocado alterações significativas na velocidade de hidratação dos grãos. Utilizando determinados tipos de tratamento antes do período de estocagem, alguns autores também não observaram modificações na velocidade de hidratação de feijões tratados em relação aos grãos normais (17;28;59).

Embora Sefa-Dedeh *et alii* (68) tenham encontrado uma correlação significativa entre a textura de grãos de leguminosas e a absorção de água pelos mesmos, neste experimento, assim como em outras pesquisas reportadas na literatura (05;51;60), os resultados parecem indicar não haver uma correlação entre estas duas variáveis.

#### Fitato

Muitos pesquisadores tem associado a redução dos níveis de fitato em leguminosas com o fenômeno de endurecimento dos grãos estocados em condições de temperatura e umidade relativa do ar

elevadas (02;28;32;39;81). A importância deste componente no desenvolvimento do fenômeno, se baseia no fato de que ela atuaria como um quelante natural de íons divalentes, como o cálcio e magnésio, evitando que estes cátions se associem com as pectinas formando complexos insolúveis, causando o enrijecimento da lamela média e por conseguinte, o endurecimento do grão.

O Quadro 6 apresenta os teores de fitato dos feijões da variedade Carioca 80 S.H., não tratados (controle), tratados com radiação gama e com microondas e estocados sob duas condições durante 2, 4 e 6 meses.

Antes da estocagem, os teores de fitato dos feijões controle, tratados com radiação gama e com microondas foram, respectivamente, de 0,97, 1,05 e 1,08% em base seca. Lolas & Markakis (42), trabalhando com diversas variedades de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L), encontraram valores semelhantes para esta substância (0,54-1,58% em base seca).

Durante a etapa de estocagem, houve uma redução das concentrações de fitato nos grãos para as duas condições empregadas no experimento. A diminuição deste componente foi mais acentuada nos grãos estocados à 30°C/75% U.R. durante 6 meses, sendo que os feijões controle e irradiado apresentaram uma redução da ordem de 50% e o feijão submetido à microonda em cerca de 40% em relação as mesmas amostras não armazenadas. Já para o mesmo período, a redução dos níveis de fitato dos feijões controle, irradiado e microonda

QUADRO 6- TEOR DE FITATO<sup>a</sup> EM GRÃOS DE FEIJÃO NORMAIS (CONTROLE), TRATADOS COM A RADIAÇÃO GAMA E COM O MICROONDAS, DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., ESTOCADOS SOB DUAS CONDIÇÕES DURANTE 0, 2, 4 E 6 MÊSES.

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (mês(es))			
	0	2	4	6
FC1	0,97 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,77 ± 0,01	0,81 ± 0,02	0,77 ± 0,02
FI2	1,05 ± 0,02	0,74 ± 0,02	0,70 ± 0,01	0,85 ± 0,01
FM3	1,08 ± 0,01	0,85 ± 0,01	0,74 ± 0,02	0,75 ± 0,01
FC4	0,97 ± 0,02	0,88 ± 0,01	0,85 ± 0,01	0,49 ± 0,02
FI5	1,05 ± 0,02	0,96 ± 0,03	0,63 ± 0,01	0,53 ± 0,02
FM6	1,08 ± 0,01	0,93 ± 0,01	0,73 ± 0,01	0,66 ± 0,01

→ FC1 - controle estocado em geladeira

FI2 - irradiado estocado em geladeira

FM3 - microonda estocado em geladeira

FC4 - controle estocado à 30°C/75% U.R.

FI5 - irradiado estocado à 30°C/75% U.R.

FM6 - microonda estocado à 30°C/75% U.R.

→ a-% em base seca

b-média ± desvio padrão

estocados em geladeira foram menores, sendo, respectivamente de 21, 19 e 31%.

Embora as amostras armazenadas nas duas condições estudadas tivessem as suas concentrações de fitato reduzidas em relação aos grãos não estocados, o comportamento deste fenômeno foi distinto entre elas durante a estocagem. As amostras armazenadas em geladeira apresentaram uma redução brusca dos seus teores de fitato depois de 2 meses, permanecendo, praticamente, constante após este período. Já as amostras estocadas à 30°C/75% U.R a diminuição das concentrações de fitato dos feijões foi gradual a medida que aumentava o tempo de armazenamento.

Resultados semelhantes, com relação a influência das condições de estocagem sobre os teores de fitato, foram reportados por Hincks & Stanley (28). Os autores observaram que feijões estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar (30°C/80% U.R) apresentaram um maior grau de degradação de fitato do que os grãos armazenados a uma temperatura de 15°C.

Da mesma forma, Kon & Sanshuck (39) verificaram que a estocagem de feijões brancos (*Phaseolus vulgaris*, L), provenientes do estado da Califórnia, a uma temperatura de 32°C durante 10 meses, provocou uma redução em cerca de 60% dos valores de fitato em relação aos grãos não armazenados.

A redução do teor de fitato dos grãos estocados em altas

temperaturas e umidade relativa do ar está associado com aumento da ação hidrolítica da fitase, capaz de romper a ligação entre o grupo ortofosfato e a molécula de inositol (32;82). Durante o processo de hidrólise do fitato, há uma liberação dos íons cálcio e/ou magnésio, normalmente ligados ao fitato, e estes cátions se associam com grupos carboxilas livres da molécula de pectina, desmetilados pela ação da pectinesterase, formando um complexo insolúvel (pectato de cálcio ou magnésio) capaz de promover o enrijecimento da lamela média do cotilédone.

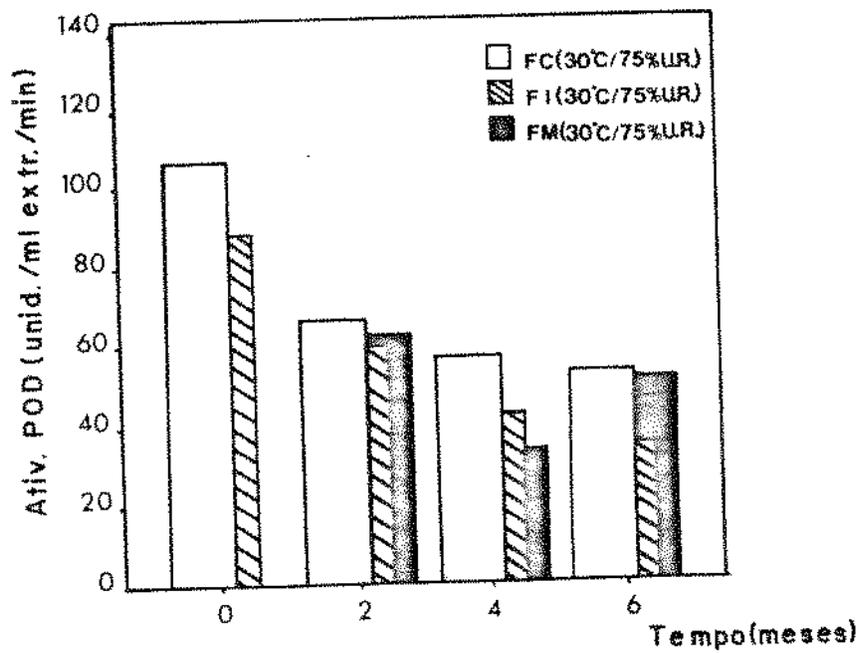
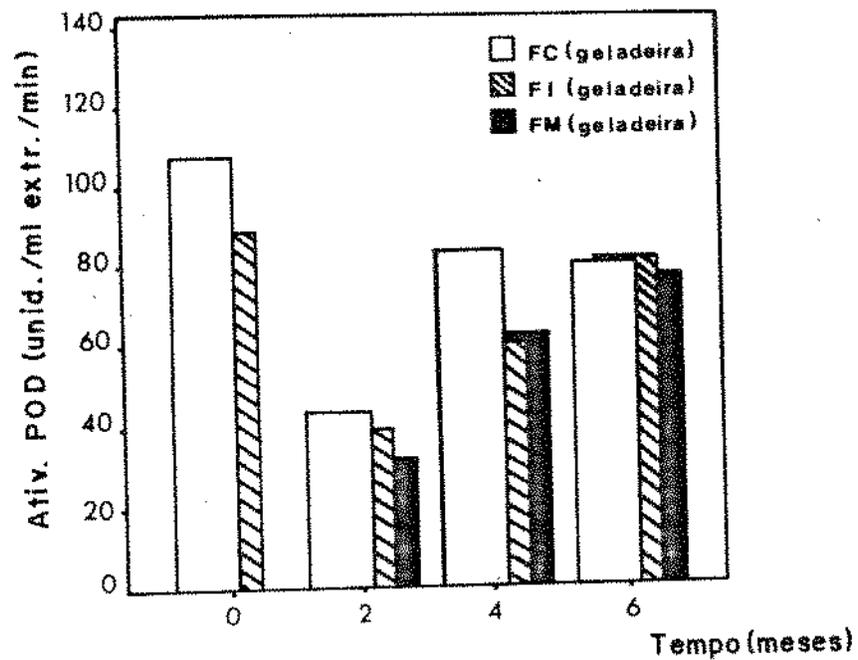
No início de nosso trabalho, procuramos utilizar a determinação da atividade destas enzimas como um dos parâmetros capazes de estabelecer qual o melhor pré-tratamento (microondas) a ser empregado antes da estocagem dos grãos. Porém, não foi possível utilizá-las para este objetivo, devido a dificuldades encontradas neste trabalho de determinar a atividade destas enzimas nos feijões, optando-se por uma outra enzima envolvida no processo de endurecimento, a peroxidase.

