



Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM DIFERENTES TIPOS DE FARINHAS  
UTILIZADAS EM TECNOLOGIA DE PANIFICAÇÃO**

Christian Alexandre Heinz Melsheimer Teixeira

Dissertação apresentada  
como parte dos requisitos para obtenção  
do Grau de Mestre em Ciências na Área  
de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientadora:

Profa. Dra. Nélida Lúcia del Mastro





**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**

**Autarquia associada à Universidade de São Paulo**

**EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM DIFERENTES TIPOS DE  
FARINHAS UTILIZADAS EM TECNOLOGIA DE PANIFICAÇÃO**

**Christian Alexandre Heinz Melsheimer Teixeira**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear- Aplicações.

Orientadora:  
Profa. Dra. Nélida Lucia del Mastro

São Paulo

2011

*Dedico o presente trabalho para todos os padeiros, e principalmente aos meus mestres Francisco, Jean Marc Bertomier e Vincent Mary, que dedicam suas vidas, para garantir que todas as pessoas, diariamente, possam receber e apreciar o pão fresco. Padeiros estes que, pelo bem do ofício, sacrificam suas vidas pessoais nas madrugadas frias, fins de semana suados com o único objetivo de trazer felicidade e alegria aos consumidores. Espero que este trabalho, e muitos outros ainda por vir, incentivem a valorização de um ofício tão antigo, porém indispensável.*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Dra. Nélida Lucia Del Mastro, pela orientação e esclarecimentos no decorrer deste trabalho, pela paciência e auxílio.

Ao Dr. Carlos Henrique Mesquita, por me auxiliar nos estudos estatísticos e dicas para a dissertação.

Ao Instituto de Desenvolvimento da Panificação e Confeitaria (IDPC), pertencente à Fundação da Indústria da Panificação e Confeitaria (FUNDIPAN), ambas constituintes do Sindicato da Indústria de Panificação e Confeitaria de São Paulo/ Associação dos Industriais de Panificação e Confeitaria de São Paulo (SINDIPAN/ AIPAN), por ceder as instalações dos laboratórios, para que assim pudesse desenvolver as amostras e analisá-las. Gostaria de fazer um agradecimento especial para as pessoas, do instituto IDPC, que me auxiliaram muito neste processo, dentro do instituto que foram: Helena dos laboratórios de análises físicas; José, Welker e ao Eng. Rodrigo do laboratório de produção dos pães e ao professor Edson.

Ao Centro de Tecnologia de Irradiação (CTR-IPEN), pela irradiação das amostras. Gostaria de fazer um agradecimento especial aos Eng. Elizabeth S.R. Somessari e Eng. Carlos Gaia da Silveira pela paciência e prontidão na irradiação das amostras.

Aos meus amigos Frederico Meier, Bruno Teramoto, Fernando Codelo e Thiago Sakamoto, presentes em muitos momentos nesta jornada, incentivando, apoiando e compartilhando momentos difíceis e agradáveis.

Ao meu avô, Karl Melsheimer e Maria Heinemann, minha amiga, falecidos, por muito terem me ensinado quando jovem.

Por último, e principalmente, aos meus pais Ivo e Vera, que estão sempre presentes apoiando as minhas mais loucas empreitadas, com sugestões, paciência e auxílio. Agradeço-lhes pelo incentivo e carinho.

***‘Não há nada que seja maior evidência  
de insanidade do que fazer a mesma coisa  
dia após dia e esperar  
resultados diferentes’***

***Albert Einstein***

# **EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM DIFERENTES TIPOS DE FARINHAS UTILIZADAS EM TECNOLOGIA DE PANIFICAÇÃO**

**Christian Alexandre Heinz Melsheimer Teixeira**

## **RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações causadas pela radiação ionizante em diferentes tipos e quantidades de produtos ricos em amido (farinhas de trigo, de mandioca, centeio, trigo integral, polpa de banana verde e milho) nas características reológicas, tecnológicas, físicas e de textura. As amostras foram irradiadas em fonte de  $^{60}\text{Co}$ , com doses de 1, 3 e 9kGy, e taxa de dose  $\sim 2\text{kGy/h}$ . Foram estudadas a energia de deformação e a extensibilidade, para farinhas de trigo forte e fraca e observou-se o comportamento das características reológicas um, cinco e trinta dias após a irradiação. A característica tecnológica estudada, por até 1 mês após irradiação, foi a atividade enzimática das farinhas de trigo forte e fraca irradiadas. As características físicas: altura, peso e perda de umidade e textura de fatias de pães confeccionadas com a substituição parcial (30%) da farinha de trigo por diferentes farinhas irradiadas foram estabelecidas. Os resultados mostraram que com o aumento da dose de radiação houve uma diminuição no valor da atividade enzimática, principalmente a 9kGy, desta forma não haveria necessidade do acréscimo de melhoradores enzimáticos na elaboração de pães. A altura, o peso, e a perda de umidade dos pães apresentaram diversos comportamentos dependendo do tipo de produto utilizado na sua formulação em substituição à farinha de trigo. Com o aumento da dose de radiação aplicada, houve um aumento na altura dos pães, bem como, diminuição da perda de umidade para a farinha de trigo e farinha de trigo contendo 30% de farinha de banana verde. Do ponto de vista tecnológico, a atividade enzimática não foi negativamente afetada pela radiação. Considerando as características estudadas, a aplicação da dose de 9kGy seria recomendável visando a produção de pães de forma. Embora o processo de irradiação seja geralmente aplicado na preservação da qualidade higiênica de produtos alimentícios, a irradiação de farinhas induz algumas características tecnológicas benéficas para seu uso na produção de pães.

# **IONIZING RADIATION EFFECT ON DIFFERENT TYPES OF FLOURS USED IN BAKERY TECHNOLOGY**

**Christian Alexandre Heinz Melsheimer Teixeira**

## **ABSTRACT**

In this work, an evaluation of the changes caused by ionizing radiation in different types and quantities of products rich in starch (wheat flour, cassava, rye, whole wheat, green banana pulp and maize) on rheological, technological, physical and texture characteristics was studied. The samples were irradiated in a  $^{60}\text{Co}$  source with doses up to 10kGy, and dose rate about 2kGy/h. It was studied the force and the extensibility of strong and weak wheat flours and the rheological behavior was observed for one, five and thirty days after irradiation. The technological characteristic studied for up to 1 month after irradiation, was the enzymatic activity of the irradiated, weak and strong flours. The physical characteristics: height, weight and moisture loss and texture of loaves made with a partial replacement (30%) of wheat flour by different irradiated flours was established. The results showed that with the increase of radiation dose there was an increase of enzymatic activity, especially for higher doses (9kGy). These results corroborate for the understanding that there would be no need of addition of enzymatic improvers for the bread confection. The height, weight, and loss of moisture from the products developed with different substitutions of flours used in the formulations, showed different behaviors. With an increasing of the radiation dose applied, there was an increase in the height of the loaves, as well as a reduced loss of moisture on the products developed with substitution of 30% of the wheat flour with irradiated wheat flour and pulp of green banana flour. From a technological standpoint, the enzymatic activity was not adversely affected by radiation. Considering the characteristics studied, the dose of 9kGy would be recommended seeking the production of loaves. Although the irradiation process is generally applied in the preservation of hygienic quality of food products, its use on different kinds of flours used in bread production may induce some beneficial technological characteristics.

# SUMÁRIO

		Página
1	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO	4
3.	REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1.	Farinhas e amidos	5
3.1.1.	Farinhas de Trigo	5
3.1.1.1.	Processo de Moagem para obtenção de Farinha de trigo	8
3.1.1.2.	Características de composição das farinhas	12
3.1.2.		13
	<b><i>Outras farinhas</i></b>	
3.1.2.1	Farinha de Centeio	16
3.1.2.2	Farinha de Milho	17
3.1.2.3	Farinha de Banana verde	17
3.1.3	Amido	19
3.1.3.1.	Composição do Amido	20
3.1.3.2	Classificação do Amido	21
3.2.	Panificação	22
3.2.1	Matérias primas utilizadas na panificação	23
3.2.1.1	Água	25
3.2.1.2	Sal	26
3.2.1.3	Açúcar	27
3.2.1.4	Leite	28
3.2.1.5	Gorduras	28
3.2.1.6	Malte	29
3.2.1.7	Fermento biológico ( <i>Saccharomiceas Cerevisiae</i> )	30
3.2.1.8	Melhoradores e Reforçadores	31
3.2.1.9	Emulsificantes	32
3.3.	Tecnologia da panificação	33
3.3.1	Características Reológicas	33
3.3.2.	Características Tecnológicas	34
3.4.	Operações Unitárias na Panificação	36
3.4.1.	Separação de Matérias Primas	36
3.4.2.	Mistura e Desenvolvimento da Massa	36



3.4.3	Fermentação inicial	39
3.4.4.	Divisão e Pesagem	42
3.4.5.	Boleamento	42
3.4.6	Fermentação intermediária	42
3.4.7	Modelagem	42
3.4.8	Fermentação final	43
3.4.9	Cocção	43
3.5.	Defeitos que produtos de panificação podem apresentar	44
3.5.1.	Danos externos que podem ocorrer em pães	45
3.6.	Vida Útil de Prateleira para produtos alimentícios	46
3.7.	Tecnologia nuclear aplicada em produtos farináceos	47
3.7.1.	Irradiação de alimentos	47
3.7.2.	Tecnologia da radiação aplicada a produtos farináceos	50
4	MATERIAL E MÉTODOS	52
4.1	Material	52
4.2	Métodos	52
4.2.1	Irradiação	52
4.2.2	Alveografia	52
4.2.3	Atividade enzimática	53
4.2.4	Confecção dos pães por método direto	54
4.2.5	Análise de textura	56
4.2.6	Determinação da altura, peso e perda de umidade dos pães após a cocção	56
4.2.7	Análises Estatísticas	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	Reologia das Farinhas	58
5.1.1	Energia de deformação	59
5.1.2	Extensibilidade máxima	61
5.2.	Análise da atividade enzimática	63
5.3	Análise de força máxima de deformação dos pães após a cocção	65
5.4	Análise da altura dos pães após cocção	67
5.5	Análise de peso dos pães após a cocção	68
5.6	Análise da perda de umidade dos pães após cocção	69
6	CONCLUSÃO	72

APÊNDICE A- Tabelas dos resultados obtidos para as análises reológicas, tecnológicas, físicas e de textura	73
APÊNDICE B- Estudos Estatísticos de diferentes variáveis em farinhas de trigo fortes e fracas	77
APÊNDICE C- Estudos Estatísticos de diferentes variáveis nos pães prontos	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

## Lista de Figuras

	Página
1. Alveógrafo de Chopin	53
2. Aparelho de Hagberg	54
3. Texturômetro	56
4. Análise da energia de deformação de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	59
5. Análise da energia de deformação de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	60
6. Análise da extensibilidade de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	61
7. Análise da extensibilidade de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	62
8. Análise da atividade enzimática de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	64
9. Análise da atividade enzimática de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	64
10. Análise da força máxima de deformação para pães, após cocção, a base de farinhas de trigo e trigo Integral	66
11. Análise da força máxima de deformação para pães, após cocção, a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho	66
12. Análise da altura dos pães, após cocção, a base de farinhas de trigo e trigo Integral	67
13. Análise da altura dos pães, após cocção, a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho	67
14. Análise do peso dos pães, após cocção, a base de farinhas de trigo e trigo Integral	68

15. Análise do peso dos pães, após cocção, a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho 69
16. Análise da perda de umidade dos pães, após cocção, a base de farinhas de trigo refinado e trigo Integral 70
17. Análise de perda de umidade dos pães, após cocção, a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho 71

## Lista de Tabelas

	<b>Página</b>
1. Perda de umidade padrão para pães a base de farinha de trigo	25
2. Formulação dos pães com utilização de farinha de trigo, utilizados no presente trabalho	54
3. Formulação dos pães confeccionados com diferentes farinhas irradiadas, utilizadas no presente trabalho	55
4. Energia de deformação ( $10^{-4}$ J) de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	73
5. Energia de deformação ( $10^{-4}$ J) de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	73
6. Extensibilidade de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	73
7. Extensibilidade de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	74
8. Atividade enzimática de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	74
9. Atividade enzimática de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação	74
10. Variáveis para pães com substituição total da farinha de trigo por farinha de trigo irradiada em diferentes doses	75
11. Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de trigo irradiada em diferentes doses	75
12. Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de trigo integral irradiada em diferentes doses	75
13. Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de centeio irradiada em diferentes doses	76
14. Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por sêmola de milho irradiada em diferentes doses	76
15. Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de polpa de banana verde irradiada em diferentes doses	76

## 1 INTRODUÇÃO

O primeiro pão que se tem notícia data do período neolítico (10.000-4.000 a.C.). Sua origem estaria diretamente relacionada com o fato de os grupos nômades terem se sedentarizado e, desta forma, terem substituído a caça pela busca de alimentos mais próximos de suas comunidades. Entre estes alimentos podem ser citados a cevada, o trigo, o millet e outros grãos, consumidos na sua forma bruta, sendo apenas triturados e cozidos, como uma espécie de mingau. Com o passar do tempo as comunidades desenvolveram técnicas de cultivo de grãos, que propiciaram a confecção de bolachas não fermentadas e outros produtos derivados dos grãos, dando início a uma tecnologia rudimentar de panificação (FLANDRIN & MONTANARI, 1999).

A tecnologia começou a ganhar forma com os egípcios (4000 a.C.) quando, por acidente, perceberam que com a utilização de partes de massas deixadas de um dia para o outro, poderiam gerar pães mais aerados e macios substituindo, então, as bolachas duras. Estas massas traziam um dos principais fundamentos da panificação; a fermentação. Esta contribuição manteve-se durante séculos, sendo aperfeiçoada pelos gregos, romanos e pelos povos por eles conquistados. Através deste fundamento, o processo de produção de pães começou a se desenvolver, e cada civilização criou seus próprios métodos de produção de pães (FLANDRIN & MONTANARI, 1999).

Os romanos se caracterizaram por desenvolverem métodos que evoluíram o processo de moagem e estocagem de grãos (INGRAM & SHAPTER, 2005). Com a centralização pelos romanos da gestão dos moinhos, houve uma melhora e aumento considerável na produção de farinhas, visto que, por possuírem um território extenso, tinham a capacidade de otimizar o processo de colheita e moagem, podendo colher por todas as regiões e moer em um único moinho. Antes dos romanos, tal fenômeno não era possível, pelo fato de que cada região era autônoma, não havendo uma distribuição dos grãos (DELACRÉTAZ, 1993).