#### **Atividade de peroxidase**

A figura 10 mostra a atividade de peroxidase dos grãos de feijão da variedade Carioca 80 S.H., não tratados (fc), tratados com radiação gama (fi) e com microondas (fm) e estocados sob duas condições por um período de 0, 2, 4 e 6 meses.

A atividade de peroxidase não foi observada em feijões tratados com microondas que não foram submetidos à estocagem. Os

FIGURA 10- ATIVIDADE DA PEROXIDASE DOS FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L.), DA VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., NÃO TRATADOS (FC), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA (FI) E COM MICROONDAS (FM), SOB DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM, DURANTE 0, 2, 4 E 6 MÊSES.



grãos de feijão não tratado e irradiado, antes do armazenamento, apresentaram valores de atividade de peroxidase iguais a 105 e 87 unidades/ mL.ext./min., respectivamente. Estes valores, com exceção do feijão tratado com microondas, foram superiores aos encontrados pelas amostras estocadas.

Durante a estocagem em geladeira dos feijões irradiados e tratados com microondas, verificou-se uma tendência de aumento da atividade de peroxidase nestas amostras. Para a outra condição utilizada (30°C/75% U.R), foi observada uma redução gradativa da atividade dos grãos irradiados à medida que aumentava o tempo de armazenamento.

Ficou evidenciado, também, no experimento que até 2 meses de estocagem, os valores de atividade de peroxidase foi maior para amostras estocadas à 30°C/75% U.R. do que as amostras armazenadas em geladeira. Após este período, as amostras estocadas em geladeira apresentaram níveis maiores de atividade de peroxidase.

Utilizando feijões que foram submetidos a diversos tipos de pré-tratamentos, Plhak *et alii* (59), observou uma maior redução da atividade de peroxidase dos grãos estocados em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevada em comparação as amostras armazenadas à 15°C/30% U.R. Estes resultados foram confirmados por um estudo mais pormenorizado sobre a influência de pré-tratamentos e da condição de estocagem sobre a atividade desta enzima (63).

É interessante notar, também, que embora, inicialmente, o tratamento com microondas tenha provocado a inativação da enzima, a estocagem dos grãos tratados permitiu a regeneração de sua atividade. Vamos-Vigayzo (80) ressalta em seu trabalho de revisão que alguns fatores, como a duração e a temperatura do tratamento térmico e as condições de estocagem do produto, pode influir no processo de regeneração da atividade da peroxidase. Porém, entre estes fatores, o que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento deste processo é a duração do tratamento térmico; a exposição do produto em temperaturas elevadas por pequenos intervalos de tempo pode causar uma inativação mais rápida da enzima, assim como promover de maneira mais efetiva a sua reativação.

Alguns autores admitem que a peroxidase participe do fenômeno de endurecimento do grão através da sua ação catalizadora no processo de lignificação dos cotilédones (29;78) e/ou na formação de complexos entre ácidos fenólicos com pectinas na lamela média (77).

Todavia a partir dos resultados encontrados neste experimento não se pode, ainda, estabelecer que a determinação da atividade desta enzima seja um bom parâmetro para se avaliar o desenvolvimento deste fenômeno em feijões.

#### Metionina potencialmente biodisponível

O baixo valor nutritivo da proteína dos feijões (*Phaseolus vulgaris*, L) pode ser atribuído, principalmente, à sua

reduzida digestibilidade e disponibilidade biológica de seu aminoácido limitante, a metionina (15;18;69).

O efeito do tempo e das condições de estocagem sobre os teores de metionina de feijões da variedade Carioca 80 S.H. normais (controle), tratados com radiação gama e com microondas, podem ser observados no Quadro 7.

Os resultados das amostras antes da etapa de estocagem demonstram que os valores de metionina dos grãos tratados foram um pouco superiores ao do feijão controle (não tratado). Os tratamentos empregados neste experimento afetaram a capacidade de liberação deste aminoácido durante a hidrólise enzimática "in vitro". Nene *et alii* (54) observaram um aumento da digestibilidade "in vitro" da proteína da leguminosa "red gram" (*Cajanus cajan*) irradiadas. Os autores atribuíram o fato a uma maior susceptibilidade das proteínas irradiadas à ação das enzimas proteolíticas.

Os teores de metionina encontrados neste estudo para os grãos não armazenados, variaram entre 0,87 e 1,00 g/16gN, não diferiram em muito dos observados na literatura (15;31). Oliveira *et alii* (56) trabalhando com a mesma variedade de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) reportaram um teor de metionina para a farinha integral igual a 1,36g/16gN. Este valor é um pouco superior ao obtido neste experimento, porém este fato pode ser devido a algumas diferenças na execução da análise química do aminoácido em relação ao método empregado pelos autores citados.

QUADRO 7- EFEITO DO TEMPO E DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE O TEOR DE METIONINA DE FEIJÕES (*Phaseolus vulgaris*, L) DA VARIEDADE CARIOCA 80 S. H., NORMAIS (CONTROLE), TRATADOS COM RADIAÇÃO GAMA E COM MICRONDAS.

AMOSTRAS (FEIJÕES)	ESTOCAGEM		
	Etapa inicial (carat. inicial) g/16gN	Etapa final (6 meses)	
		Geladeira	30°C/75% U. R.
		g/16gN	g/16gN
CONTROLE	0,87 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,04	0,63 ± 0,05
IRRADIADO	1,00 ± 0,05	0,83 ± 0,04	0,75 ± 0,02
MICROONDA	0,95 ± 0,06	0,69 ± 0,04	0,60 ± 0,02

<sup>a</sup>-média ± desvio padrão

Embora o procedimento utilizado não seja capaz de avaliar efetivamente a disponibilidade biológica da metionina, o valor (0,87) encontrado para o feijão controle (sem tratamento) foi próximo ao determinado através de um ensaio biológico (0,84), onde se mede a metionina biodisponível, para a variedade de feijão Carioca 80 (79).

A estocagem durante 6 meses causou uma redução dos teores de metionina quimicamente disponível em relação aos grãos originais, tanto para as amostras armazenadas em geladeira como para aquelas armazenadas à 30°C/75% U.R., variando de 5-26% para o primeiro caso e de 25-37% para o último. Entre as amostras, o conteúdo de metionina foi mais comprometido nos feijões tratados com microondas e estocados à 30°C/75% U.R., provavelmente, causado pelo excessivo tratamento térmico a que os grãos foram submetidos.

Durigan (14) também observou uma redução da ordem de 30% no teor de metionina biodisponível de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L) da variedade Mulatinho armazenados durante 4 meses em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar. Da mesma forma, Antunes & Sgarbieri (05), estudando o efeito das condições de estocagem sobre feijões da variedade Rosinha 62, verificaram um decréscimo em cerca de 40% da biodisponibilidade da metionina dos grãos estocados a 37°C e 76% de umidade relativa. Estes autores também detectaram uma redução da qualidade nutricional das proteínas dos feijões estocados nas mesmas condições anteriores, e atribuíram o fato a queda da disponibilidade biológica do aminoácido limitante, a metionina.