Junto à construção de aquedutos, pontes, os romanos construíram inúmeras padarias e o responsável pela produção deveria ser romano podendo possuir escravos para auxílio. Todas estas padarias pertenciam ao Estado romano e para se tornar o padeiro era necessária indicação de alguns senadores, sendo o nome escolhido publicado sob a forma de decreto. Os romanos acreditavam que desta forma poderiam suprir, em parte, a alimentação das populações garantindo, em troca, o trabalho destas. Uma obrigatoriedade que o Estado romano exigia do padeiro responsável era da produção diária sem a possibilidade de faltas, com exceção de tempos de falta de grãos, sendo o padeiro punido ou até rebaixado a escravo (INGRAM & SHAPTER, 2005).

Este processo da aquisição dos moinhos até a evolução e 'privatização' das padarias ocorreu entre 200 a.C. a 100 d.C. Por volta do século 1 d.C, de acordo com Juvenal (JUVENAL, 1d.C *apud* GUARINELLO, 2007), com o crescimento urbano vieram também os problemas sociais para Roma. A escravidão gerou muito desemprego na zona rural, pois muitos camponeses perderam seus empregos. Esta massa de desempregados migrou para as cidades romanas em busca de empregos e melhores condições de vida. Receoso de que pudesse acontecer alguma revolta de desempregados, o imperador, na época de Tibério, criou a política *Panem et Circences* conhecida como Pão e Circo. Esta consistia em oferecer aos romanos e escravos, alimentação e diversão em grandes construções denominadas de circos. Nestas eram distribuídos, gratuitamente, pães de diversos tipos que, de outra forma, teriam de ser pagos para consumo. Considera-se que esta medida tinha como finalidade a diminuição da possibilidade de revolta das populações mais pobres pelas condições precárias nos quais habitavam (GUARINELLO, 2007).

Até o início do século XIX, a tecnologia evoluiu e inúmeras modificações foram feitas, tanto nas técnicas de obtenção da farinha, quanto na produção de "fermentos naturais" (culturas selvagens), nas técnicas de mistura das matérias primas, nos tipos de fornos e nas formas de preservação dos pães assados (FLANDRIN & MONTANARI, 1999).

No final do século XIX a tecnologia da panificação evoluiu pelo desenvolvimento do fermento, constituído preponderantemente por um único fungo (*Saccharomyces cerevisiae*). Esse desenvolvimento só foi possível graças à descoberta do cientista francês Louis Pasteur, em 1860, da associação do fenômeno fermentativo à atividade dos microorganismos em ambientes com baixo teor de oxigênio (JACOB, 1944; GUINET, 1992). Este foi o primeiro passo para o desenvolvimento da panificação no sentido que a temos hoje. Logo se criou equipamentos que desenvolvessem melhor as massas e diminuísse os espaços físicos de produção, visto que não eram mais necessárias áreas para armazenar as esponjas feitas anteriormente (SUAS, 2009). Inúmeras soluções de tempo de produção e estocagem foram implantadas e os processos, assim, otimizados.

O objetivo da irradiação aplicada a alimentos é a preservação destes e o aumento de sua vida útil. Além de aumentar o tempo de conservação, o tratamento pode ser utilizado para a destruição de bactérias patogênicas, e eliminação de pragas de frutas, por exemplo, sendo considerado um bom tratamento sanitário e fitossanitário. O retardo de maturação e senescência (envelhecimento) de frutas e a inibição de brotamento de bulbos e tubérculos também podem ser citados como influências benéficas no tratamento de produtos alimentícios (DIEHL, 1995). A radiação ionizante altera a estrutura da matéria prima tanto quanto outros processos aplicados em alimentos, como pasteurização, congelamento (HAYES et al., 1995). Contudo, é da maior importância conhecer os efeitos da radiação ionizante em diferentes tipos de farinhas e amidos em relação ao comportamento subsequente na tecnologia de produção de pães.



## **2 OBJETIVO**

O objetivo da presente dissertação de mestrado é a avaliação das alterações causadas pela radiação ionizante em diferentes tipos e quantidades de produtos ricos em amido (farinhas de trigo, centeio, polpa de banana verde e milho) nas características reológicas, tecnológicas, físicas e de textura.

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

### *3.1. Farinhas e amidos*

A tecnologia da panificação tem um de seus pilares na fermentação e nas suas conseqüências nas operações unitárias da indústria de panificação. As operações unitárias são definidas, de acordo com Michel Suas (2009), como etapas lógicas e sucessivas que garantirão a transformação das matérias primas em pães. Porém é da maior importância o tipo de matéria prima, e neste caso, a farinha de trigo destaca-se. Ela é a principal responsável pelas características do produto final (SUAS, 2009).

De acordo com a resolução CNNPA No. 12 de 24 de julho de 1978 (BRASIL, 1978), que legisla sobre as normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas, farinha é definida como o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados. Esta resolução considera também que as farinhas podem ser divididas em dois grandes grupos, segundo suas características (origem). O primeiro é denominado farinha simples e consiste no produto obtido da moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de uma só espécie vegetal. O segundo é denominado farinha mista e é obtido pela mistura de diferentes espécies vegetais. A resolução ainda cita que o produto será designado com o título farinha seguida do nome do vegetal de origem. Na panificação as farinhas mais utilizadas são derivadas de grãos de trigo, centeio, cevada, triticale, milho, mandioca, sarraceno e mais recentemente de polpa de banana

verde. A seguir as farinhas serão apresentadas de acordo com suas características e utilizações em produtos alimentícios.

### **3.1.1 Farinhas de trigo**

A farinha de trigo é definida pela portaria no. 354 de 18 de Julho de 1996 (BRASIL, 1996), que legisla sobre as características mínimas de qualidade que deverão obedecer a farinha de trigo. Esta legislação refere-se ao produto obtido a partir da espécie *Triticum seativan* ou de outras espécies do gênero *Triticum* reconhecidas (exceto *Triticum durum*) através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado (ANDERSSON et al., 2010). No Brasil, ela pode ser denominada como dura ou forte, semi-dura ou fraca ou ainda mole. Essa denominação está diretamente relacionada à quantidade de proteína (glúten) que possui e assim, determina o tipo de uso apropriado. A dura é obtida a partir do *Triticum durum*, possui alto teor de glúten (14%) e é recomendado para o uso na confecção de massas alimentícias. A farinha semi-dura é obtida pela moagem do *Triticum seativan*, possui teor médio de glúten (10-13%) e é recomendado para o uso na produção de pães. O último, trigo mole, também é obtido a partir do *Triticum seativan*, porém possui baixo teor de glúten (7-9%) e é recomendado para o uso na produção de bolos e produtos de confeitaria (CANELLA-RAWLS, 2006).

Para cada período em que o trigo é semeado, nos países da Europa e EUA, ele recebe uma denominação diferente. Quando semeado entre outubro e novembro, é denominado de trigo de inverno; quando entre março e abril de trigo da primavera e quando entre janeiro e fevereiro de trigo alternativo. A germinação é a etapa que segue e pode durar de oito a vinte dias, dependendo da temperatura ambiente. Há então o aparecimento de folículos resultantes de uma fermentação secundária das folhas, bem como folhas e flores. Logo após o aparecimento das folhas, o broto estende-se surgindo uma sutil espiga de trigo. No processo que segue há uma floração seguida de auto-fecundação pelo fato da flor do trigo ser bissexual. Quando a espiga apresenta em torno de 45 a 60 grãos ela interrompe o processo anterior de fecundação e aumenta de volume até atingir seu tamanho definitivo. Este período é denominado de maturação e neste pode-se observar, também, um coloração mais intensa das folhas aliado a uma

diminuição da umidade dos grãos que diminui de 45% a 15%. Quando os grãos atingem esta umidade, ocorre então a colheita.

Mesmo nos dias atuais, a colheita ainda é feita à mão com a utilização de foices. Logo após a colheita nos campos há uma separação dos grãos das espigas e esses são armazenados em silos, visto que não podem ser moídos logo em seguida à colheita. Há a necessidade de que os grãos, antes da moagem, sejam secados e ventilados constantemente até que a umidade relativa interna seja inferior a 14%, momento ideal para que ocorra a moagem, visto que a atividade enzimática é baixa (DESCHAMPS & DESCHAITRE, 2002).

O Brasil não tem capacidade, por suas condições climáticas, de produzir suficiente trigo para auto-sustentação. Portanto importa de inúmeros países, sendo o maior fornecedor, por acordos instituídos no MERCOSUL, a Argentina. Como o trigo é um alimento estratégico, busca-se o desenvolvimento de trigos que tenham a capacidade de gerar produção significativa em solos e climas inapropriados para as espécies de trigo mais conhecidas. Para tanto, a EMBRAPA, vem desenvolvendo espécies geneticamente modificadas, com intuito também de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do trigo brasileiro (SHEEREN et al., 2007).

O melhoramento genético de trigo no Brasil começou em 1919, com a criação, pelo Ministério da Agricultura, de estações experimentais em Alfredo Chaves (hoje Veranópolis, RS) e em Ponta Grossa, PR. Naquela época, o trabalho de melhoramento era basicamente direcionado para a seleção de plantas em progênies oriundas de coletas de sementes de genótipos utilizados pelos colonos. Somente em 1925 foram realizados os primeiros cruzamentos artificiais em trigo. Como conseqüência desses primeiros trabalhos, foi lançada para cultivo, em 1940, a cultivar Frontana, considerada até hoje a maior contribuição do melhoramento genético nacional para o trigo no mundo, principalmente pela resistência da planta adulta à ferrugem da folha, resistência à debulha e à germinação na espiga.

Em 1970 houve um maior desenvolvimento do melhoramento genético de trigo no Brasil, com a criação de vários centros de pesquisa na Região Sul, estatais e privados, com destaque para o Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS). Esta medida possibilitou a expansão da área de cultivo deste cereal e, como conseqüência, surgiram diversas cooperativas. As comissões técnicas de pesquisa auxiliaram na sistematização e racionalização do trabalho de pesquisa, que até então ocorria de forma empírica.

Os programas de melhoramento, sugeridos pelos centros de pesquisa, tem por objetivo: obter cultivares tolerantes à acidez do solo; buscar genótipos com genes de resistência às principais doenças do trigo; melhorar o tipo agronômico, o potencial produtivo e a qualidade tecnológica. Atualmente, esses programas de melhoramento buscam a criação de cultivares mais equilibrados, em relação ao desempenho agronômico e industrial, para aumentar a vida útil de lavoura, por meio da incorporação de genes de resistência durável às principais moléstias biotróficas do cereal. Porém, o grande desafio da triticultura nacional é a expansão do cereal para outras regiões brasileiras, como os Cerrados (SOUSA, 2004 *apud* SCHEEREN et al., 2007).

O sucesso do melhoramento genético do trigo no país tem sido obtido tanto pelo método de cruzamentos quanto pelo de introdução de outros cultivares. Poucos resultados foram obtidos por mutação. Como prova da contribuição genética dos programas de melhoramento de trigo, para a cadeia produtiva deste cereal no Brasil, de 1922 até 2003, foram recomendadas 429 cultivares. Somente no Rio Grande do Sul, por exemplo, estavam recomendadas para cultivo, no ano de 2004, mais de 50 cultivares de diferentes obtentores (Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2004 *apud* SCHEEREN et al., 2007).

### **3.1.1.1 Processo de moagem para obtenção de farinha de trigo**

A moagem é o processo tecnológico que transforma, através de ação mecânica, grãos em um pó de baixa granulometria denominado farinha. Não se tem

nem uma data, nem um povo específico que desenvolveu este processo. O que se sabe é que os gregos, na antiguidade, já dominavam as técnicas e que os romanos aprimoraram, desenvolvendo moinhos com eixos cônicos que poderiam se deslocar sobre seu epicentro, uns contra os outros. O resultado deste atrito gerado sobre os grãos produziria a farinha (WANG et al., 2009). Na época dos romanos poucas eram as formas de energia que existiam para possibilitar a rotação destes eixos. Inicialmente utilizaram a força humana e animal e, constatando sua ineficiência, chegaram ao uso da força da água como meio de energia. Apesar de haver um grande desenvolvimento nas áreas de construção civil e saneamento, a moagem continuou sem alterações consideráveis no processo até o início do século XIX. Antes deste período a única alteração foi a da substituição em inúmeros países de moinhos a água por moinhos a vento. No início do século XIX, com a invenção da máquina a vapor, o processo que antes era desenvolvido por água, passou a ser por motores que exerciam a força mecânica sobre os eixos, fazendo-os girar. Esta evolução alterou a panificação, visto que como os motores poderiam trabalhar em um processo contínuo, o rendimento seria maior e a produção, conseqüentemente, aumentaria. Antes havia constante falta de farinha, por falta de energia suficiente para o funcionamento dos moinhos. Com a modernização todo o processo que antes era artesanal, tornou-se automatizado, ocorrendo menor número de acidentes e erros de fabricação (SAYASLAN, 2005; DESCHAMPS & DESCHAITRE, 2002).