Silva (74), estudando o efeito do tempo e das condições de estocagem sobre os valores de metionina em algumas variedades de soja, verificou uma redução substancial dos teores deste aminoácido em grãos estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar. Enquanto, as sementes de soja armazenadas em condições semelhantes à de geladeira, apresentaram uma redução menos drástica de seus teores.

Ainda não se estabeleceu efetivamente qual ou quais os fatores responsáveis pela redução mais acentuada dos níveis de metionina em grãos de leguminosas armazenadas em condições semelhantes ao de clima tropical. Todavia, o maior tempo de cozimento, assim como a formação de complexos de ácidos fenólicos com proteínas, podem contribuir na redução dos teores deste aminoácido.

#### 4.2.2- Análise sensorial

##### Sabor

A estocagem em determinadas condições, assim como os tratamentos empregados, causaram mudanças significativas ( $p < 0,05$ ) no sabor do feijão. Já, o tempo de estocagem parece não ter influenciado no sabor desta leguminosa. Os resultados estatísticos da análise sensorial, detectaram, também, a presença de interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores: tempo versus tratamento, tempo versus condições de estocagem e tratamento versus condições de estocagem (Apêndice 1).

A existência de interação pode exprimir uma falta de concordância na avaliação do comportamento de certas amostras para uma mesma condição. Assim, por exemplo, na interação condições versus tempo de estocagem, significa que a tendência de mudança nas médias de sabor para os feijões estocados em geladeira e à 30°C/75% U.R. não foram semelhantes no decorrer da estocagem. Da mesma forma, as amostras com 0, 2, 4 e 6 meses de estocagem apresentaram valores médios de sabor diferentes para as condições de geladeira e à 30°C/75% U.R..

Tendo em vista estes fatos, as médias de sabor foram analisadas separadamente, considerando condição, tempo de estocagem e tratamento.

O Quadro 8 mostra os valores médios de sabor (computados todos os tempos de estocagem), considerando o efeito dos tratamentos para cada condição de estocagem.

Na estocagem em geladeira observa-se, em relação ao atributo sabor, um melhor desempenho do feijão controle quando comparado com as demais amostras. O feijão tratado com microonda foi o que obteve a menor nota entre os provadores, enquanto o feijão irradiado apresentou uma nota intermediária em relação as duas amostras. Já na estocagem à 30°C/75% U.R., as médias de sabor do feijão controle e irradiado não apresentaram diferenças significativas à nível de 5%, porém estas médias foram significativamente superiores à do feijão tratado com o microondas

QUADRO 8- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM).

CONDIÇÃO DE ESTOCAGEM	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
GELADEIRA	CONTROLE	7,24 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,58 <sup>B</sup>
	MICROONDA	5,11 <sup>C</sup>
30°C/75% U.R.	CONTROLE	5,98 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	5,53 <sup>A</sup>
	MICROONDA	2,97 <sup>B</sup>

→ A,B,C-letras iguais para a mesma condição de estocagem, as amostras não diferem significativamente nível de 5%.

(Quadro 8).

No Quadro 9, onde é apresentado os valores médios de sabor considerando o efeito das condições de estocagem sobre os tratamentos, verifica-se que as médias foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) para os feijões estocados em geladeira.

No Quadro 10 é apresentados os valores médios de sabor (computadas as duas condições de estocagem), considerando o efeito dos tratamentos durante o tempo de estocagem.

As notas atribuídas pelos provadores antes do armazenamento, demonstram que o feijão controle apresentou um melhor desempenho em relação as demais amostras para o atributo sabor ( $p < 0,05$ ). A amostra tratada com microondas foi a que obteve uma média significativamente menor em relação as demais amostras ( $p < 0,05$ ), provavelmente, pelo aparecimento de "sabor de queimado" identificado por alguns provadores (Quadro 10).

Após 2 meses de estocagem, não foram observadas diferenças significativas à nível de 5% entre as médias de todas amostras. Todavia, decorridos 4 meses de armazenamento, verificou-se que não houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os valores médios de sabor do feijão controle e irradiado, mas estes foram significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) ao do feijão tratado por microondas. Este último fato foi confirmado após 6 meses de estocagem

QUADRO 9- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	CONDIÇÃO DE ESTOCAGEM	MÉDIAS
CONTROLE	GELADEIRA	7,24 <sup>A</sup>
	30°C/75% U. R.	5,98 <sup>B</sup>
IRRADIADO	GELADEIRA	6,58 <sup>A</sup>
	30°C/75% U. R.	5,53 <sup>B</sup>
MICROONDA	GELADEIRA	5,11 <sup>A</sup>
	30°C/75% U. R.	2,97 <sup>B</sup>

—→ A,B-letras iguais para o mesmo tratamento, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 10- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM)

TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
0	CONTROLE	7,46 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,33 <sup>B</sup>
	MICROONDA	2,58 <sup>C</sup>
2	CONTROLE	5,93 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,05 <sup>A</sup>
	MICROONDA	5,21 <sup>A</sup>
4	CONTROLE	6,68 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,14 <sup>A</sup>
	MICROONDA	4,19 <sup>B</sup>
6	CONTROLE	6,39 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	5,70 <sup>A</sup>
	MICROONDA	4,19 <sup>B</sup>

→ A,B,C-letras iguais para o mesmo tempo de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

(Quadro 10).

Já o Quadro 11, onde analisa o efeito do tempo de estocagem sobre nos valores médios de sabor nos três tipos de feijão, demonstra que as médias permaneceram, praticamente, constantes no decorrer da estocagem para o feijão irradiado e controle, os valores observados durante o período de armazenamento não diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ). Observando-se os valores médios do feijão tratado por microondas, fica demonstrado que este tratamento causou uma depreciação deste atributo. A média de sabor da amostra não estocada foi bem inferior aos observados durante o armazenamento. Após 2 meses, houve uma sensível melhora deste atributo, porém, a partir do quarto mês, ocorreu uma nova queda do valor médio do sabor.

O efeito das condições de estocagem sobre as médias de sabor (computados todos os tratamentos) no decorrer do armazenamento pode ser observado no Quadro 12.

Verifica-se que as amostras estocadas em geladeira apresentaram valores médios de sabor significativamente maiores em relação aos feijões estocados em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar ( $p < 0,05$ ), após 2, 4 e 6 meses de armazenamento (Quadro 12).

No Quadro 13, o qual analisa o efeito do tempo sobre as médias de sabor nas duas condições de estocagem, mostra uma tendência de haver uma depreciação do sabor com o decorrer da estocagem para os

QUADRO 11- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	MÉDIAS
CONTROLE	0	7,45 <sup>A</sup>
	2	5,93 <sup>A</sup>
	4	6,68 <sup>A</sup>
	6	6,39 <sup>A</sup>
IRRADIADO	0	6,33 <sup>A</sup>
	2	6,05 <sup>A</sup>
	4	6,14 <sup>A</sup>
	6	5,70 <sup>A</sup>
MICROONDA	0	2,58 <sup>C</sup>
	2	5,21 <sup>A</sup>
	4	4,19 <sup>B</sup>
	6	4,19 <sup>B</sup>

→ A,B,C-letras iguais para o mesmo tratamento, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 12- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO SABOR DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)

TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
2	GELADEIRA <sup>1</sup>	6,26 <sup>A</sup>
	30 <sup>o</sup> C/75% U.R. <sup>2</sup>	5,20 <sup>B</sup>
4	GELADEIRA	6,43 <sup>A</sup>
	30 <sup>o</sup> C/75% U.R.	4,91 <sup>B</sup>
6	GELADEIRA	7,20 <sup>A</sup>
	30 <sup>o</sup> C/75% U.R.	3,65 <sup>B</sup>

→ 1-estocados em geladeira

→ 2-estocados à 30<sup>o</sup>C/75% U.R.

→ A,B-letras iguais para o mesmo tempo de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 13- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO SABOR DE FEIJÃO  
 (Phaseolus vulgaris, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA  
 ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO SOBRE AS CONDIÇÕES DE  
 ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	MÉDIAS
GELADEIRA <sup>1</sup>	2	6,26 <sup>B</sup>
	4	6,43 <sup>AB</sup>
	6	7,20 <sup>A</sup>
30°C/75% U.R. <sup>2</sup>	2	5,20 <sup>A</sup>
	4	4,91 <sup>A</sup>
	6	3,65 <sup>B</sup>

→ 1-estocados em geladeira

2-estocados à 30°C/75% U.R.