O processo de moagem pode ser dividido em duas etapas principais, que por sua vez podem ser divididas em outras etapas secundárias. Quando o grão chega ao moinho ele é pesado e separado por densidade dos grãos. Em seguida ocorre uma pré-higienização, com intuito de se retirar impurezas presas a casca e separar grãos atacados por algum tipo de parasita. Estes grãos higienizados são, então, estocados em diferentes silos, conforme suas características. As categorias principais são de grão inferior, que representa um grão cuja farinha apresenta qualidades reológicas inadequadas; grão de panificação, que apresenta características reológicas favoráveis à produção de pães e grãos de alto desempenho, que apresentam quantidades elevadas de proteínas (DORNBUSCH, et al., 2011). Após serem separados por suas

características, os grãos são novamente pesados. Em seguida fluem por uma esteira em cujas laterais estão afixados ímãs com intuito de extrair possíveis pedaços de ferro e outros metais. No final desta esteira, outro processo se inicia que é de ventilação dos grãos. Este permite a separação de possíveis pedriscos, palhas, folhas, galhos, entre outras impurezas. Em seguida há uma triagem que separa os grãos eliminando grãos alongados e grãos diferentes do que se pretende moer. Caso se pretenda moer trigo há a necessidade de se separar grãos de cevada ou centeio que podem ter se misturado no processo. A etapa que segue consiste em separar pedras remanescentes e aumentar a umidade relativa dos grãos. Para a extração das pedras, pode-se utilizar uma via seca ou úmida. A via seca consiste em, através de um ventilador, separar os grãos das pedras por densidade. Em seguida se deve umidificar os grãos, espargindo água sobre estes até que atinjam 16% de umidade. A via úmida consiste em dispor os grãos e pedras em tanques com água. Pela densidade, haverá uma separação. Em seguida deve-se extrair o excesso de umidade e secar os grãos até que atinjam 16% de umidade. O objetivo de se umidificar os grãos é de aumentar a taxa de umidade interna, o que é favorável à moagem, visto que o pericarpo e germe ficam amolecidos e se soltam facilmente do endosperma. Ressalta-se que a umidade não deve ultrapassar os 16%, porque deixaria o grão muito amolecido e o resultado da moagem seria inadequado, pelo fato de iniciar-se a atividade enzimática (antes do tempo indicado). Os grãos, já úmidos, são dispostos em grandes compartimentos nos quais são revolvidos para atingirem uma homogeneidade quanto a sua umidade interna. Em seguida há uma separação do pericarpo e do germe do grão. Após esta etapa o grão é estocado por entre 24 e 48 horas antes de seguir para a moagem (SAYASLAN, 2005; SOUSA, 2004 *apud* SCHEEREN et al., 2007).

Quando o grão de trigo apresenta as características apresentadas anteriormente de peso, pericarpo e pureza esta pronto para o processo de moagem. Os técnicos responsáveis pelo moinho têm a responsabilidade de escolher as melhores técnicas de moagem para extrair o máximo, excluindo-se rejeitos inconvenientes no processo. O processo de moagem pode ser descrito em nove etapas, que são a primeira moagem, a peneiração, a triagem, a segunda moagem, a terceira moagem, o

controle de qualidade do moinho e o condicionamento e etiquetagem.

Inicialmente ocorre a primeira moagem, em que o endosperma é separado do germe e pericarpo através de cilindros metálicos canelados. Cada cilindro mede entre 30cm e 1m de comprimento e tem de 18cm a 30cm de diâmetro. Cada ranhura do cilindro apresenta uma leve inclinação, podendo ser mais ou menos profunda. A velocidade de rotação é diferente para cada um dos cilindros, sendo que um tem uma maior rotação, enquanto a outra menor. Desta forma há um esmagamento do grão mais uniforme e lento. Os cilindros giram em direções contrárias, sendo distancia de espaçamento entre eles fundamental. Deve-se ressaltar que não somente a distância como também o espaçamento entre as ranhuras e nível de inclinação das mesmas. Os moinhos são equipados com de três a quatro moinhos dotados destes cilindros. Após esta moagem inicial os grãos triturados são encaminhados para peneiras denominadas *planchisters* (SAYASLAN, 2005).

A segunda etapa é de peneiração e consiste em passar as farinhas resultantes da primeira moagem por peneiras de espessura cada vez menor com intuito de separar produtos por grossura. Estas peneiras encontram-se, no processo após cada moagem e agem desta forma, como separadores por espessura. Os principais produtos coletados nas peneiras são a farinha fina, a sêmola, a farinha integral e os rejeitos (pedras, pericarpo, germe). A farinha fina é conduzida à moagem seguinte, as farinhas de sêmola e centeio podem ser conduzidas para controle de qualidade do moinho e o condicionamento e etiquetagem (SOUSA, 2004 *apud* SCHEEREN et al., 2007).

A farinha fina segue no processo para a triagem, em que é classificada em função de sua qualidade. O equipamento responsável por este processo utiliza a vibração por camadas em que se depositam as farinhas. Desta forma, as de maior peso tombarão nas primeiras camadas, enquanto as de menor peso continuarão no processo. O germe extraído, tanto neste processo quanto na peneiração são agregados e vendidos a indústria farmacêutica, pelo fato de apresentarem alto teor de

vitaminas A, B, C, D e E (SOUSA, 2004 *apud* SCHEEREN et al., 2007).

Após a etapa acima, a farinha segue para uma segunda moagem em que diminui seu tamanho pela ação de dois cilindros lisos que giram em sentidos contrários. Estes cilindros podem, também, servir para reduzir o tamanho da semolina, tronando-a farinha. Como apresentado anteriormente os produtos são novamente peneirados com intuito de se separá-los em categorias e as impurezas (SAYASLAN, 2005; DESCHAMPS & DESCHAINTRE, 2002).

Após a segunda moagem ocorre uma terceira moagem, que tem o objetivo de separar partes remanescentes homogeneizando assim o tamanho das partículas de farinha. Após este processo, novamente, a farinha passa por um processo de peneiração para separar os diferentes tipos de farinha e impurezas (SAYASLAN, 2005; DESCHAMPS & DESCHAINTRE, 2002).

Após a última moagem, com intuito de respeitar a regulamentação para fornecer os produtos correspondentes à demanda dos clientes é feito um processo de checagem da qualidade do produto fornecido pelo moinho. De forma geral, os moinhos devem apresentar taxa de cinzas, dose de umidade, taxa de qualidade de glúten, valor da força de acordo com o alveógrafo de Chopin (DESCHAMPS & DESCHAINTRE, 2002).

A última etapa é o condicionamento e etiquetagem da farinha. Na embalagem deve constar o nome e código do moinho, tipo de farinha, data limite de utilização, peso líquido, aditivos acrescidos e número do lote (DESCHAMPS & DESCHAINTRE, 2002).

Um fator de suma importância que deve ser tratado quando se fala de farinhas, são as condições de armazenamento, para evitar principalmente a proliferação de mofo e a presença de roedores. As principais medidas sugeridas para a armazenagem das farinhas são, o uso de depósitos revestidos internamente com



azulejos, limpos, longe dos fornos (para evitar a diminuição de umidade), ventilados, iluminados, mantidos a uma temperatura de 21° C e umidade relativa de 72% (ARAÚJO, 1975).

### **3.1.1.2 Características de composição das farinhas de trigo**

Na tecnologia de panificação, a farinha trigo é o principal constituinte das formulações e pode ser analisada pela sua composição e pelas suas características reológicas e tecnológicas.

As características de composição das farinhas, para as finalidades da tecnologia da panificação, podem ser resumidas nas diferentes proporções de amido, proteínas, lipídeos e materiais minerais. O amido apresenta-se na farinha de trigo como constituinte principal, representando 62,4% da composição, proteínas correspondem a 12,0%, lipídeos 2,5% e minerais 1,7% (GUINET, 1992). Com o intuito de diminuir doenças como anemia e outras deficiências nutricionais são comuns, em muitos países, a obrigatoriedade de incorporação de diferentes tipos de nutrientes nos alimentos, ou fortificação de alimentos. Os principais fortificantes agregados são compostos de ferro e ácido ascórbico, porém há países que agreguem também vitaminas tais como B e C (CENTENARO et al., 2007; SUOTO et al., 2008).

As proteínas presentes no trigo têm função primordial na estruturação da massa. As principais proteínas presentes na massa são a gliadina e a glutenina, que ao sofrerem um processo mecânico de mistura e ao serem hidratadas geram o glúten, responsável pelo desenvolvimento da massa, por reter os gases gerados na fermentação. Cada uma das proteínas, presentes no glúten, tem uma função específica. A glutenina é responsável pela elasticidade, enquanto a gliadina é responsável pela viscosidade e tenacidade (ARAÚJO, 1975; MAUCHER et al., 2009).

### 3.1.2 Outras farinhas

Com a industrialização, o ritmo de vida alterou-se, diminuindo o tempo das refeições e conseqüentemente suas qualidades. Substituiu-se uma dieta rica em tubérculos e fibras por alimentos de rápida absorção e rica em carboidratos, como pães. Estes, quando não há o acréscimo de outras farinhas, são nutricionalmente pobres, por não conterem macro e micro nutrientes necessários para uma dieta balanceada, e também apresentam baixo teor de aminoácidos primordiais como lisina e valina (SKRBIC & FILIPCEV, 2007). Nos últimos anos novas variedades de produtos de panificação vêm sendo desenvolvidas apresentando quantidades significativas de outros cereais em suas formulações (DEWENTTINCK et al., 2008). Esta mudança ocorreu pelo fato dos cereais integrais apresentarem alto teor de fibras, que são primordiais em dietas e por não sofrerem ação digestória no trato intestinal, conseguem assimilar carboidratos sendo utilizadas na prevenção da diabetes (LAPPI et al., 2009). Farinhas integrais (principalmente cevada e centeio) apresentam três vezes maior quantidade de fibras dietéticas do que o a farinha de trigo refinada (KNUDSEN & LAERKE, 2008). Além de fibras, estes cereais são ricos em uma vasta gama de nutrientes, vitaminas (principalmente B e E), zinco e fitoquímicos, como compostos fenólicos. Desta forma, uma dieta rica de cereais integrais são capazes de diminuir os níveis de colesterol, principalmente do tipo LDL no sangue (ADAM et al., 2002).

Na confecção de produtos alimentícios, a farinha de trigo, pela sua produção e preço, tem sido a matéria prima de maior uso. Algumas pesquisas tem mostrado, entretanto, que a sua substituição parcial ou total pode agregar benefícios aos produtos finais (SUAS, 2009; BATISTA et al., 2011). Milho, cevada, mandioca, batata doce, araruta, banana, soja e semente de girassol, por exemplo, apresentam-se como substitutos parciais de farinha de trigo e podem aumentar o valor nutricional de pães, reduzindo custos de produção pela diminuição da importação para países não produtores de trigo. Bhattacharjee et. al. (2006) sugerem que para não haver alterações na produção e características sensoriais, as substituições da farinha de trigo devem seguir as seguintes proporções:

a) milho 20%;

- b) cevada 15%;
- c) mandioca 15%;
- d) batata doce 20%;
- e) araruta 10%;
- f) banana 15%;
- g) soja 5%;
- h) semente de girassol 15%.

Outro estudo realizado por Othira et. al. (2004), investigou as alterações nas propriedades de desenvolvimento de massas, tal como absorção de água e estabilidade, nas quais houve substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de milho, cevada, centeio, mandioca, batata doce, araruta, banana, soja e sementes de girassol. Os autores concluíram que, para não haver alterações indesejáveis nas características da massa a máxima substituição corresponde a:

- a) milho 20%;
- b) cevada 15%;
- c) mandioca 20%;
- d) batata doce 15%;
- e) araruta 15%;
- f) banana 10%;
- g) soja 5%;
- h) sementes de girassol 10%.

No Brasil buscou-se o estabelecimento de uma lei federal que obrigasse a incorporação de 15% do peso de uma saca de farinha de trigo por farinha de mandioca, o que equivale a 7,5kg. Esta lei não foi aprovada, mas a idéia de se desenvolver técnicas para possibilitar a produção de pães com a inclusão de farinhas de outros grãos prosperou.

Além dos fatores econômicos, o aumento do uso de farinhas de outros grãos deve-se também a aspectos nutricionais específicos. Existe uma doença denominada

celíase na qual, há uma intolerância ao glúten presente em trigo, centeio, aveia e outros cereais. As pessoas que apresentam essa doença sofrem de um processo no qual o glúten provoca a atrofia da mucosa pelo fato de revestir a parte interna do intestino delgado, tornando-a lisa. Este fato pode provocar diarreia e emagrecimento, pois a superfície de absorção de nutrientes diminui e em casos drásticos pode ocorrer a morte (LOPES, 1999; LÓPEZ et al., 2004; CLERICI & EL-DASH, 2006).

Com o intuito de possibilitar que pessoas que sofrem celíase possam ainda consumir pães, muitos estudos tem sido desenvolvidos para obtenção de substitutos do glúten, mediante o uso de farinha de milho, mandioca e arroz (LÓPEZ et al., 2004) ou de certos polissacarídeos (HAQUE et al., 1994; CLERICI & EL-DASH, 2006). A polpa de banana verde tem merecido grande interesse como ingrediente em dietas para estes pacientes (MASTRO et al., 2007). A doença celíaca se manifesta geralmente na infância, entre o primeiro e terceiro ano de vida, mas pode surgir em qualquer idade. Os portadores da doença não podem ingerir alimentos que possuem glúten em sua composição ou processo de fabricação (ACELBRA, 2010).

Dentre outros cereais ou grãos que cabe mencionar com potencial para panificação, destaca-se o triticale que é um cereal obtido artificialmente pela hibridação de centeio (*genus Secale*) com o trigo (*genus Triticum*) que contém 11,11% de proteínas e 64,95% de amido (CANELLA-RAWLS, 2006; GUINET, 1992; BIGGS, 1982) e o sarraceno que é uma planta da família *Polygonaceae*. Seus grãos são utilizados na produção de farinha, pois possui 64,10% de amido e 14,52% proteínas (CANELLA-RAWLS, 2006) (GUINET, 1992).

### **3.1.2.1 Farinha de centeio**

Tal como a farinha de trigo outras farinhas podem ser usadas para produção de pães. A farinha de centeio é proveniente do cereal de mesmo nome (*Secale cereale*) e é largamente produzido e utilizado na região norte, central e leste da Europa, visto que se desenvolve bem em climas frios. Este cereal é muito utilizado a produção de pães, podendo também ser empregado em dietas animais.

A farinha de centeio conta com 10,7% de proteínas e 62,39% de amido (Canella-Rawls, 2006). Este grão contém também alto índice de fibras dietéticas (FD) podendo variar de 13 a 22%. Os países do leste europeu, como comentado, apresentam grande consumo deste cereal, fato que aparece na quantidade de fibras dietéticas consumidas por habitante 20g por dia, valor um pouco inferior ao recomendado que é de 25-35 g por dia (RAKHA et al., 2009) (DREHNER, 1987). O fato de apresentar grande quantidade de fibras torna-o um substituto potencial do trigo (CANELLA-RAWLS, 2006) (GUINET, 1992) (RAKHA et al., 2009). Dietas a base de grãos integrais podem diminuir a incidência de doenças crônicas como a diabetes, obesidade e doenças do coração, já que estes grãos possuem concentrações de compostos fenólicos responsáveis por tais benefícios fisiológicos. Um estudo recente estabeleceu que há uma concentração de 103-300mg de compostos fenólicos em cada 100g de grãos de centeio, comprovando, desta forma, a possível utilização deste cereal como alimento funcional (PONS, 2009).

### **3.1.2.2 Farinha de milho**

O milho é um grão, que apesar de ter sua origem nas Américas, é produzido no mundo inteiro, sendo utilizado para ração alimentícia e até em produtos farmacêuticos. Apesar de apresentar grande quantidade de amido (59,82%), diferentemente do trigo não possui glúten. Apresenta, por outro lado, um considerável teor de proteínas de 10,25% (CANELLA-RAWLS, 2006; GUINET, 1992). Sua farinha é obtida pela moagem do grão de milho (*Zea mays*, L.), desgerminado ou não (portaria nº 354 ). Um estudo publicado na revista *Food Chemistry* em fevereiro de 2003 apresentou a substituição de farinha de trigo por farinha de milho (2,4%) na confecção de biscoitos, visando observar possíveis alterações nas características reológicas e físico-químicas do mesmo. Com os dados obtidos, foi possível se concluir que houve aumento no índice de absorção líquido pela massa e diminuição no fator de ruptura dos biscoitos, fatos que alertam para a possível substituição de farinha de trigo por esta farinha (SINGH et al., 2003).

A substituição da farinha de trigo pela de milho, teve também grande sucesso, como mostra o estudo de utilização de farinhas mistas ricas em fubá na produção de biscoitos (GUILHERME, 2005) substituindo a utilização única de farinha de trigo. Neste estudo se substituiu parcialmente a farinha de trigo por fubá mimoso e procedeu-se um biscoito não-fermentado, semi-doce duro e formado por rolo. O resultado deste estudo apresentou-se satisfatório nos quesito sensorial, pois quando comparado a um biscoito executado apenas com farinha de trigo, não apresentou nem textura nem volume adequados. Por outro lado, apresenta melhor qualidade nutricional.

### **3.1.2.3 Farinha de banana verde**

A banana (*Musa spp*) é produzida na maior parte dos países de clima tropical. Foi comprovado que a banana verde cozida pode trazer inúmeros benefícios à saúde como diminuição do índice de glicogênio e possíveis problemas cardíacos (CORDENUNSI et al. 1998). Estes benefícios estão relacionados com o fato da banana, antes do seu amadurecimento, possuir um tipo específico de amido, que não é degradado durante a digestão, denominado amido resistente.

Para obtenção da farinha, é necessário que a banana ainda verde, seja seca em uma estufa com temperatura e umidade controlada e em seguida pulverizada. Por apresentar características benéficas, a farinha de banana está sendo agregada a produtos alimentícios funcionais (CARSON, 1998). Um estudo publicado por Tribess et. al. (2009), apresentou uma correlação entre a temperatura de secagem da farinha de banana e a quantidade de amido resistente, bem como sua decorrente temperatura de gelatinização. A farinha de banana, neste experimento, foi seca a 52, 55 e 58° C, com velocidades de 0, 6, 1,0 e 1,4 m s<sup>-1</sup>. Os autores concluíram que quanto maior a temperatura de secagem maior a temperatura de gelatinização e que a temperatura de 55° C com velocidade de 1,0 a 1, 4 m s<sup>-1</sup> apresentou a maior quantidade de amido resistente.

A farinha de banana é um alimento rico em amido e é composto de altos níveis de compostos não digeríveis, como amido resistente (OVANDO-MARTINEZ et.

al. 2009). Este amido atua, no organismo, como uma fibra alimentar sem ser digerido no processo (BLE-CASTILLO et al., 2008). A banana verde é rica (até 84%) em amido resistente, segundo Freitas e Tavares (1998). Por não ser digerido no intestino delgado, essa fração compartilha muitas das características e benefícios atribuídos à fibra alimentar no trato gastrintestinal (MUIR & O'DEA, 1992) (AGAMA-ACEVEDO et al., 2009). De acordo com Juarez-Garcia et al. (2006), pães desenvolvidos a base de farinha de banana verde, por possuírem este tipo de amido geram um menor índice glicêmico (65%), quando comparados a um pão sem farinha de banana (88%). Os autores concluem que a farinha de banana pode ser um ingrediente potencial na panificação pelo fato de possuírem carboidratos de lenta digestão.

Há a possibilidade, também, da utilização farinha de banana verde na formulação de massas do tipo *spaghetti*, substituindo-se a semolina de trigo pelas frações de 15, 30, e 45% de farinha de banana verde. Essa adição resulta em decréscimo na leveza e no diâmetro da massa e em maior absorção de água (AGAMA-ACEVEDO et. al. 2009) (SAGUILAN et al., 2007). Outro estudo, com o mesmo enfoque, foi desenvolvido mediante a substituição da semolina de trigo do *spagetti* por farinha de banana verde nas proporções de 5, 10, 15 e 20%, porém, teve como intuito definir parâmetros físico-químicos específicos, tais como composição química, conteúdo de amido resistente, peso após cocção, perdas de cocção e firmeza (HERNANDEZ-NAVA et. al. 2009). Os autores concluíram que das substituições executadas a de 15% de farinha de banana pode ter grande potencial para aceitação comercial. Outro estudo também mostrou que aproximadamente 50% do amido contido na massa alimentícia feita com essa farinha de banana verde, não sofreu degradação, corroborando o conceito de amido resistente contido nessa farinha (RENDON-VILLALOBOS et. al. 2008).

Sothornvit e Pitak (2007) mostraram a possibilidade de desenvolvimento e utilização de filmes produzidos com farinha de banana, podendo ser uma possível substituição a filmes a base de materiais plásticos. Este filme, de farinha de banana, poderia ser utilizado na produção de sachês ou embalagens para alimentos secos.

### 3.1.3 Amido

Os carboidratos ou sacarídeos são compostos ternários formados de carbono, hidrogênio e oxigênio em geral, na proporção de um carbono para dois hidrogênios e para um oxigênio  $\{CH_2O\}_n$ . Quimicamente são polihidroxiáldeídos ou cetonas. São descritos fundamentalmente pela sua função biológica.

O amido é um dos polímeros funcionais mais importantes pela sua capacidade gelificante, sua viscosidade e sua capacidade de retenção de água (DUBAT, 2004). Este pode ser classificado, para finalidades práticas, entre danificado e não danificado. Não existe uma diferença, considerando-se as características químicas, considerável entre os dois. O amido, por sua estrutura semi-cristalina, pode ser comparado a outras partículas sólidas, pelo fato de poder ser danificado por operações mecânicas (DUBAT, 2004). De acordo com Viot (1992), no processo de moagem, independente do tipo de moinho, 5 a 12 % dos grânulos de amido são danificados (VIOT, 1992 *apud* DUBAT, 2004). De acordo com Dubois (1949), grânulos de maior dimensão estão sujeitos a maior dano e dependendo da sua elasticidade diferentes tipos de danos podem ocorrer como cisões ou quebras em partes menores. Estes danos ocorrem como decorrência de duas fases diferentes, sendo a primeira na primeira quebra do grão, quando em contato com os rolos de moagem e a segunda quando da trituração do endosperma para obtenção de menor dimensão. Há uma relação direta, também, no tempo de moagem e resistência do grão, sendo que quanto maior forem estes parâmetros, maior a quantidade de amido danificado obtido (DUBOIS, 1949 *apud* DUBAT, 2004). O amido danificado pode ser considerado, por um conceito físico arbitrário, como aquele que absorve maior teor de água (FARRAND, 1963). De forma geral o amido danificado pode absorver de 2 a 4 vezes o seu peso em água quando comparado ao amido não danificado que só pode absorver até 0,4 vezes o seu peso. O amido danificado é objeto de ataque preferencial de enzimas específicas, como exemplo  $\beta$ -amilase que não tem ação direta sobre o amido não



danificado. O amido danificado é então, uma conseqüência lógica e inevitável do processo de moagem do trigo e deve ser compreendido e buscado de acordo com o produto que se deseja atingir (DUBAT, 2004).

### **3.1.3.1 Composição do amido**

O amido é um polímero de D-glicose, muito parecido com o glicogênio e é composto de amilose e amilopectina. A amilose apresenta-se na forma de  $\alpha$ -amilose, ou seja, resíduos de glicose unidos por ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$ . A amilopectina tem sua cadeia principal idêntica a amilose, porém contém ramificações formadas por ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$ , que ocorrem a cada 20 a 30 resíduos de glicose (BAYARDO, 2005). Estas cadeias ramificadas ao se juntarem formam grânulos esféricos que podem variar em tamanho de 20-25  $\mu\text{m}$  ou 2-10  $\mu\text{m}$  (DUBAT, 2004). As características físico-químicas, tais como as variações de temperatura de geletinização e viscosidade de amidos de frutas, no caso banana e manga, diferenciam-se por causa de suas características estruturais.

Um estudo elaborado por Espinosa-Solis et al. (2009), mostrou que as características físico-químicas, tais como as variações de temperatura de geletinização e viscosidade de amidos de frutas, no caso banana e manga, diferenciam-se por causa de suas características estruturais. Estas características são apresentadas pelos autores supre-citados, através da morfologia, massa molar e distribuição da cadeia. Quanto às características morfológicas, é apresentado o fato de que, o amido de manga apresenta grânulos maiores, com formato esférico ou em forma de domo, enquanto o amido de banana apresenta grânulos alongados. A amilopectina, do amido, de ambas as frutas apresentou baixa massa molar quando comparado ao amido de milho. Houve uma menor distribuição percentual das cadeias curtas, da amilopectina, no amido de banana, quando comparado ao amido de manga.

### **3.1.3.2 Classificação do amido**

O amido pode ser classificado de acordo com sua estrutura físico-química e de sua susceptibilidade a hidrólise enzimática. Esta última corresponde à velocidade em que ele é digerido por amilase pancreática e amiloglicosidade. Desta maneira o

amido pode ser classificado em três tipos: rapidamente digerível, lentamente digerível e resistente. A diferença entre eles é que o primeiro é transformado em glicose em 20 minutos, o segundo em 120 minutos e o terceiro é imune, não sendo transformado durante o processo (ENGLYST, 1987). No trigo, principalmente trigo *durum*, o amido ocorre em uma proporção de 6 para 1 quando comparado às proteínas, ou corresponde de 67 a 68 % do grão, ou de 78 a 82% da farinha após a moagem do grão (DUBAT, 2004), o que demonstra que este é um componente fundamental na farinha e que a maior parte das características que poderão ser observadas (tecnológicas, reológicas, sensoriais), se dá nas inter-relações entre o amido e outros compostos, ou fenômenos no processo de panificação (FARRAND, 1963).

### **3.2 Panificação**

Um dos fatores principais a se considerar, em relação a produção de massas fermentadas, é a quantidade de água que determinada farinha obtida da moagem de grãos tem capacidade de absorver (FARRAND, 1963). O amido apresenta três funções principais na panificação. A primeira, como mencionado, é a de absorver a água. A capacidade de absorção de água aumenta proporcionalmente em função da quantidade de amido danificado presente na farinha. Desta forma busca-se aumentar ao máximo possível a quantidade de amido danificado na farinha. Deve-se ressaltar, todavia, que uma quantidade excessiva de amido danificado na farinha pode gerar massas pegajosas e uma crosta indesejável, no produto final, de cor avermelhada (DUBAT, 2004). Esse autor estabeleceu que a utilização de farinhas com maior teor de amido danificado, pode gerar produtos com variações em suas características. Para a produção de pães achatados, como “pães sírios” e “pittas” utilizar uma farinha com grande teor de amido danificado apresenta uma vantagem considerável, por absorver maior quantidade de água e conferir ao pão uma característica de textura de acordo com o que é desejável para este tipo de produto. Pães aerados, como ‘*baguette*’, ‘pão francês’, são muito sensíveis ao amido danificado, visto que apesar de haver um aumento considerável na absorção de água, as massas, no período de mistura e desenvolvimento podem ficar pegajosas e de difícil manuseio, o que dificulta a modelagem e como o amido é facilmente atacado pelas enzimas, pode acontecer:

- a) aumento da intensidade da coloração da crosta (por reação de *maillard* e caramelização);
- b) uma massa mais pegajosa após mistura e desenvolvimento, e
- c) aumento do volume durante os períodos de fermentação com, caso haja uma fermentação excessivamente longa, queda no período de cocção do pão.

Esses fenômenos observados podem ser explicados pelo fato do amido danificado se gelificar facilmente (MORRISON et al., 1993).

Outro produto estudado foi o grupo dos biscoitos (biscoitos, *cookies*, *crackers*), que apresentou grandes variações indesejáveis, como densidade, volume e tempo de cocção para os mesmos, do que se infere que a utilização de amido danificado nestes produtos deve ser reduzida ao máximo. As massas alimentícias também foram estudadas e, como para o grupo dos biscoitos, sugere-se que se reduza ao máximo a quantidade de amido danificado na farinha utilizada.

A segunda função do amido na panificação é de servir de alimento para o fermento, sofrendo quebra pelas enzimas, tanto contidas na farinha quanto no fermento. Esta quebra em carboidratos menores permite que ocorra a fermentação alcoólica e, desta forma, a produção de gás para o crescimento dos pães além da formação de aromas e sabores (GUINET, 1992). A terceira função do amido é estrutural, visto que quando submetido a uma fonte de calor (e no pão corresponde a uma temperatura de 50° C), e na presença de água gelifica, proporcionando as características do miolo do pão (CANELLA-RAWLS, 2006). A gelificação do amido corresponde à perda da cristalinidade de cadeias de curto, médio e longo porte dos grânulos de mesmo, sendo que estas propriedades podem ser melhores observadas nas moléculas de amilopectina. (MORRISON et al., 1993).

### **3.2.1 Matérias primas utilizadas na panificação**

A farinha de trigo é a matéria mais importante na panificação, de tal forma que as demais matérias primas, são ajustadas de forma proporcional. Por este motivo

há uma necessidade constante de estudo de suas características, para determinação dos melhores métodos e quantidades apropriadas com intuito de se obter o melhor produto.

Na indústria da panificação é utilizado, comumente, um sistema denominado de 'porcentagem do padeiro' (*Baker's Percentage*), que consiste em calcular percentualmente a quantidade de emprego de cada matéria prima em função do peso total da farinha de trigo. Desta forma, a farinha é considerada como 100% e as demais matérias primas, são calculadas sobre este valor. Existem ainda dois outros sistemas de medição das matérias primas, considerando-se o percentual. A primeira é o cálculo sobre o peso da massa total e a segunda é o cálculo sobre a base de água (*Pail System*). A primeira considera a soma de todas as matérias primas e esta corresponde ao peso da massa, ou 100%, sendo então as demais matérias primas calculadas sobre este valor total. A segunda é utilizada para farinhas que apresentam uniformidade de absorção, desta forma calculam-se as demais matérias primas sobre o valor total da água utilizada (ARAUJO, 1975).