→ A,B-letras iguais para a mesma condição de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

feijões armazenados à 30°C\75% U.R. As amostras estocadas nesta condição durante 6 meses apresentaram um valor médio de sabor significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) aos demais períodos. Em contrapartida, a estocagem em geladeira parece, a princípio, contribuir para a melhora deste atributo durante o armazenamento.

#### Aroma

O tempo e as condições de estocagem, assim como os tratamentos utilizados, tiveram uma influência significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores médios de aroma dos feijões. Os resultados estatísticos da análise sensorial, também, detectaram uma interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores: tempo versus tratamento e tempo versus condições de estocagem (Apêndice 2).

Conforme foi reportado anteriormente na avaliação sensorial do sabor do feijão, a existência de interação faz com que seja necessário a análise dos dados separadamente, considerando o tempo, as condições de estocagem e os tratamentos.

De acordo com o Quadro 14, os valores médios de aroma atribuídos pelos provadores antes da etapa de armazenamento, demonstram que o feijão controle apresentou um melhor desempenho em relação às demais amostras ( $p < 0,05$ ). O feijão tratado com microondas obteve uma nota significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) em comparação com as outras amostras.

Depois de 2 meses de estocagem, não foram observados

QUADRO 14- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO AROMA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM)

TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
0	CONTROLE	7,10 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	5,88 <sup>B</sup>
	MICROONDA	2,99 <sup>C</sup>
2	CONTROLE	6,07 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,63 <sup>A</sup>
	MICROONDA	6,06 <sup>A</sup>
4	CONTROLE	6,75 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,48 <sup>A</sup>
	MICROONDA	4,93 <sup>B</sup>
6	CONTROLE	6,61 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	6,28 <sup>A</sup>
	MICROONDA	5,06 <sup>B</sup>

→ A,B,C-letras iguais para o mesmo tempo de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

diferenças significativas à nível de 5% entre as médias de aroma para todas as amostras. Todavia, após 4 e 6 meses de armazenamento, verificou-se que as médias de aroma do feijão controle e irradiado não diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ), mas estas médias foram superiores ao feijão tratado por microonda ( $p < 0,05$ ).

Os valores médios de aroma do feijão controle e irradiado, após 2, 4 e 6 meses de estoacagem, não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos grãos não estocados (Quadro 15). Já o feijão tratado por microondas não submetido à estoacagem, apresentou um valor significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) em relação aos grãos estocados durante 2, 4 e 6 meses, sendo que as médias de aroma entre estes períodos não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ).

A influência das condições de estoacagem sobre as médias de aroma do feijão durante o período de armazenamento pode ser observada no Quadro 16. O Quadro 17 demonstra o efeito do tempo sobre os valores médios de aroma nas duas condições de estoacagem.

Até 2 meses de armazenamento, ficou demonstrado que as médias de aroma não apresentaram diferenças significativas à nível de 5% para as amostras estocadas nas duas condições. Porém, a partir de 4 meses de armazenamento, as médias de aroma do feijão estocado em geladeira foram significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) aos grãos estocados à  $30^{\circ}\text{C}/75\%$  U. R. (Quadro 16).

QUADRO 15- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO AROMA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	MÉDIAS
CONTROLE	0	7,10 <sup>A</sup>
	2	6,07 <sup>A</sup>
	4	6,75 <sup>A</sup>
	6	6,61 <sup>A</sup>
IRRADIADO	0	5,88 <sup>A</sup>
	2	6,63 <sup>A</sup>
	4	6,46 <sup>A</sup>
	6	6,27 <sup>A</sup>
MICROONDA	0	2,99 <sup>B</sup>
	2	6,06 <sup>A</sup>
	4	4,93 <sup>A</sup>
	6	5,05 <sup>A</sup>

—→ A,B,C-letras iguais para o mesmo tratamento, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 16- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO AROMA DO FEIJÃO

(*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)

TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
2	GELADEIRA <sup>1</sup>	6,55 <sup>A</sup>
	30°C/75% U.R. <sup>2</sup>	5,95 <sup>A</sup>
4	GELADEIRA	6,66 <sup>A</sup>
	30°C/75% U.R.	5,43 <sup>B</sup>
6	GELADEIRA	7,01 <sup>A</sup>
	30°C/75% U.R.	4,95 <sup>B</sup>

→ 1-estocados em geladeira

z-estocados à 30°C/75% U.R.

→ A,B-letras iguais para o mesmo tempo de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5 %.

O Quadro 17 mostra que os valores médios de aroma dos feijões estocados em geladeira, permaneceram, praticamente, constantes durante o período de armazenamento. Já, na estocagem à 30°C\75% U.R., observou-se uma tendência na depreciação deste atributo a medida que aumentava o tempo de armazenamento.

#### Firmeza do grão

O tempo e as condições de estocagem, assim como os tratamentos utilizados, tiveram uma influência significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores médios de firmeza do grão dos feijões. Os resultados estatísticos da análise sensorial, também, detectaram uma interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores: tempo versus tratamento, tempo versus condições de estocagem e tratamento versus condições de estocagem (Apêndice 3).

Conforme foi reportado anteriormente na avaliação sensorial do sabor do feijão, a existência de interação faz com que seja necessário a análise dos dados separadamente, considerando o tempo, as condições de estocagem e tratamento.

O Quadro 18 mostra o efeito dos tratamentos sobre os valores médios de firmeza do grão (computados todos os tempos de estocagem) nas duas condições de estocagem.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 18, observou-se que o feijão controle e irradiado estocados em geladeira não apresentaram diferenças significativas à nível de 5%

QUADRO 17- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO AROMA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	MÉDIAS
GELADEIRA <sup>1</sup>	2	6,55 <sup>A</sup>
	4	6,66 <sup>A</sup>
	6	7,01 <sup>A</sup>
30°C/75% U.R. <sup>2</sup>	2	5,95 <sup>A</sup>
	4	5,43 <sup>AB</sup>
	6	4,95 <sup>B</sup>

→ 1-estocados em geladeira

→ 2-estocados à 30°C/75% U.R.

→ A,B-letras iguais para a mesma condição de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 18- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM)

CONDIÇÃO DE ESTOCAGEM	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
GELADEIRA	CONTROLE	1,83 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	1,51 <sup>A</sup>
	MICROONDA	4,60 <sup>B</sup>
30 <sup>o</sup> C/75% U.R.	CONTROLE	3,87 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	4,26 <sup>A</sup>
	MICROONDA	6,14 <sup>B</sup>

→ A,B-letras iguais para a mesma condição de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

entre seus valores médios de firmeza do grão, porém estes grãos foram mais macios que o feijão tratado com o microonda ( $p < 0,05$ ). Este fenômeno ocorreu da mesma forma na estocagem à  $30^{\circ}\text{C}/75\%$  U.R., onde o feijão tratado por microonda novamente apresentou um valor médio de firmeza do grão bem superior as demais amostras ( $p < 0,05$ ).

Através da análise das médias deste atributo sensorial, fica demonstrado, também, que as amostras apresentaram grãos mais macios quando estocados em geladeira (Quadro 19).

No Quadro 20 é apresentado a influência dos tratamentos sobre os valores médios de firmeza do grão (computadas as duas condições de estocagem) no decorrer da estocagem.

Antes da estocagem, o feijão controle e irradiado apresentaram valores médios de firmeza do grão bem semelhantes, todavia o grau de dureza destes grãos, de acordo com a análise sensorial dos provadores, foi significativamente inferior ao feijão tratado por microonda ( $p < 0,05$ ).

Após 2 meses de armazenamento, as médias de firmeza do grão somente diferiram significativamente à nível de 5% para o feijão irradiado e o feijão tratado com o microondas. O valor de firmeza do grão para o feijão controle não apresentou diferenças significativas em relação as demais amostras ( $p < 0,05$ ). Durante este período, o grão mais duro foi observado na amostra submetida ao tratamento por microondas.