As matérias primas podem ser divididas em macro-ingredientes e micro-ingredientes. Os macro-ingredientes são aqueles que em uma formulação, no sistema de 'porcentagem do padeiro', apresentam valores consideráveis quando comparados à farinha de trigo. Normalmente estas matérias primas são as demais farinhas utilizadas, os líquidos (água, leite) e gorduras. Os micro-ingredientes, por outro lado, são aqueles que se apresentam em pequenas quantidades em uma formulação, com o intuito de conferir alguma característica específica ao produto final, muitas vezes não podendo ser utilizada em grande quantidade por potenciais danos que pode causar. Desta classificação tem-se como exemplo: o sal, açúcar, fermento, melhorador (reforçador), emulsificante, anti-mofo. Numa formulação de um pão simples a base de farinha (100%), água (60%), sal (2%) e fermento biológico fresco (1%), a farinha e a água são macro-ingredientes e o sal e o fermento micro-ingredientes (SUAS, 2009). Outra classificação utilizada considera, dentro dos micro-ingredientes, o termo enriquecedores naturais. Estes podem melhorar as características internas e externa

dos pães, aumentar a absorção e volume, ressaltar a textura (conferindo maciez) e aroma e aumentar consideravelmente a vida útil dos produtos. Os principais enriquecedores naturais são o leite, a gordura, o açúcar e o malte (ARAUJO, 1975).

Após a farinha, a matéria prima de maior utilização, na maior parte das formulações, é a água, seguido do sal, açúcar, leite, gorduras, fermento biológico, melhoradores e emulsificantes (ARAUJO, 1975).

### **3.2.1.1 Água**

É a matéria prima de maior utilização em uma formulação e é, também, a mais lucrativa, pois tem custo consideravelmente baixo e quanto maior a absorção da farinha, maior a quantidade de massa produzida e conseqüentemente, maior a quantidade de pães produzidos, com a mesma quantidade de farinha, o que aumenta, desta forma, o lucro (ARAUJO, 1975). Apesar desta constatação, ainda hoje, 80% das padarias fazem massas fermentadas com baixo teor de umidade (50%, quando poderia ser de até 65%), pela fácil modelagem após as fermentações e falta de sistema de medidas adequado (SUAS, 2009).

A água auxilia a distribuição e homogeneização dos micro-ingredientes e a temperatura na massa, bem como no desenvolvimento do fermento e enzimas, na hidratação dos amidos e proteínas da farinha, conferindo, a plasticidade e elasticidade destes (SUAS, 2009). A água interfere, também, no sabor e textura do miolo do produto final. O envelhecimento do pão e, conseqüente, perda de características, principalmente de textura, no produto final, pode ser causado pela perda de umidade, sendo desta forma a conservação resultado da preservação da umidade no produto final.

A perda de umidade é calculada como a diferença percentual do peso da massa inicial de pão antes da cocção, e do peso da massa final de pão após a cocção (GUINET, 1992). Na panificação moderna há uma relação para pães confeccionados com farinha de trigo de baixo teor de amido danificado, de perda de umidade em

função do peso das massas iniciais de pão (TAB.1).

TABELA 1. Perda de umidade padrão para pães a base de farinha de trigo

Peso da massa inicial	Perda de Umidade
50g	30%
70g	22%
100g	20%
300g	18-20%
500g	15-18%
>500g	10-15%

Fonte - ARAUJO, 1975

Na indústria da panificação, busca-se constantemente farinhas que apresentem maior capacidade de retenção de umidade, visto que quanto menor o teor de umidade despreendido no período de cocção, maior a quantidade de produção com a mesma quantidade de farinha (DESCHAMPS & DESCHAINTE, 2002). Deste fato, inúmeras tentativas foram feitas para aprimorar-se a retenção de umidade no produto final. Como exemplo, tem-se o desenvolvimento de embalagens que retém a umidade bem como micro-ingredientes, como emulsificantes, que agem como retentores da umidade nos produtos finais. Estas inovações são utilizadas em toda indústria da panificação para diversos tipos de produtos, considerando-se principalmente, massas enriquecidas (massas com grande quantidade de gorduras), não sendo utilizadas para pães que necessitem, como característica final, uma crosta de textura crocante, como baguete e pão francês (ARAUJO, 1975).

### 3.2.1.2 Sal

O sal mais utilizado nas formulações de pães é cloreto de sódio, ou sal comum. O sal apresenta grande solubilidade, fator que o torna fundamental no processo de produção, por facilmente se agregar às massas fermentadas pelos seus altos teores de umidade.

Na panificação, o sal, em primeiro lugar, age como fortificante do glúten por gerar a formação de pontes salinas e, desta forma, propiciar maior resistência na rede de glúten. Ele age positivamente no controle das fermentações, pelo fato de diminuir a atividade de água do meio. Em muitos países, o sal é acrescentado nas esponjas antes da fabricação do pão, com o intuito de retardar a ação da levedura, possibilitando um período de fermentação prolongado o que possibilita a diminuição, por exemplo, de turnos de trabalho. Outra característica agregada pelo sal é a de ressaltar os sabores e aromas dos demais ingredientes. Isto se dá pelo fato de, nas papilas gustativas, sensibilizar as regiões de doçura, acidez e o salgado. O sal age também, como branqueador do miolo, ou seja, ele agrega uma cor mais clara ao miolo do produto final. Esta característica apresentada ocorre principalmente pelo fato de o sal criar uma melhor estruturação dos grânulos de amido que assim conferem a cor esbranquiçada. Outra função do sal é de auxiliar na retenção da água livre presente no pão após resfriamento, aumentando assim a umidade final do produto e conseqüente aumento de sua vida útil (ARAUJO, 1975).

Recomenda-se, nas formulações para produtos de panificação, o uso do sal em diferentes quantidades, considerando-se o tipo de pão que se deseja desenvolver, visando principalmente sua função específica neste produto. Recomenda-se para pães com alto teor de açúcar e gorduras (pães adocicados como pão de leite, *croissant*, *brioche*), a utilização de 1 a 1,5% equivalente ao peso da farinha. Neste caso, a principal função é de agir como sensibilizante, aumentando a doçura do produto. Para pães como *baguete* e francês, sugere-se uma quantidade maior de sal, sendo 2% do peso da farinha, a quantidade ideal. Nestes casos o sal age como reforçador do glúten, branqueador do miolo e retentor da água no produto final (ARAUJO, 1975).

### **3.2.1.3 Açúcar**

O açúcar, utilizado na panificação, é o produto refinado tanto da cana de açúcar quanto da beterraba, que contém de 16 a 20% de sacarose. Este pode ter diferentes funções, dependendo do tipo de produto desejado. O açúcar age como alimento do fermento, confere cor à crosta por caramelização ou reação de *Maillard* e é

retentor da umidade, por apresentar latente característica higroscópica. A quantidade de açúcar a ser utilizada varia de acordo com as características da farinha, o tipo de produto que se deseja obter e a temperatura do forno a qual tal produto será submetido. O tipo de farinha influencia, pois quanto menor o poder diastático, menor a quantidade de açúcares redutores gerados após a fermentação, fato que gera pouca coloração à casca. Desta forma sugere-se um aumento de açúcares para agir como açúcares redutores. De acordo com o tipo de produto, diferentes quantidades de açúcar devem ser empregadas, com intuito de garantir as características sensoriais (tais como aroma e sabor). Sugere-se o emprego de 1 a 4% para pães salgados, como francês e baguettes e de 15 a 25% para pães doces como brioches e croissants (ARAÚJO, 1975).

#### **3.2.1.4 Leite**

O leite é considerado um dos enriquecedores naturais e possui grande quantidade de água e um teor menor de sólidos. Estes sólidos podem ser divididos em gordurosos (lipídeos) e não gordurosos (proteínas, lactose e sais minerais). Pães desenvolvidos tendo o leite como líquido apresentam uma vantagem considerável, pelo fato dos açúcares (lactose) deste não serem fermentáveis pela levedura (fermento biológico) possibilitando sua caramelização no período de cocção (ARAÚJO, 1975).

Na panificação, o leite pode ser utilizado na sua forma sólida (em pó) ou líquida. O leite em pó, por sua forma sólida, age como fortificante do glúten e aumenta consideravelmente a absorção, aumentando o rendimento, conferindo maior estabilidade e períodos de fermentação prolongados.

Na produção de pães recomenda-se de 2 a 6% de leite sobre o peso da farinha para pães com altos teores de açúcar. Dentre os leites, o uso do líquido confere um sabor mais agradável e fresco, porém sugere-se o uso do leite em pó, visto que este não requer refrigeração, conserva-se por um período de tempo maior, apresenta uma uniformidade maior, não altera o pH, é de fácil manejo, apresenta perda mínima dado a facilidade de manejo, requer pouco espaço para armazenagem e é de fácil



transporte devido ao seu volume reduzido (ARAUJO, 1975).

#### **3.2.1.5 Gorduras**

As gorduras são classificadas como enriquecedores naturais. Na indústria da panificação, diferentes tipos de gorduras podem ser utilizados, de origem animal ou vegetal. As gorduras animais podem ter como procedência os bovinos, suínos ou ovinos. As gorduras vegetais, por outro lado, podem ter como procedência o milho, amendoim, gergelim, girassol, algodão, coco, soja, babaçu, ouricuri, entre outros. Com o advir da tecnologia, foi possível converter gorduras vegetais, normalmente líquidas em temperatura ambiente, através de um processo de hidrogenação, em gorduras sólidas.

Na produção de pães, as gorduras tem papel fundamental, pois agregam valor nutritivo, aumentam a vida útil dos produtos pela sua capacidade de retenção de umidade, agregam maior volume aos pães, quando empregadas em percentagem próxima a 3% , favorecem o desenvolvimento mais uniforme nos períodos de fermentação e agregam características sensoriais, tais como sabor, aroma e textura da casca e miolo, mais agradáveis ao consumo. O uso de gorduras na panificação varia de acordo com o tipo de produto que se deseja obter, sendo recomendado de 1 a 4% em pães com maior teor de sal (pão francês e baguette) e 1 a 10% em pães com alto teor de açúcar, como brioches e croissants (ARAUJO, 1975).

#### **3.2.1.6 Malte**

O malte é o quarto enriquecedor natural. Este é obtido pela germinação artificial do grão de cevada através de umidade e temperatura controlada. Pode ser comercializado em sua forma líquida ou em pó, podendo ser classificado em diastático e não diastático. Ambos os tipos de malte tem a função de transformar o amido da farinha em maltose. A diferença é que o diastático tem um poder de diástase muito maior do que o não diastático e, desta forma, é pouco empregado em massas fermentadas. Recomenda-se que, para este tipo de malte, a quantidade para emprego não pode superar 1%, visto que tende a liquefazer o amido, diminuindo o poder de

absorção da farinha, tornando a massa mais pegajosa; agregar uma textura inadequada ao miolo, assim como cor que tenderá ao escuro e amolecer a rede das proteínas. O malte não diastático, por outro lado, é recomendado para a produção de pães, pelo fato de transformar as moléculas de amido em açúcares menores, fonte de alimento para o fermento, o que diminui os períodos de fermentação, gera maior volume para os pães, bem como, uma melhor homogeneização dos alvéolos do miolo. Agrega uma cor dourada devido à caramelização dos açúcares (principalmente maltose) e auxilia no aumento da vida útil do pão, por auxiliar na retenção de umidade. Recomenda-se, para este tipo de malte, a utilização, nas formulações, de 1 a 10% do peso da farinha, sendo necessária a correção dos líquidos e açúcares da formulação. Em casos que se utiliza grande quantidade de malte, sugere-se um aumento de 10% de líquido e 5% de açúcares (ARAUJO, 1975).

#### **3.2.1.7 Fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*)**

O fermento biológico é matéria prima de fundamental importância para a panificação, pois é responsável pelo desenvolvimento dos pães em todos os estágios de fabricação após a mistura e desenvolvimento da massa, conferindo as características sensoriais e tecnológicas. O fermento biológico é composto de fungos da família *Saccharomyces cerevisiae* e multiplica-se por reprodução assexuada. Estes fungos, quando expostos a meios úmidos e temperatura por volta de 25°C, provocam uma reação denominada fermentação alcoólica, gerando gás carbônico e álcool (DESCHAMPS & DESCHAITRE, 2002).

O uso do fermento biológico, na panificação, varia de acordo com o tipo de produto e o tempo de produção e que se deseja obter. De forma geral o uso de fermento biológico fresco é três vezes maior do que o uso de fermento biológico seco, desta forma recomenda-se o uso de 3% de fermento biológico fresco e 1% de fermento biológico seco para a produção de pães com maior teor de sal, tais como baguette e pão francês. Para pães com alto teor de gorduras e açúcares, recomenda-se de 5 a 10% de fermento biológico e um terço respectivamente de fermento biológico seco. Como mencionado anteriormente, o uso varia com o tipo de produto, visto que quanto

maior a quantidade de açúcares e gorduras, maior a quantidade de fermento empregada e quanto menor o tempo de produção desejado, maior a quantidade de fermento empregada. Deve-se ressaltar, todavia, que aumentar drasticamente a quantidade de fermento pode acarretar em um dano considerável às características sensoriais e tecnológicas no produto final (ARAÚJO, 1975).

### **3.2.1.8 Melhoradores e reforçadores**

O fermento biológico obtém grande parte do seu alimento dos açúcares gerados pela ação enzimática, porém estes não são o bastante e necessita de outros tipos de substratos. Um dos tipos mais utilizados são os sais, tais como sulfato de cálcio, fosfato de cálcio, cloreto de amônia e bromato de potássio (este proibido o uso no país pela potencialidade carcinogênica a ele atribuída). A descoberta desta necessidade data de 1925, pelo químico Robert Kenney Duncan, do *Melon Institute*, que ao visitar a cadeia de padarias *Wonder Bakery*, constatou a falta de volume nos pães de forma. Para resolver tal problema, ele buscou possíveis defeitos no período de produção e diagnosticou a ausência de sais na água utilizada. *A priori* agregou os sais e fez testes, que foram demasiadamente positivos. Observando tal avanço, dedicou-se a estudos com diferentes tipos de sais nas massas fermentadas e concluiu que o fermento, para melhor desenvolvimento, os necessita. Com o passar do tempo, inúmeros outros estudos foram desenvolvidos e concluiu-se, em suma, que há necessidade tanto de sais, enzimas e oxidantes para agirem como reforçadores da rede de glúten (ARAÚJO, 1975).

Os melhoradores, comercializados no Brasil, podem ser ricos em agentes enzimáticos, reforçadores de glúten, sais ou a junção dos três. Os ricos de agentes enzimáticos costumam apresentar algum teor de enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase, dispersos em uma matriz de amido e tem a função de suprir a carência de determinada farinha em agentes enzimáticos. Os reforçadores costumam ser compostos de ácido ascórbico disperso em matriz de amido e tem a função de oxidar a rede de glúten, tornando-a mais rígida e assim compensando a carência de proteínas da farinha. Os sais apresentam funções diversas, sendo o sulfato de cálcio utilizado para acondicionar a

água na massa, o fosfato de cálcio utilizado para aumentar a absorção e fortificar o glúten, o cloreto de amônia serve como alimento para o fermento, devido a grande quantidade de nitrogênio que apresenta e o bromato de potássio, lembrando-se que é proibido no país, fornece oxigênio para o fermento (organismo aeróbio), que desta forma desenvolve-se mais rapidamente, diminuindo os períodos de fermentação e, conseqüentemente, o período de produção do pão (ARAÚJO, 1975).

A utilização de melhoradores tende a apresentar resultados positivos em produtos de panificação, gerando um melhor aroma, volume, cor da crosta, homogeneidade dos poros do miolo e textura. Recomenda-se o uso de até 1% do peso da farinha, visto que se aplicado em maior quantidade poderá danificar o produto final, gerando um pão de volume reduzido, com aroma desagradável e miolo textura indesejável. (ARAÚJO, 1975).

### **3.2.1.9 Emulsificantes**

Considera-se emulsão a mistura estável, ou instantaneamente estável, de duas substâncias naturalmente imiscíveis (pela polaridade, normalmente), que quando juntas e submetidas a uma ação mecânica ou a um agente emulsificante, geram uma solução de uma única fase (THIS & MOCHICOURT, 2009). O emulsificante, desta forma, é o agente que permite a junção das substâncias imiscíveis sem que haja separação após sua junção. De forma geral, na panificação, ele auxilia na dissolução de gorduras no líquido utilizado, ou seja, agrega moléculas insolúveis da gordura com moléculas solúveis do líquido (ARAÚJO, 1975). Os emulsificantes utilizados para produção de pães tem como base, na maior parte dos casos, a lecitina. Outra fonte potencial, utilizada por inúmeras indústrias, provém do petróleo e, muitas vezes, é utilizada por apresentar maior potencialidade de emulsão (eficácia) do que a lecitina para uma mesma quantidade de gordura e líquido (DESCHAMPS & DESCHARENTRE, 2002).

O uso de emulsificantes tem função primordial na indústria da panificação, visto que possibilita agregar-se maior teor de gorduras na massa, aumentando-se

assim a quantidade de água retida após cocção e, conseqüentemente alongando-se a vida útil do produto. Recomenda-se o uso de emulsificantes, principalmente, em pães com maior teor de gorduras tais como pães de hambúrguer, cachorro quente, brioques e pães de forma. A quantidade sugerida varia de acordo com a quantidade de gordura empregada na formulação, de tal forma que poderá haver uma variação de 1 a 10% (ARAUJO, 1975).

### **3.3. Tecnologia da panificação**

A tecnologia da panificação aproveita-se características das matérias primas que as tornem próprias para o uso. Essas características podem ser divididas em Reológicas e Tecnológicas (GUINET, 1992).

#### **3.3.1. Características reológicas**

De acordo com Fischer et al. (2009) a reologia estuda o comportamento de deformação e fluidez da matéria, sendo que suas propriedades podem variar desde fluidos viscosos até sólidos elásticos. Na área da panificação as características reológicas podem ser avaliadas nas massas constituídas de farinha e água (antes do início da fermentação) através de testes de: viscosidade (para medir a capacidade que a massa tem de escorrer sobre o seu próprio peso), plasticidade (para medir a capacidade de deformação da massa – o responsável principal pela plasticidade é o amido), elasticidade (para medir a capacidade da massa em retornar ao seu estado inicial, após ter sofrido algum tipo de deformação – os responsáveis principais pela elasticidade são a qualidade e a quantidade das proteínas, que geram o glúten) e o tempo de relaxamento (mede o efeito conjunto das características de elasticidade e plasticidade da massa) (GUINET, 1992).

Para estas análises o equipamento mais utilizado é o alveógrafo de Chopin, normalmente de marca homônima. O equipamento calcula a força máxima (energia de deformação) necessária para começar a inflar o disco e a extensibilidade máxima deste (FUSTIER et al., 2008). O enriquecimento de massas de pães com óleos (canola) é muito difundido, tanto por apresentar características nutricionais positivas quanto por

auxiliar na homogeneização da massa, no processo de mistura (principalmente em massas que possuam grandes quantidades de açúcares) (ARAÚJO, 1975). Para se determinar as variações que o acréscimo de óleos possa causar nas massas, foi realizado um estudo que, com o uso de um alveógrafo, analisou estas variações. Observou-se que os óleos auxiliaram na rede de glúten, tornando-o mais resistente o que aprimorou de forma significativa a textura dos pães produzidos. Estes fatos ocorreram pelo aumento na elasticidade e força da massa (AGYARE, 2005; KAJISHIMA et al., 2003). Um estudo apresentou a inter-relação entre características alveográficas de uma farinha de trigo e a produção de um de pão denominado *Parotta*, produzido com esta mesma farinha. *Parotta* é um pão típico do sul da Índia, não fermentado, de formato redondo, achatado e de cor esbranquiçada. Este tipo de pão é preparado com poucos ingredientes (farinha, água, sal e eventualmente açúcar e ovos), tendo um relaxamento de 30 min. sob uma camada de óleo e podendo sofrer cocção em panelas de ferro ou fornos. Os resultados obtidos mostraram que as variações na força e elasticidade das farinhas influenciaram nas características de textura dos pães (INDRANI et al., 2006). Pode-se analisar o amido e glúten presentes na farinha mediante a utilização do processo de Martin, através de uma inter-relação de seus pesos (HOLLOWOOD et al., 2002; GUAN et al., 2009; JASPREET et al., 2003).

### **3.3.2 Características tecnológicas**

As características tecnológicas podem ser avaliadas nas massas que já iniciaram o processo de fermentação. Um dos fatores primordiais para que a fermentação ocorra consiste na existência de enzimas capazes de gerar rupturas nas cadeias de amido, formando assim açúcares menores, facilmente digestíveis pelo fermento. Este processo é conhecido como atividade de  $\alpha$ -amilase ou como poder diastático. As principais enzimas são a  $\alpha$ -amilase e a  $\beta$ -amilase (RASCHKE et al., 1994).

Enzimas são produzidas por células, tanto vegetais quanto animais e quando entram em contato com determinados compostos orgânicos, tendem a decompô-los sem sofrer alteração significativa (ARAÚJO, 1975). Normalmente a

própria farinha apresenta quantidades significativas destas enzimas, porém, quando não é o caso, utilizam-se agentes que possam fornecer tais enzimas que podem ser de origem sintética ou natural. Os sintéticos consistem nas próprias enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase. Os naturais são extraídos do malte, ou, principalmente pelos países africanos, do sorgo, fontes de alto teor das enzimas diastáticas. Estes agentes enzimáticos são utilizados em outros processos como de fabricação de cerveja, por exemplo (RASCHKE et al., 1994). Deve se ressaltar que a degradação do amido pela enzima  $\alpha$ -amilase se dá principalmente pela dimensão do grânulo de amido do que pela quantidade da enzima na farinha (MEIRELES et al., 2009) e que a temperatura, pH e tempo de fermentação tem influência direta na atividade das enzimas (ARAUJO, 1975; LOPES et al., 2007). Para confecção de pães, no processo de fabricação, apesar das enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase serem as mais visadas para estudo e correção da farinha, outras enzimas tem fundamental importância no processo de conversão do amido em açúcares simples.

As enzimas podem se encontrar tanto na farinha quanto na levedura (fermento) utilizado. As principais enzimas presentes na farinha são a citase,  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase, maltase, proteinase e lipoxidase e da levedura a invertase e a zimase. Sem a ação 'preparatória' destas enzimas, não seria possível a produção de pães. No processo de produção de pães, logo após a mistura e desenvolvimento da massa, a enzima citase liga-se ao amido expondo-o, em seguida a  $\alpha$ -amilase age sobre o amido gerando dextrinas, sobre os quais age a  $\beta$ -amilase gerando maltose. A maltose é o primeiro açúcar aparente na massa. Neste pode atuar tanto a maltase quanto a invertase ou citase, gerando dextrose, que é transformada em gás e álcool pela zimase, sob temperatura média de 60° C. Outras enzimas atuam ao longo deste processo, como a lipoxidase que tem a função de agir como pigmento da farinha, gerando um miolo mais claro e a proteinase (ou protease) age nas proteínas da farinha (gliadina e glutelina) agregando maior elasticidade à massa (ARAUJO, 1975).

Um método utilizado para a determinação da qualidade e quantidade das enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase é denominado *Hagberg Falling Number* (tempo de formação de

precipitado por ação enzimática no amido da farinha utilizada). Araújo (1975) recomenda, para panificação, valores de *falling number* entre 200 e 300 segundos. Este teste pode ser utilizado na determinação de danos causados por fungos na pre-colheita do trigo (MOOT & EVERY, 1989).

As massas, onde já se iniciou a fermentação, podem possuir características parcialmente elásticas e plásticas. Por isso são definidos outros testes como a extensibilidade e a tenacidade da massa. A extensibilidade representa a possibilidade de estiramento e inchamento de uma massa. A tenacidade representa a maciez da massa e esta relacionada principalmente com a quantidade de glúten que a mesma possui (GUINET, 1992).

### *3.4 Operações unitárias na panificação*

A fabricação de pães é dividida em operações unitárias que abrangem desde a separação inicial de matérias primas, até o resfriamento dos pães que sofreram cocção (GUINET, 1992). De forma geral estas operações foram divididas nas etapas de separação de matérias primas, mistura e desenvolvimento da massa, fermentação inicial, divisão e pesagem, boleamento, fermentação intermediária, modelagem, fermentação final e cocção, como apresentado a seguir.

#### *3.4.1 Separação de matérias primas*

Nesta etapa todas as matérias primas são separadas e pesadas de acordo com a formulação desejada. Observa-se que as fases líquidas a serem utilizadas devem estar em uma temperatura tal que, após a agregação com a farinha, e considerando o calor de atrito a ser gerado na misturadeira, se obtenha uma massa com temperatura 26° C (GUINET, 1992).

#### **3.4.2 Mistura e desenvolvimento da massa**

Nesta etapa as matérias primas sofrem um processo de mistura, no qual



ocorre o desenvolvimento do glúten (originário das proteínas insolúveis das farinhas, mais especificamente gliadina e glutenina), hidratação do amido e ativação do fermento (SUAS, 2009).

A capacidade de hidratação da farinha é a principal responsável pelas características funcionais (como reológicas e plásticas da massa), e de qualidade do produto final. Quanto maior a capacidade de absorção de líquidos, por uma determinada farinha, maior a quantidade de massa produzida e conseqüentemente, maior a quantidade de pães produzidos. A variação na capacidade de hidratação esta diretamente relacionada com a composição química do amido presente na farinha, principalmente, a quantidade de amido danificado (GUINET, 1992). O amido tem uma capacidade de absorção que pode variar de 39 a 87%, enquanto o danificado pode apresentar um aumento considerável, podendo variar de 200 a 430%. Desta forma, farinhas que apresentam quantidades significativas de amido danificado, apresentam maior índice de hidratação e conseqüentemente maior produção (BERTON et al., 2002). Inúmeros fatores podem levar a danificação do amido, desde a ação mecânica até processos químicos (enzimáticos). Um dos efeitos que pode causar isto é a irradiação capaz de romper estruturas de amilose e amilopectina aumentando a absorção pelo amido, diminuindo a viscosidade e perda de umidade para o ambiente (HENRY et al., 2009). Estes fatores, comparados com os acima apresentados, tornam da irradiação uma tecnologia favorável para aplicação em farinhas para uso na panificação.

Com o intuito de melhorar a estruturação do glúten, Yuno et. al. (2009), acrescentaram cisteína e alginato de sódio na mistura da massa e obtiveram, desta forma, resultados positivos. A cisteína é um aminoácido que tem função na manutenção da estrutura terciária de proteínas, sendo desta forma aconselhável sua utilização em massas de panificação pelo fato do glúten apresentar inúmeras ligações terciárias, o que implica diretamente na elasticidade da massa. O alginato de sódio é um sal extraído de algas marrons, com característica de goma e muito utilizado na indústria de alimentos como emulsificante, por aumentar a viscosidade e a formação do glúten

(BAYARDO, 2005; YUNO et al., 2009). A utilização desses compostos induziu uma melhor formação do glúten e uma, conseqüente, rede homogênea por regular as interações dos disulfetos.

A etapa de desenvolvimento da massa é uma das que induzem ao maior número de erros. A mistura da massa está associada à velocidade da misturadeira e ao tempo de agregação dos líquidos. A mistura pode ser de três tipos: manual, lenta e rápida. A mistura manual consiste na agregação preliminar da matéria prima da fase sólida, seguida de ação de mistura manual, com a fase líquida. Este processo tem duração média de 40 minutos. A mistura lenta consiste na agregação das matérias primas dentro de uma masseira (vaso, que é submetido à rotação em relação ao seu eixo, e um gancho coaxial, que gira no sentido oposto), com ação mecânica em baixa rotação (40 rpm) por um período de 15 a 20 minutos. A mistura rápida consiste na agregação das matérias primas na masseira e ação mecânica em uma masseira de alta rotação (>80 rpm) por um período de 10 minutos (GUINET, 1992).

Graças à tecnologia foi possível desenvolver métodos que auxiliassem no processo de oxidação da massa, diminuindo o tempo de mistura e fermentações. O uso de misturadeiras data de 1860: antes do advir destas, o processo de panificação era pouco entendido e os tempos empregados para obtenção de pão eram muito longos (no mínimo oito horas) para, justamente, compensar a falta de oxidação no processo de mistura (FARRAND, 1963).