QUADRO 19- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADOS TODOS OS TEMPOS DE ESTOCAGEM)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	CONDIÇÃO DE ESTOCAGEM	MÉDIAS
CONTROLE	GELADEIRA	1,83 <sup>A</sup>
	30°C/75% U.R.	3,87 <sup>B</sup>
IRRADIADO	GELADEIRA	1,51 <sup>A</sup>
	30°C/75% U.R.	4,26 <sup>B</sup>
MICROONDA	GELADEIRA	4,60 <sup>A</sup>
	30°C/75% U.R.	6,14 <sup>B</sup>

→ A,B-letras iguais para o mesmo tratamento, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 20- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO PARA O FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DOS TRATAMENTOS DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADAS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM)

TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
0	CONTROLE	1,76 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	1,60 <sup>A</sup>
	MICROONDA	6,53 <sup>B</sup>
2	CONTROLE	3,16 <sup>AB</sup>
	IRRADIADO	2,76 <sup>A</sup>
	MICROONDA	4,08 <sup>B</sup>
4	CONTROLE	2,70 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	3,17 <sup>A</sup>
	MICROONDA	5,31 <sup>B</sup>
6	CONTROLE	3,78 <sup>A</sup>
	IRRADIADO	4,00 <sup>A</sup>
	MICROONDA	5,57 <sup>B</sup>

→ A,B-letras iguais para o mesmo tempo de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

Já, a partir de 4 meses de estocagem, verificou-se que o feijão controle e irradiado não apresentaram diferenças significativas à nível de 5% entre seus valores médios de firmeza do grão, porém estes grãos foram mais macios que o feijão tratado com microonda ( $p < 0,05$ ).

Analisando os valores médios deste atributo para cada tipo de feijão no decorrer da estocagem (Quadro 21), notou-se que o feijão irradiado não submetido ao armazenamento foi bem mais macio em relação aos grãos estocados após 2, 4 e 6 meses. Após 6 meses, os grãos irradiados apresentaram um valor médio de firmeza superior aos feijões não estocados e os armazenados durante 2 meses.

Com relação ao feijão controle, a estocagem durante 6 meses, causou um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) do valor médio da firmeza em relação ao feijão não armazenado. Já, os valores encontrados para as amostras armazenadas por 2 e 4 meses não diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação as sementes estocadas durante 6 meses.

Já para o feijão tratado por microondas, a estocagem até 2 meses, promoveu uma redução significativa da firmeza do grão, porém a partir do quarto mês de armazenamento houve uma nova tendência de aumento para este atributo.

No Quadro 22, o qual mostra os valores médios de firmeza

QUADRO 21- VALORES MÉDIOS PARA O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO DE ESTOCAGEM SOBRE OS TRATAMENTOS. (COMPUTADOS AS DUAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	MÉDIAS
CONTROLE	0	1,76 <sup>A</sup>
	2	3,16 <sup>B</sup>
	4	2,70 <sup>AB</sup>
	6	3,78 <sup>B</sup>
IRRADIADO	0	1,60 <sup>A</sup>
	2	2,76 <sup>B</sup>
	4	3,17 <sup>BC</sup>
	6	4,00 <sup>C</sup>
MICROONDA	0	6,53 <sup>C</sup>
	2	4,08 <sup>A</sup>
	4	5,31 <sup>B</sup>
	6	5,57 <sup>CB</sup>

—→ A,B,C-letras iguais para o mesmo tratamento, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

QUADRO 22- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO PARA O FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DURANTE O TEMPO DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)

TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	AMOSTRAS (FEIJÕES)	MÉDIAS
2	GELADEIRA <sup>1</sup>	2,38 <sup>B</sup>
	30°C/75% U.R. <sup>2</sup>	4,28 <sup>A</sup>
4	GELADEIRA	2,26 <sup>B</sup>
	30°C/75% U.R.	5,19 <sup>A</sup>
6	GELADEIRA	2,60 <sup>B</sup>
	30°C/75% U.R.	6,30 <sup>A</sup>

→ 1-estocados em geladeira

→ 2-estocados à 30°C/75% U.R.

→ A, B-letras iguais para o mesmo tempo de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

do grão (computados todos os tratamentos) nas duas condições empregadas no decorrer da estocagem, fica demonstrado que as amostras armazenadas em geladeira foram significativamente mais macias em relação as mesmas estocadas em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar ( $p < 0,05$ ), durante 2, 4 e 6 meses de estocagem.

Analisando o efeito do tempo de estocagem sobre este atributo, verificou-se um aumento gradual da firmeza dos grãos armazenados à  $30^{\circ}\text{C}/75\%$  U.R., enquanto as amostras estocadas em geladeira obtiveram médias de firmeza bem semelhantes, com o decorrer da estocagem (Quadro 23).

#### Firmeza da casca

Não houve influência do tempo, das condições de estocagem dos tratamentos, assim como da interação destes fatores, sobre o atributo firmeza da casca ( $p < 0,01$ ), conforme mostra o apêndice 4.

#### Considerações gerais sobre a análise sensorial

Pelos resultados da análise sensorial, os feijões controle (sem tratamento) e o irradiado apresentaram um comportamento semelhante no que se refere ao sabor, aroma e firmeza do grão e da casca antes e durante a estocagem nas duas condições empregadas. Porém, o emprêgo de microondas nos feijões causou uma depreciação de suas propriedades organolépticas antes e, principalmente, durante a estocagem à  $30^{\circ}\text{C}/75\%$  U.R.

QUADRO 23- VALORES MÉDIOS DO ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H., OBTIDOS PELA ANÁLISE SENSORIAL, CONSIDERANDO O EFEITO DO TEMPO SOBRE AS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM. (COMPUTADOS TODOS OS TRATAMENTOS)

AMOSTRAS (FEIJÕES)	TEMPO DE ESTOCAGEM (MÊSES)	MÉDIAS
GELADEIRA <sup>1</sup>	2	2,38 <sup>A</sup>
	4	2,26 <sup>A</sup>
	6	2,60 <sup>AB</sup>
30°C/75% U.R. <sup>2</sup>	2	4,28 <sup>A</sup>
	4	5,19 <sup>B</sup>
	6	6,30 <sup>C</sup>

→ 1-estocados em geladeira

2-estocados à 30°C/75% U.R.

→ A, B- letras iguais para a mesma condição de estocagem, as amostras não diferem significativamente à nível de 5%.

O cozimento de grãos de leguminosas é uma etapa necessária a fim de promover o aroma, sabor e textura apropriada para o consumo. Porém, entre estes atributos sensoriais, a textura é a que desempenha o papel mais importante no grau de aceitabilidade pelos consumidores. O aparecimento de grãos duros é um dos principais fatores responsáveis pela rejeição do produto.

Conforme foi observado neste estudo, assim como em algumas pesquisas reportadas na literatura (01;21;50), o armazenamento dos grãos em condições similares ao clima tropical causam o endurecimento dos cotilédones, da mesma forma induz uma depreciação do aroma e sabor do produto.

Garruti & Bourne (21), estudaram o efeito das condições de estocagem sob os parâmetros envolvidos no perfil da textura dos feijões após a sua cocção, através de uma equipe de provadores treinados. A análise do perfil da textura demonstrou que a estocagem durante 6 meses a 40°C/80% U.R. provocou um aumento do número de mastigadas ("chewiness"), no grau de rompimento dos grãos ("fracturability") e na força necessária para esmagá-los ("hardness").

Em contrapartida, de acordo com os resultados deste trabalho, a estocagem em temperaturas baixas não provocou mudanças significativas nos atributos sensoriais estudados.

Aguilera et alii (01), trabalhando com feijões (*Phaseolus*

vulgaris, L.) submetidos a diversos tipos de tratamentos antes da etapa de estocagem, também, encontraram uma maior aceitabilidade pelos provadores para as amostras armazenadas em temperaturas mais baixas. Segundo os autores, neste caso, a maior aceitabilidade está associada com a textura mais macia destes grãos.

Embora não tenha sido feito um estudo de correlação entre as determinações físicas e sensoriais, ficou demonstrado em nosso trabalho uma correspondência entre os resultados obtidos pela análise sensorial do atributo firmeza do grão e os observados no teste de cocção medido pelo aparelho puncturômetro de Burr. Por exemplo, os feijões irradiados obtiveram valores menores de tempo de cozimento medido pelo puncturômetro antes e durante a estocagem, fato este confirmado pelos testes sensoriais.