Além da mistura da massa, é importante o método utilizado: o direto e indireto. O direto consiste na mistura de todos os ingredientes de uma só vez. O método indireto, por outro lado, ocorre em duas etapas. Na primeira, desenvolve-se uma esponja, misturando parte da farinha, água e o fermento da formulação. Após esta mistura, esta esponja é deixada fermentar por um período de tempo, para em seguida acrescentar-se os demais ingredientes da formulação (ARAUJO, 1975). Do grupo direto deriva o método denominado *Chorleywood*, originário da cidade de Chorleywood, Inglaterra, no ano de 1950. Este tem como princípio fundamental, a diminuição do tempo de fermentação por um maior e mais intenso 'trabalho' da massa. Este método

tem grande aprovação das indústrias, sendo utilizado por mais de 60% das indústrias do mundo. Recomenda-se a fabricação de pães de forma, com este método.

Do grupo indireto derivam os métodos esponja, mencionado anteriormente e *soaker*. Podem ser atribuídos diferentes nomes a estas esponjas, sendo *Poolish* uma esponja mais líquida (normalmente utiliza-se a mesma quantidade de água e farinha), com maior teor de umidade e curto período de fermentação e *Biga* que é uma esponja sólida (normalmente utiliza-se a metade da quantidade de água em função do peso da farinha) sendo submetida a um maior tempo de fermentação (CANELLA-RAWLS, 2006). O método *Soaker*, apesar de pouco difundido, é utilizado nos EUA e Canadá e tem como objetivo enfraquecer farinhas muito fortes, ou seja, dotadas de alto teor protéico (glúten). Este método consiste em se misturar todos os ingredientes, com exceção do fermento e deixar sob a ação das enzimas num período de 4 a 12 horas, sendo, em seguida, acrescido o fermento e misturado novamente. Este método tem a vantagem de ressaltar aromas no produto final (ARAUJO, 1975).

Em suma, o papel do desenvolvimento das massas fermentadas é o de misturar as matérias-primas que compõem a massa, seguido do trabalho mecânico que leva à formação e oxidação da rede de glúten bem como da plasticidade da massa pela hidratação amido, que ocorre até que a massa esteja coesa, homogênea e lisa despreendendo-se das paredes da masseira e da mão (CALVEL, 1987).

### **3.4.3 Fermentação inicial**

A fermentação inicial consiste no período em que o fermento inicia sua atividade, quebrando as estruturas de amido em açúcares simples e, utilizando-os como alimento, iniciando assim a formação de gases no interior da massa, o que resultará na maciez e flavorização do produto final. Esta etapa inicia-se quando os líquidos são acrescentados às matérias primas e principalmente no momento em que a massa sofre ação de mistura mecânica na masseira, aumentando sua temperatura. O

líquido possibilita que tanto as enzimas presentes na farinha, quanto às do fermento, iniciem a quebra dos glicídios. A temperatura, aliada ao fenômeno supracitado, inicia a fermentação alcoólica. Principal tipo de fermentação que ocorre na produção de produtos de panificação, que gera a aeração da massa e formação dos compostos aromáticos que desenvolverão a flavorização dos pães (GUINET, 1992). Outros insumos como aspargina, açúcares redutores (glicina) e acrilamida, são utilizados com a finalidade de reduzir os tempos de fermentação, pelo fato de serem consumidos diretamente pelo fermento (MUSTAFA et al., 2008).

A fermentação é caracterizada pela transformação de açúcares simples em álcool e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este tipo de fermentação ocorre, principalmente, na presença de oxigênio e apresenta maior atividade a uma temperatura de 26° C. Como a levedura age diretamente sobre os açúcares, quanto maior a presença deste maior a produção de álcool, fator que retarda e prejudica a fermentação alcoólica. Por este motivo, formulações que apresentem maior quantidade de açúcar, devem agregar maior quantidade de levedura (ARAUJO, 1975).

Apesar da fermentação alcoólica ser a de maior ocorrência, outros quatro tipos de fermentação, causados por diferentes variedades de microorganismos, podem ocorrer. As principais, dentro destas, são a acética, láctea, butírica e rômica. A fermentação acética ocorre pela ação da bactéria *Micoderma acética*, que age sobre o álcool produzido durante a fermentação alcoólica, gerando ácido acético (vinagre). Esta bactéria poderá estar presente tanto na farinha quanto na levedura, e é prejudicial à fermentação alcoólica. Quanto maior o período de fermentação alcoólica, maior a probabilidade da fermentação acética ocorrer, visto que haverá maior formação de álcool e conseqüente produção de ácido acético. A *Micoderma acética* é uma bactéria aeróbia que apresenta melhor desenvolvimento em temperaturas médias de 30°C e, apesar de danosa na produção de produtos de panificação, é muito utilizada na produção de vinagre.

Outro tipo de fermentação é a láctea, sendo o principal organismo que age

neste tipo de fermentação o bacilo lácteo ou de *Delbruck*. Este tipo de fermentação tem como substrato, principal, o leite. Os bacilos agem sobre a lactose, gerando ácido lácteo. Na produção de produtos de panificação, este tipo de fermentação pode ocorrer simultaneamente com a fermentação alcoólica, podendo ser de caráter positivo, ou negativo. Ele será positivo quando agir sobre as proteínas do trigo, ou seja, maturando o glúten, conferindo, desta forma, parte do sabor. Ele será negativo, por outro lado, quando houver, na formulação do produto de panificação, leite visto que o bacilo agirá diretamente neste gerando ácido acético, em um pH desfavorável à fermentação alcoólica, o que retardará esta e agregará um sabor desagradável ao produto final. Uma forma de prevenir este tipo de efeito é fervendo o leite antes do seu uso (ARAUJO, 1975).

Na seqüência das fermentações, tem-se a butírica. Esta ocorre pela ação do bacilo butírico sobre os lipídeos da farinha, rancificando-os. A fermentação butírica, ocorre com baixa freqüência quando se trata de produção de pães e tem melhor desenvolvimento à temperaturas médias de 40° C (ARAUJO, 1975).

O último tipo de fermentação é a rôpica, esta é completamente indesejável na fabricação de pães. Esta fermentação é mais conhecida como fermentação viscosa e ocorre sob a ação do *Bacillus mesentericus*. Este bacilo é termófilo e, diferentemente dos apresentados, pode agir e degradar o pão em qualquer estágio de produção, de tal forma que pode apresentar deterioração do produto em até doze horas após cocção do pão. O termo rôpica, vem do inglês, *rope*, que corresponde ao termo corda, isto se dá pelo fato do miolo do pão infectado, após cozimento, ser mais viscoso e apresentar filamentos. Este tipo de fermentação ocorre principalmente em pães com maior teor de umidade. A principal forma de inibir tal bacilo, consiste em diminuir o pH, sendo 4,6 um valor aconselhável para utilização (ARAUJO, 1975; ZANINI et al., 2009). As principais características deste tipo de fermentação são de exaltar um odor similar a de um abacaxi, descoloração aliada a uma textura pegajosa da casca e uma liquefação do miolo. Um produto com estas características, não só apresenta-se de forma a reduzir o interesse do consumidor pelo apelo visual como, se consumido, poderá causar

alergias, irritações e distúrbios de sono em crianças Valerio et al., 2008).

Há registros na literatura do preparo de pães enriquecidos com aveia e cevada, executados com a utilização de fermento composto de três grupos de *Lactobacillus* e fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*), com boa aceitação pelos provadores pelo fato de possuírem uma textura e flavorização diferenciadas (DE ANGELIS et al., 2009; ZANINI et al., 2009).

#### **3.4.4 Divisão e pesagem**

Após ter fermentado, a massa é dividida e pesada em partes iguais para assegurar o peso dos pães prontos. Esta etapa antecede a modelagem, e é de suma importância para assegurar a padronização do tamanho dos pães (GUINET, 1992; SEBESS, 2010).

#### **3.4.5 Boleamento**

O boleamento é uma operação que pode tanto ser manual quanto automatizada. Ele consiste em conferir a um pedaço de massa disforme, uma forma de uma esfera homogênea, bem estruturada e de paredes lisas e uniformes (CALVEL, 1987). Esta etapa é facultativa, mas tem a função de homogeneizar as células de fermento na massa, de forma que o fermento possa agir nesta como um todo distribuindo desta forma, os sabores e aromas do pão (GUINET, 1992; SEBESS, 2010).

#### **3.4.6 Fermentação intermediária**

Esta etapa é de grande importância, pois contribui para o relaxamento da massa antes da modelagem, e dá prosseguimento à fermentação, como descrito em item anterior (GUINET, 1992). Skaf et al. (2009) conseguiram medir, sem deformação da massa, o grau de fermentação que esta já sofreu, tendo-se assim um parâmetro para o fim da fermentação intermediária, utilizando um equipamento sonoro de baixas

freqüência (SEBESS, 2010).

### **3.4.7 Modelagem**

Nesta etapa, a massa já dividida ganha forma de modo manual, ou automatizado e assim define as características sensoriais que se obterá no produto final, principalmente textura (miolo e casca) e coloração (casca). Esta etapa deve ser feita com muita perícia, pois sua falha causará defeitos no produto final, como má estruturação (pães solados) e características sensoriais impróprias. Como exemplos de má estruturação estão os pães que deveriam ter formato cilíndrico, porém por não terem sido bem enrolados, acabam se achatando. Para as características sensoriais impróprias temos a sensação de que o miolo do pão está muito denso, pelo aspecto supracitado de não ter sido bem enrolado (GUINET, 1992).

### **3.4.8 Fermentação final**

A fermentação final é a última etapa antes da cocção e tem a função de reter os gases gerados no processo de fermentação, formando o volume final do pão pronto. Para esta etapa os seguintes parâmetros devem ser controlados: umidade relativa, temperatura e distribuição do ar no ambiente. A umidade relativa deve ser mantida em nível adequado para impedir o ressecamento da massa. A temperatura controlada impedirá que o fermento se desenvolva muito rápido causando o inchamento exagerado das massas, e seu conseqüente rompimento e a distribuição do ar deve ser homogênea para evitar concentrações de umidade e temperaturas em determinados locais onde a massa estiver estocada (GUINET, 1992).

### **3.4.9 Cocção**

Esta é a última etapa da operação da panificação. Nesta a massa crua receberá calor por condução, convecção e radiação, estabilizando o glúten, gelificando

o amido e inativando o fermento. Esta etapa dará ao pão as características sensoriais (odor, sabor, textura). Após esta etapa o pão deve ser retirado do forno colocado em grelhas para finalizar a cocção iniciada no forno. Esta etapa é muito importante, pois não só o pão irá acabar sua cocção interna pelo calor residual, como a umidade gerada pela evaporação durante a cocção, aprisionada no interior da massa, irá se esvaír (GUINET, 1992).

Com a caracterização dos processos de transferência de calor para cocção de pães, é possível se determinar e descrever etapas durante o período de cocção (CALVEL, 1987). A primeira etapa inicia-se a partir do momento em que a massa é disposta no forno até atingir uma temperatura média que pode variar de 50 a 60°C. Há uma forte evaporação externa da massa, que ocorre pela formação de uma camada de vapor sobre a sua superfície.

A segunda etapa ocorre a partir da temperatura de 70° C. Nesta ocorre a gelatinização do amido, assim como a coagulação do glúten, fatos que caracterizam a perda de plasticidade da massa; nesta etapa, o pão atinge seu volume definitivo.

Na terceira etapa a evaporação de umidade da parede externa do pão diminui consideravelmente, formando-se uma crosta, resultado da caramelização dos açúcares residuais e da reação de *Maillard*, que consiste na reação de açúcares com substâncias azotadas, provocando também a coloração. No final do processo, a temperatura interior dos pães atinge no máximo 100° C, enquanto a temperatura exterior da crosta pode atingir até 230°C.

De forma geral devem-se assar os pães considerando-se a temperatura e tempo em função do tipo de produto (enriquecido ou não) e o seu peso. Desta forma recomenda-se:

- a) 200° C, por 45 a 50 minutos, para pães com massa de 2kg;
- b) 200° C, por 30 a 35 minutos, para pães com massa de 700g;
- c) 200° C, por 25 a 27 minutos, para pães de 400g;
- d) 180° C, por 22 a 24 minutos para pães do tipo bisnaga;



- e) 200° C, por 18 a 20 minutos para baguettes e
- f) 190° C, por 12 a 15 minutos para pães de sal pequenos, como o pão francês (CALVEL, 1987).

Em tempos mais úmidos, por outro lado, convém diminuir a temperatura do forno e aumentar o tempo de cocção com o intuito de se obter pães de melhor aspecto. Estes fatores devem ser levados em consideração junto aos tecnológicos para evitar a ocorrência demasiada de defeitos (Calvel, 1987).

### **3.5 Defeitos que produtos de panificação podem apresentar**

De forma geral, buscam-se pães de bom aspecto, volume, com colorações adequadas e leves. Os pães que são assados com auxílio de vapor, cortados ou decorados, devem apresentar crosta de tom amarelo-dourada, lisa e bem aderente ao miolo. Os pães cortados não devem apresentar estrangulamento, sendo os cortes regulares, bem distribuídos, com superfície lisa e pestana bem destacada. O miolo do pão cortado deve apresentar coloração branco-creme, sem destacar buracos ou sulcos, o que pode variar com o tipo de produto confeccionado (CALVEL, 1987).

De forma geral os defeitos observados nos pães, podem ser resultado de uma insuficiência da qualidade da farinha, de um emprego excessivo de fermento ou de uma falha técnica. Os defeitos freqüentemente observados em pães podem ser classificados de acordo com aspectos, tais como: exterior, desenvolvimento e volume dos pães, aspecto interior do miolo e sabor do pão (CALVEL, 1987). Quanto ao aspecto exterior do pão, destacan-se diferentes tipos de defeitos, sendo estes: incisões irregulares, incisões dilaceradas, pães chatos, coloração anormal da crosta, crosta muito espessa, crosta com bolhas, crosta que escama, desenvolvimento e volume, aspectos do miolo, sabor e conservação (CALVEL, 1987).

#### **3.5.1 Danos externos que podem ocorrer em pães**

Diferentes tipos de danos podem ser ocasionados na produção de pães.