## 5- CONCLUSÕES

De acôrdo com os resultados obtidos nas condições utilizadas neste trabalho, chegou-se às seguintes conclusões:

- Pela análise sensorial, os feijões controle (sem tratamento) e irradiado apresentaram características semelhantes em relação aos atributos aroma, sabor e firmeza do grão e da casca antes e durante a estocagem nas duas condições empregadas. Os grãos tratados com microondas antes e, principalmente, durante o armazenamento à 30°C/75% U.R., apresentaram uma depreciação das propriedades organolépticas.

- O fato dos feijões tratados por radiação gama (fi) manterem menor tempo de cocção durante a estocagem, permite concluir que a utilização deste pré-tratamento será uma opção interessante para a conservação dos feijões armazenados em condições adversas.

- A estocagem em geladeira contribui para a conservação das propriedades sensoriais do feijão.

- Os resultados da análise sensorial para o atributo firmeza do grão corresponderam com os encontrados no teste de cocção feito pelo punctorômetro de Burr.

- A velocidade de hidratação foi, de uma maneira geral, menor para grãos estocados em geladeira. Os tratamentos utilizados

não afetam esta determinação física.

- Não foi possível estabelecer nenhuma relação entre o fenômeno de endurecimento e a atividade da peroxidase.

-A estocagem dos feijões, principalmente, em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar após 6 meses, reduz os teores de fitato e metionina potencialmente biodisponível.

## 5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. AGUILERA, J. M.; HAU, M.I. & VILLABLANCA, W. The effect of solar drying and heating on the hardness of *Phaseolus* beans during storage. *J. Stored Prod. Res.*, Devon, 22 (4): 243-247, 1986.
02. AGUILERA, J.M. & STANLEY, D. W. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes- the influence of storage and processing. *J. Food Process. Preserv.*, Westport, 9 (3): 145-169, 1985.
03. AKESON, W.R. & STAHMANN, M.A. A pepsin-pancreatin digest index of protein quality evaluation. *J. Nutr.*, Bethesda, 83 (3): 257-261, 1964.
04. AACC (AMERICAN ASSOCIATION of CEREAL CHEMISTS). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 8<sup>th</sup> ed. Saint Paul, AACC, 1969. vol 2. proc. 46-23
05. ANTUNES, P.L. & SGARBIERI, V.C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) Rosinha 62. *J. Food Sci.*, Chicago, 44 (6): 1703-1706, 1979.

06. AOAC (ASSOCIATION of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis. 12<sup>th</sup> ed. Washington, D.C., 1975. p.222
07. AYKROYD, W.R. & DOUGHTY, J. Legumes in human nutrition. Rome, F.A.O., 1969. p. 1-21 (Nutritional Studies n<sup>o</sup> 19)
08. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. & VALENTE, A.T. Effect of cooking and aminoacid supplementation on nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). Br. J. Nutr. , London, 17 (1): 69-78, 1963.
09. BURR, H.K.; KON, S. & MORRIS, H.J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content, temperature and time of storage. Food Technol., Chicago, 22 (3): 336-338, 1968.
10. CARVALHO, M.R.B.; RODRIGUES, M.A.A.P.S.; TAVARES, D.G.; MCGINNIS, J & SGARBIERI, V.C. Efeito da irradiação (raios gama) sobre as propriedades físicas, sensoriais e nutricionais dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Carioca 80. Pes. Agrop. Bras., Brasília, (no prêlo).
11. CHEFTEL, J.C; CHEFTEL, H & BESANÇON, P. Introduccion a la bioquímica y tecnologia de los alimentos. Zaragoza, Acribia, 1983. v.2 p. 271-277

12. COELHO, L.C.B.B.; MEDEIROS, R.B. & FLORES, H. Effect of storage on aminoacid composition and biological quality of irradiated macacar beans *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *J. Food Sci.*, Chicago, 43 (1): 215-217, 221, 1978.
13. COCHRAN, W.G. & COX, G.M. *Experimental designs*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, John Wiley, 1957. p.611
14. DURIGAN, J.F. Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mêcanicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris*, L.). Dissertação (tese de mestrado em ciência de alimentos). Fac. Eng. de Alimentos e Agrícola, Campinas, Unicamp, 1979. 81 p.
15. DURIGAN, J.F.; SGARBIERI, V.C. & BULISANI, E.A. Protein value of dry bean cultivars: factors interfering with biological utilization. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 35 (5): 694-698, 1987.
16. ESAKA, M.; SUZUKI, K.; KUBOTA, K. Inactivation of lipoxygenase and trypsin inhibitor in soybeans on microwave irradiation. *Agric. Biol. Chem.*, Tokyo, 50 (9): 2395-2396, 1986

17. ESAKA, M.; SUZUKI, K.; KUBOTA, K. Effects of microwave heating on lipoxygenase and trypsin inhibitor activities and water absorption of winged beans seeds. *J. Food Sci.*, Chicago, 52 (6): 1738-1739, 1987.
18. EVANS, R.J. & BAUER, D.H. Studies of the poor utilization by the rat of methionine and cystine in heated dry bean seed (*Phaseolus vulgaris*, L.). *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 26 (4): 779-784, 1978.
19. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Training manual on food irradiation technology and techniques. 2<sup>nd</sup> ed., Vienna, FAO, 1982. 205 p. (Technical reports series n<sup>o</sup> 114).
20. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Yearbook. Production. Rome, FAO, 1988. v. 42 p. 145-148. (Statistics Series n<sup>o</sup> 88)
21. GARRUTI, R.D.S. & BOURNE, M.C. Effect of storage conditions of dry bean seeds (*Phaseolus vulgaris*) on texture profile parameters after cooking. *J. Food Sci.*, Chicago, 50 (4): 1067-1071, 1985.
22. HAFEZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; HEWEDY, F.M. & SINGH, G. Effects of microwave heating on solubility, digestibility and metabolism of soy protein. *J. Food Sci.*, Chicago, 50 (2): 415-417, 423, 1985.

23. HAFEZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; SINGH, G. & HEWEDY, F.M. Effects of gamma irradiation on protein and fatty acids of soybeans. *J. Food Sci.*, Chicago, 50 (5): 1271-1274, 1985.
24. HAFEZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; PERERA, P.A.; SINGH, G. & HUSSEIN, A.S. Effects of microwave heating and gamma irradiation on phytate and phospholipid contents of soybeans (*Gycine max*, L.). *J. Food Sci.*, Chicago, 54 (4): 958-962, 1989.
25. HAHN, D.M.; JONES, F.T; AKHAVAN, I. & ROCKLAND, L.B. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: intracellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans (*Phaseolus lunatus*). *J. Food Sci.*, Chicago, 42 (5): 1208-1212, 1977.
26. HANIS, T.; MNUKOVA, J.; JELEN, P.; KLIR, P.; PEREZ, B. & PESEK, M. Effect of gamma irradiation on survival of natural microflora and some nutrients in cereal meals. *Cereal Chem.*, St Louis, 65 (5): 381-383, 1988.
27. HARMUTH-HOENE, A.E. & DELINCEE, H. Changes in the nutritive value of casein, irradiated and stored in the presence of lipids. *Int. J. Vit. Nutr. Res.*, Stuttgart, 48 (1): 62-74, 1978.

28. HINCKS, M.J. & STANLEY, D.W. Multiple mechanisms of bean hardening. *J. Food Technol.*, Oxford, 21 (6): 731-750, 1986.
29. HINCKS, M.J. & STANLEY, D.W. Lignification: evidence for a role in hard-to-cook beans. *J. Food Biochem.*, Westport, 11 (1): 41-58, 1987.
30. HOHLBERG, A.I. & STANLEY, D.W. Hard-to-cook defect in black beans: protein and starch considerations. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 35 (4): 571-576, 1987.
31. JAFFÉ, W.G. & BRUCHER, O. El contenido de nitrógeno total y aminoácidos azufrados en diferentes líneas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Arch. Latinoam. Nutr.*, Guatemala, 24 (1): 107-113, 1974.
32. JONES, P.M.B. & BOULTER, D. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. *J. Food Sci.*, Chicago, 48 (2): 623-649, 1983.
33. JOSEPHSON, E.S.; THOMAS, M.H. & CALHOUN, W.K. Nutritional aspects of food irradiation: an overview. *J. Food Process. Preserv.*, Westport, 2 (4): 299-313, 1979.

34. KADAM, S.S.; SMITHARD, R.R.; EYRE, M.D. & ARMSTRONG, D.G.  
Effects of heat treatments of antinutritional factors and  
quality of proteins in winged bean. *J. Sci. Food Agric.*,  
London, 39 (3): 267-275, 1987.
35. KAKADE, M.L.; SIMONS, N & LIENER, I.E. An evaluation of  
natural vs synthetic substrates for measuring the  
antitryptic activity of soybean samples. *Cereal  
Chem.*, St. Paul, 46 (5): 518-526, 1969.
36. KALAFAT, S.R. & KROGER, M. Microwave heating of foods: use  
and safety considerations. *Crit. Rev. Food Technol.*,  
Palo Alto, 4 (2): 141-151, 1973.
37. KON, S. Pectic substances of dry beans and their possible  
correlation with cooking time. *J. Food Sci.*, Chicago, 44  
(4): 437-438, 1968.
38. KON, S. Effect of soaking temperature on cooking and  
nutritional quality of beans. *J. Food Sci.*, Chicago, 44  
(5): 1329-1334, 1340, 1979.
39. KON, S. & SANSHUCK, D.W. Phytate content and its effect on  
cooking quality of beans. *J. Food Process. Preserv.*,  
Westport, 5 (3): 169-178, 1981.

40. LANDOMERY, L. Alimentos irradiados. *Alim. Nutr.*, Roma, 9 (1): 25-31, 1983.
41. LATTI, M & ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 28 (6): 1313-1315, 1980.
42. LOLAS, G.M. & MARKAKIS, P. Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 23 (1): 13-15, 1975.
43. LUNDER, T.L. An improved method for the colorimetric determination of methionine in acid hydrolysates of biological products. *Ind. Alim.*, Roma, 12 (5): 94-98, 1973.
44. MANCINI-FILLHO, J. Efeitos das radiações gama sobre algumas características físico-químicas e nutricionais de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L.) armazenados. Dissertação (tese de livre-docência), Fac. de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, U.S.P., 1990. 100 p.
45. MCCARTHY, T.E. & SULLIVAN, M.X. A new and highly specific colorimetric test for methionine. *J. Biol. Chem.*, Baltimore, 141: 871-876, 1941.

46. MEJÍA, E.G. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. Arch. Latinoam. Nutr., Guatemala, 32 (2): 258-274, 1982.
47. MOLINA, M.R.; DE LA FUENTE, G & BRESSANI, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Chicago, 40 (3): 587-591, 1975.
48. MOLINA, M.R.; BATEN, M.A.; GOMEZ-BRENES, R.A.; KING, K.W. & BRESSANI, R. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Chicago, 41 (3): 661-666, 1976.
49. MORAES, M.A.C. Métodos para avaliação sensorial dos alimentos. 6<sup>a</sup> ed., Campinas, Editora UNICAMP, 1988. 93 p.
50. MORRIS, H.J. & WOOD, E.R. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. Food Technol., Chicago, 10: 225-229, 1956.

51. MOSCOSO, W.; BOURNE, M.C. & HOOD, L.F. Relationships between the hard-to-cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. *J. Food Sci.*, Chicago, 49 (6): 1577-1583, 1984.
52. MOY, J.H. Radiation, disinfestation of food and agricultural products. Honolulu, University of Hawaii, 1985. 423 p.
53. NAWAR, W.W. Radiolysis of nonaqueous components of foods. In: *Preservation of food by ionizing radiation*. Boca Raton, Florida. Josephson, E.S. & Peterson, M.S. eds, C.R.C Press, Inc, 1983. vol.2 p.75-124
54. NENE, S.P.; VAKIL, V.K. & SREENIVASAN, A. Effect of gamma-irradiation on red gram (*Cajanus cajan*) proteins. *J. Food Sci.*, Chicago, 40 (4): 815-819, 1975.
55. NENE, S.P.; VAKIL, V.K. & SREENIVASAN, A. Improvement in the textural qualities of irradiated legumes. *Acta Alim.*, Budapest, 4 (2): 199-209, 1975.
56. OLIVEIRA, A.C.; SAWAZAKI, H.E. & GALEAZZI, M.A.M. Extração, caracterização parcial e aspectos nutricionais das proteínas do feijão Carioca 80 (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Arch. Latinoam. Nutr.*, Guatemala, 27 (1): 88-100, 1987.

57. PAREDES-LÓPEZ, O; MAZA-CALVINO, E & CASTANEDA-GONZALEZ, J.  
Effect of the hardening phenomenon on some  
physico-chemical properties of common beans. *Food Chem.*,  
*Essex*, 31 (3): 225-236, 1989.
58. PIMENTEL, F.G. *Curso de estatística experimental*. 10<sup>a</sup> ed.  
São Paulo, Nobel, 1982. p.131-167
59. PLHAK, L.C.; STANLEY, D.W.; HOHLBERG, A.I & AGUILERA, J.M.  
Hard-to-cook defect in black beans- effect of pretreatment  
and storage condition on extratable phenols and peroxidase  
activity. *Can. Inst. Food Sci. Techol. J.*, Ottawa, 20 (5):  
378-382, 1987.
60. QUAST, D.G. & SILVA, S.D. Temperature dependence of  
hydration rate and effect of hydration on cooking rate of  
dry legumes. *J. Food Sci.*, Chicago, 42 (5): 1299-1303,  
1977.
61. RAO, V.S. & VAKIL, U.K. Effects of gamma-radiation on cooking  
quality and sensory attributes of four legumes. *J. Food  
Sci.*, Chicago, 50 (2): 372-375, 378, 1985.
62. REEDY, S.J. ; PUBOLS, M.H. & MCGINNIS, J. Effect of gamma  
irradiation on nutritional value of dry field  
beans (*Phaseolus vulgaris*) for chicks. *J. Nutr.*,  
Bethesda, 109 (7): 1307-1312, 1979.

63. RIVERA, J.A.; HOHLBERG, A.I.; AGUILERA, J.M.; PLHAK, L.C. & STANLEY, D.W. Hard-to-cook defect in black beans- peroxidase characterization and effect of heat pretreatment and storage conditions on enzyme inactivation. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, Ottawa, 22 (3): 270-275, 1989.
64. ROCKLAND, L.B.; JONES, F.T. & HAHN, D.M. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: extracellular gelatinization of lima beans starch in water and mixed salt solutions. *J. Food Sci.*, Chicago, 42 (5): 1204-1207, 1212, 1977.
65. ROESSLER, E.B.; PANGBORN, R.M.; SIDEL, J.L. & STONE, H. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-diference, duo-trio and triangle tests. *J. Food Sci.*, Chicago, 43 (3): 940-943, 1978.
66. ROZO, C.; BOURNE, M.C. & HOOD, L.F. Effect of storage time, relative humidity and temperature on cookability of whole red kidney beans and cell wall components of the cotyledons. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, Ottawa, 23 (1): 72-75, 1990.

67. SANCHEZ, A.; REGISTER, U.D.; BLANKENSHIP, J.W. & HUNTER, C.C.  
Effect of microwave heating of soybeans on protein  
quality. Arch. Latinoam. Nutr., Guatemala, 31 (1): 44-51,  
1981.
68. SEFA-DEDEH, S; STANLEY, D.W. & VOISEY, P.W. Effects of  
soaking and cooking conditions on texture and  
microstruture of cowpeas (*Vigna unguiculata*). J. Food Sci.,  
Chicago, 43 (6): 1832-1838, 1978.
69. SGARBIERI, V.C.; ANTUNES, P.L. & ALMEIDA, L.D. Nutritional  
evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus  
vulgaris*). J. Food Sci., Chicago, 44 (5): 1306-1308, 1979.
70. SGARBIERI, V.C. & WHITAKER, J.R. Physical, chemical, and  
nutritional properties of common bean (*Phaseolus*)  
proteins. Adv. Food Res., Orlando, 28: 93-166, 1982.
71. SGARBIERI, V.C. & GARRUTI, R.S. A review of some factors  
affecting the availability and nutritional and  
technological quality of common dry beans, a dietary  
staple in Brazil. Can. Inst. Food Sci. Technol. J.,  
Ottawa, 19 (5): 202-209, 1986.

72. SGARBIERI, V.C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). In: Feijão: fatores de produção e qualidade. Campinas, S.P. Bulisani, E.A. ed, Fundação Cargill, 1987. p. 259-326
73. SILVA, C.A.B.; BATES, R.P. & DENG, J.C. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Chicago, 46 (6): 1716-1725, 1981.
74. SILVA, M.A.A.P. Seleção de variedades de soja (*Glycine max*, L.) viáveis ao consumo humano. Estudo sobre modificações sensoriais, químicas e nutricionais ocorridas durante o armazenamento. Dissertação (tese de mestrado em ciência de alimentos). Fac. Eng. de Alimentos, Campinas, Unicamp, 1987. 170 p.
75. SIMIC, M.G. Radiation chemistry of water-soluble food components. In: Preservation of food by ionizing radiation. Boca Raton, Florida. Josephson, E.S. & Peterson, M.S. eds, C.R.C Press, Inc, 1983. vol.2 p.2-70
76. SREVWRIGHT, C.A. & SHIPE, W.F. Effect of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro digestibility, condensed tannins, phytic acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Chicago, 51 (4): 982-987, 1986.

77. SRISUMA, N; HAMMERSCHMIDT, R; UEBERSAX, M.A.; RUENGSAKULRACH, S.; BENNINK, M.R. & HOSFIELD, G.L. Storage induced changes of phenolic acids and development of hard-to-cook in dry beans (*Phaseolus vulgaris*, var. seafarer). *J. Food Sci.*, Chicago, 54 (2): 311-314, 1989.
78. STANLEY, D.W. & AGUILERA, J.M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes- the influence of structure and composition. *J. Food Biochem.*, Wesport, 9 (4): 277-323, 1985.
79. TEZOTO, S.S. & SGARBIERI, V.C. Protein nutritive value of a new cultivar of bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 38 (4): 1152-1156, 1990.
80. VAMOS-VIGYAZO, L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci Nutr.*, Boca Raton, 15 (1): 49-127, 1981.
81. VARRIANO-MARSTON, E & JACKSON, G.M. Hard-to-cook phenomenon in beans: structural changes during storage and imbibition. *J. Food Sci.*, Chicago, 46 (5): 1379-1385, 1981.
82. VINDIOLA, O.L.; SEIB, P.A.; HOSENEY, R.C. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. *Cereal Foods World*, St. Paul, 31 (8): 538-552, 1986.

83. WANG, S.H. Tratamento do grão de soja com radiação de microondas e seus efeitos no sabor, extração e algumas propriedades nutricionais do leite de soja. Dissertação (tese de doutorado em ciência de alimentos). Fac. de Eng. de Alimentos, Campinas, UNICAMP, 1986. 138 p.
84. WANG, S.H. & TOLEDO, M.C.F. Inactivation of soybean lipoxygenase by microwave heating: effect of moisture content and exposure time. *J. Food Sci.*, Chicago, 52 (5): 1344-1347, 1987.
85. YOSHIDA, H & KAJIMOTO, G. Effects of microwave energy on tocopherols of soybean seeds. *J. Food Sci.*, Chicago, 54 (6): 1596-1600, 1989.
86. YOUSRI, R.M. & HARMUTH-HOENE, A.E. The nutritional value of irradiated casein-fat mixtures. Effect of anaerobic conditions, storage time, added vitamin E and degree of unsaturation of lipids. *Int. J. Vit. Nutr. Res.*, Stuttgart 49 (2): 171-181, 1979.

APÊNDICE 1- ANÁLISE DE VARIÂNCIA, RELATIVA À INFLUÊNCIA DO TEMPO, CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM E TRATAMENTO SOBRE O ATRIBUTO SABOR DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H..

CAUSAS DA VARIACÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
COND. DE ESTOCAGEM	1	105,761716	105,761716	91,156*
TEMPO DE ESTOCAGEM	2	234,591563	117,295782	101,097*
COND. *TEMPO	2	10,785312	5,392656	4,648*
RESÍDUO (a)	42	48,729689	1,160231	
<hr/>				
PARCELAS	47	399,868279		
TEMPO	3	3,328490	1,109497	0,964 <sup>N. S</sup>
TEMPO*COND.	3	86,560989	28,853663	25,073*
TEMPO*TRAT.	6	76,507604	12,751267	11,081*
TEMPO*COND. *TRAT.	6	14,058685	2,343143	2,036 <sup>N. S</sup>
RESÍDUO (b)	126	144,996560	1,150766	
<hr/>				
TOTAL	191	725,320777		

→ \*-diferença significativa à nível de 5%  
 n. s.-diferença não é significativa à nível de 5%

APÊNDICE 2- ANÁLISE DE VARIÂNCIA, RELATIVA À INFLUÊNCIA DO TEMPO, CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM E TRATAMENTO SOBRE O ATRIBUTO AROMA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H..

CAUSAS DA VARIACÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
COND. DE ESTOCAGEM	1	25,447969	25,447969	9,709**
TEMPO DE ESTOCAGEM	2	128,670416	64,335208	24,545**
COND. *TEMPO	2	13,036251	6,518125	2,487 <sup>N. S</sup>
RESÍDUO (a)	42	110,087811	2,621138	
-----				
PARCELAS	47	277,242446		
TEMPO	3	23,232240	7,744080	3,067**
TEMPO*COND.	3	59,554321	19,851440	12,988**
TEMPO*TRAT.	6	69,522922	11,587154	7,581**
TEMPO*COND. *TRAT.	6	12,714583	2,119097	1,388 <sup>N. S</sup>
RESÍDUO (b)	126	192,583439	1,528440	
-----				
TOTAL	191	634,849952		

→ \*\*-diferença significativa à nível de 1%

N. S -diferença não é significativa à nível de 5%

APÊNDICE 3- ANÁLISE DE VARIÂNCIA, RELATIVA À INFLUÊNCIA DO TEMPO, CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM E TRATAMENTO SOBRE O ATRIBUTO FIRMEZA DO GRÃO DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H..

CAUSAS DA VARIACÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
COND. DE ESTOCAGEM	1	213,152554	213,152554	219,811**
TEMPO DE ESTOCAGEM	2	267,869062	133,934513	138,118**
COND. *TEMPO	2	11,817603	5,908802	6,093**
RESÍDUO (a)	42	40,727811	0,969710	
PARCELAS	47	399,868279		
TEMPO	3	41,315572	13,771857	9,806**
TEMPO*COND.	3	96,372654	32,124218	22,874**
TEMPO*TRAT.	6	90,044271	15,007379	10,686**
TEMPO*COND. *TRAT.	6	5,416562	0,902760	0,643 <sup>N. S</sup>
RESÍDUO (b)	126	176,953443	1,404392	
TOTAL	191	943,669533		

→ \*\*-diferença significativa à nível de 1%  
 N. S -diferença não é significativa à nível de 5%

APÊNDICE 4- ANÁLISE DE VARIÂNCIA, RELATIVA À INFLUÊNCIA DO TEMPO, CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM E TRATAMENTO SOBRE O ATRIBUTO FIRMEZA DA CASCA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.), VARIEDADE CARIOCA 80 S.H..

CAUSAS DA VARIACÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
COND. DE ESTOCAGEM	1	3,547968	3,547968	1,413 <sup>N. S</sup>
TEMPO DE ESTOCAGEM	2	6,731562	3,365781	1,340 <sup>N. S</sup>
COND. *TEMPO	2	1,164687	0,582344	0,232 <sup>N. S</sup>
RESÍDUO (a)	42	105,469064	2,511168	
-----				
PARCELAS	47	116,913282		
TEMPO	3	0,573907	0,191302	0,076 <sup>N. S</sup>
TEMPO*COND.	3	5,680155	1,893385	0,748 <sup>N. S</sup>
TEMPO*TRAT.	6	10,232188	1,705365	0,674 <sup>N. S</sup>
TEMPO*COND. *TRAT.	6	3,196563	0,532761	0,211 <sup>N. S</sup>
RESÍDUO (b)	126	318,894692	2,530910	
-----				
TOTAL	191	455,490787		

→ n. s-diferença não é significativa à nível de 1%