De forma geral os mais comuns são causados pelo mofo. O mofo é uma designação dada a fungos filamentosos. Na panificação, os principais são da família dos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Rhizopus*. Como o mofo não tem capacidade de produzir seu próprio alimento (heterótrofo), necessita buscar em outras fontes. Observa-se que o mofo, em produtos de panificação, age sobre os pães cobrindo-os através de finos filamentos, com os quais desenvolve a degradação e se alimenta. Estes filamentos são incolores o que dificulta a percepção da existência do mofo em pães, só sendo observado após ter deteriorado consideravelmente o produto, aparecendo sob a formação de esporos de diversas cores. O mofo é uma das infecções mais difíceis de combater visto que, por se desenvolver em ambientes com umidade e grande quantidade de substrato, tem no pão, principalmente os que apresentam grande teor de açúcares, um meio ideal. (ARAUJO, 1975)

Na panificação, o mofo apresenta-se normalmente no produto final, com exceção do *rope* que pode ocorrer em qualquer etapa da produção. Para evitar o surgimento da maior parte dos tipos de mofo, diferentes métodos são utilizados. Alguns deles são desenvolvidos no ambiente, enquanto outros aplicados diretamente no produto, junto às matérias primas.

No caso da utilização no ambiente, recomenda-se o uso de tratamentos por vinagre, enxofre, raios ultravioletas e vapor quente. O tratamento com vinagre consiste em borrifar ácido acético em uma concentração de 0,33% sobre bancadas, equipamentos, áreas de estocagem após a lavagem destas. A utilização de enxofre, da mesma forma que o vinagre, consiste em borrifá-lo em todas as dependências, com segurança de que não haverá atividade na área por um período de um dia. O tratamento ultravioleta é utilizado, principalmente, no processo de empacotamento de pães, sendo este irradiado pela luz antes da embalagem ser lacrada, desta forma, há a inibição de esporos e mofos presentes na superfície do pão. Pode ser utilizado também, tratamento com vapor quente que consiste em dispersar jatos de vapor quente sobre os equipamentos, bancadas e estoque com o intuito de esterilizar tais ambientes (ARAUJO, 1975).

Dentre os inibidores de mofo (anti-mofo) utilizados junto às matérias primas de produtos de panificação, os mais utilizados contem sais de propionato de cálcio e sódio ou diacetato de sódio. Estes agem diretamente sobre os micro-organismos, inibindo-os (ARAUJO, 1975).

### **3.6 Vida útil ou vida-de-prateleira dos pães**

Na panificação moderna, utilizam-se duas principais metodologias para determinação da vida útil ou de prateleira de pães (GIMENEZ et al., 2005). A primeira, denominada de *Failure cut-off point methodology*, consiste na análise da formação de microorganismos em quantidades e tipos impróprios ao consumo, em função do tempo. Nesta metodologia considera-se o tempo necessário para a formação dos primeiros microorganismos impróprios ao consumo. A segunda metodologia expõe degustadores qualificados a diferentes estágios de formação de microorganismos, observando-se a rejeição aos pães apresentados. A rejeição pode ser resultado de uma acidez demasiada dos pães, ou aroma de mofo e textura do miolo excessivamente ressecada. (GIMENEZ et al., 2005).

## **3.7 Tecnologia nuclear aplicada em produtos alimentícios**

### *3.7.1 Irradiação de alimentos*

A irradiação de alimentos tem o objetivo de aperfeiçoar as qualidades tecnológicas e higiênicas dos alimentos, mediante a aplicação das menores doses de radiação possíveis (abaixo de 5 kGy). A otimização consiste, para as qualidades tecnológicas, na não interferência, ou melhoria das etapas de fabricação de produtos alimentícios. Quanto às qualidades higiênicas, estas consistem na inativação de enzimas, inibição de microorganismos como fungos e bactérias e aniquilação de insetos. Desta forma a radiação aumenta a vida útil de alimentos sem alterar sua estrutura, como ocorreria em outros métodos de conservação (congelamento, pasteurização).

A irradiação esta sendo cada vez mais utilizada, junto com outros métodos de preservação de alimentos, proporcionando inúmeras oportunidades de aplicação industrial. A aplicação da irradiação em alimentos tem sido estudada mundialmente, apesar de ainda ser restrita sua aplicação comercial. A irradiação é uma tecnologia promissora também na eliminação de pragas e o retardo do amadurecimento de frutas (GOMEZ et al., 1999).

Os principais custos na irradiação estão divididos em custos de capital, operacionais e de processamento (KUNSTADT et al., 1993; SHUBERT, 1974). Os custos de capital consistem no território onde se encontra o irradiador, os equipamentos, a fonte radioativa e o sistema de proteção biológica. Os custos operacionais incluem os salários, manutenção, taxas e impostos, reposição da fonte radioativa (cobalto-60 geralmente) e outros gastos. Um estudo calculou um custo médio operacional de US\$145.000,00 anuais mais US\$17.835,00 anuais para a reposição do cobalto-60, o que equivale a 12,3% dos custo mencionados. Os custos de processamento são considerados como depreciação do valor dos custos operacionais, sendo separados em amortizações de 10 anos para equipamentos, 15 anos para a fonte (cobalto 60) e 25 anos para as construções (KUNSTADT et al., 1993). Um estudo feito na década de 1990, pelo instituto de agronomia dos EUA, apresentou o fato de que neste país o custo agregado por quilo de alimento irradiado com fonte de cobalto-60, corresponde de 1 a 15 centavos de dólar, levando-se em consideração uma produção e consumo de 23 milhões de dólares (MORRISON, 1990).

Países como: Bélgica, Dinamarca, Itália, França, Holanda, Espanha e EUA, já em 1990 permitiam a irradiação de alimentos e sua comercialização. Entretanto, houve receio por parte de grupos contrários aos usos pacíficos da energia nuclear, concernientes a) segurança da saúde pública; b) controle do processo e c) rotulagem (THOMAS, 1990; TEISL et al., 2009).

Em 1981, um comitê conjunto de especialistas em Salubridade de Alimentos

Irradiados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) e da Organização Mundial da Saúde (WHO) concluiu que a irradiação de qualquer produto alimentício com dose média total de até 10 kGy não oferecia qualquer risco toxicológico ou problema de ordem microbiológica ou nutricional (WHO, 1981).

Em 1983, a Comissão do Codex Alimentarius, que conta com mais de 136 países membros, incluindo o Brasil, adotou os Requisitos Gerais do Codex para Alimentos Irradiados e o Código Internacional Recomendado de Práticas (FAO, 1984). Com base nessas recomendações, os diversos países adotaram essas normas nas suas próprias legislações sobre irradiação de alimentos.

Mais recentemente, um grupo de especialistas convocados pelas FAO/IAEA/WHO para estudar o efeito de altas doses de irradiação, concluiu que alimentos irradiados com doses da ordem de 10 kGy não causam nenhum risco na saúde dos consumidores (FAO, 1999).

Na irradiação de alimentos é utilizada radiação ionizante. A radiação ionizante é uma forma de energia eletromagnética que é capaz de arrancar um dos elétrons orbitais de átomos neutros, transformando-os em um par de íons. A ionização é, portanto a remoção direta ou indireta de um elétron de um átomo, que se transforma em um íon. As partículas carregadas produzem ionização diretamente enquanto que as neutras e as ondas eletromagnéticas, na sua interação com os átomos do meio, produzem ionização apenas indiretamente, criando partículas carregadas, que por sua vez, podem ionizar. O termo radiação ionizante, ou simplesmente radiação, é usado para designar tanto um feixe de partículas com ou sem carga elétrica e às ondas eletromagnéticas.

A unidade de medida da dose de radiação no Sistema de Unidades Internacional é o gray (Gy), que é igual à energia absorvida de um joule por kilograma de alimentos. Uma unidade de medida mais antiga encontrada na literatura é o rad, sendo  $1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs}$  de energia absorvida por grama de material, sendo  $1 \text{ Gy} = 100$

rad.

Os alimentos são expostos por um determinado período à radiação, mas não entram em contato com a fonte. Quanto maior o tempo da exposição dos produtos aos raios gama, maior será a dose recebida.

O Brasil possui legislação sobre irradiação de alimentos que segue as principais recomendações dos organismos internacionais. Em 26 de janeiro de 2001 foi aprovada pela ANVISA a Resolução (RDC) n. 21 que diz que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento. Contém também o Regulamento Técnico para Irradiação de alimentos no Brasil, onde foi considerada a necessidade de aperfeiçoamento das ações de controle, bem como a de atualizar, harmonizar e consolidar as normas e regulamentos técnicos relacionados a todos os alimentos tratados por irradiação (BRASIL, 2001).

As radiações permitidas no Brasil para serem utilizadas em alimentos estão de acordo às recomendações da Comissão do Codex Alimentarius (FAO,1984) e são as seguintes::

- a) Raios gama de  $^{60}\text{Co}$  (T1/2: 5,263 anos;  $\beta^-$ : 0,314MeV;  $\gamma$ : 1,173 e 1,332MeV);
- b) Raios gama de  $^{137}\text{Cs}$  (T1/2: 30 anos;  $\beta^-$ :0,514 e 1,176MeV, que decai a  $^{137}\text{mBa}$ , T1/2: 2,554 min.; $\gamma$ :0,662MeV);
- c) Feixe de elétrons de até 10MeV;
- d) Raios X de até 5 MeV.

### **3.7.2. Tecnologia da radiação aplicada a produtos farináceos**

Os grãos de trigo podem ser irradiados para diminuição da infestação por pragas e microorganismos e assim, contribuir ao aumento de vida útil do cereal. A irradiação da farinha de trigo apresenta grande vantagem no quesito de conservação e

apresentam características favoráveis à fabricação de pães segundo alguns autores. Isto se dá pelo fato da farinha de trigo irradiada, sofrer alterações nas características dos seus componentes (amido e proteínas) e de suas propriedades reológicas. Quanto aos componentes, a irradiação quebra o amido, aumentando a atividade diastática e diminuindo, assim, os tempos de fermentação. As proteínas são quebradas em peptídeos menores que são mais susceptíveis a ação das enzimas proteolíticas. Quanto as propriedades reológicas, o tempo e temperatura de viscosidade de gelatinização diminuem e a extensibilidade aumenta (SREENIVASAN, 1973).

Agúndez-Arvizu (2006) estudou o efeito da radiação ionizante em farinha de trigo, com uma dose de 1 kGy, utilizando um irradiador com fonte de cobalto-60, com a função da fabricação de um pão típico mexicano, denominado de *taco*. Os resultados obtidos, mostraram que a utilização de irradiação gama age de forma efetiva diminuindo a carga microbiana e com essa dose, não há alteração das características tecnológicas e mudanças físico-químicas significativas.

A irradiação, como outros processamentos de alimentos, é capaz de eliminar microrganismos patogênicos, mas também é capaz de induzir mudanças na estrutura de algumas moléculas presentes (HAYES et al., 1995). No caso das farinhas, há uma degradação parcial do amido e das proteínas. Alguns estudos recentes explicitam algumas destas degradações.

Amer et al. (2007) desenvolveram um estudo para analisar as características físicas e reológicas de uma massa panificável, submetida à irradiação por raios gama. Perceberam que houve uma perda significativa de características de plasticidade e elasticidade, com o aumento da dose de irradiação (7,5 a 25 kGy). Percebeu-se também que até 7,5 kGy não houve alteração nessas características. Um outro estudo, buscou avaliar as alterações reológicas, em farinha de sêmola para produção de massas de lasanha, causadas pela radiação ionizante. Os autores concluíram que não houve alteração nem no índice de absorção, nem na qualidade e quantidade e cinzas e

proteínas, porém havendo decréscimo do índice de *falling number* e leveduras (principalmente microorganismos patogênicos). Uma análise sensorial da massa de lasanha mostrou que não houve variação significativa para farinhas de semolina irradiadas de 0,25 a 1 kGy, quando comparadas a não irradiada (AZZEH & AMR, 2009).

Chung e Liu (2009) publicaram trabalho no qual descrevem o efeito da radiação gama em propriedades do amido de milho. Esses autores encontraram um decréscimo no conteúdo aparente de amilose com o aumento da dose de radiação acompanhado pelo aumento de cadeias curtas e uma diminuição de cadeias mais longas. Também, houve um decréscimo na cristalinidade com o aumento da dose de radiação. Em relação ao conteúdo em amido resistente, houve um pequeno decréscimo nas amostras irradiadas com 2 kGy mas verificou-se um aumento com valores maiores até 50 kGy.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Material**

Os produtos amiláceos utilizados neste estudo foram adquiridos no comércio local e utilizados dentro do período de validade de seis meses.

- a) Farinha de trigo especial do tipo forte, teor de proteínas de ~ 13%;
- b) Farinha de trigo especial do tipo fraca; teor de proteínas de ~ 11%; Farinha de trigo integral,
- c) Farinha de centeio,
- d) Sêmola de milho,
- e) Farinha de polpa de banana verde,
- f) Pães elaborados com os produtos acima (ver as formulações nas TAB. 2 e 3).



## **4.2 Métodos**

### **4.2.1 Irradiação**

As farinhas de trigo, trigo integral, centeio e sêmola de milho e foram irradiadas em fonte de  $^{60}\text{Co}$ , *Gammacell 220* da Atomic Energy of Canada Ltd (AECL) localizada no Centro de Tecnologia da Radiações (CTR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), nas doses de 0, 1, 3 e 9 kGy. A farinha de polpa de banana verde foi irradiada no mesmo equipamento, nas doses de 0, 5 e 10 kGy. A taxa de dose média do equipamento foi de 1,6kGy/h.

#### **4.2.2 Alveografia**

Foi desenvolvida com o equipamento Alveógrafo de Chopin, modelo MA 82, no Instituto de Desenvolvimento de Panificação e Confeitaria (IDPC) com intuito de mensuração da energia de deformação e extensibilidade. Para a análises foram seguidos os procedimentos propostos pelo fabricante: submeter uma amostra de 7 g de farinha a uma análise de umidade. Com este resultado calcular o índice de hidratação, a quantidade de solvente e preparar este com uma concentração de 2,5% de NaCl. Após esta etapa, 250 g da amostra de farinha são homogeneizados por um período de 8 min a 24<sup>o</sup> C com o solvente em uma câmara do alveógrafo. O processo é interrompido e o ciclo de mistura invertido, de forma que haja uma incorporação total da farinha e solvente, formando uma massa lisa e homogênea. Esta massa é, em seguida, cortada na forma de discos. Estes discos são dispostos sobre uma estrutura plana em que permanecem em repouso. Cada disco é então colocado sobre o fluxo de ar do alveógrafo, que emitira o gás com pressão inchando o mesmo. Este irá inflar no formato de uma bolha e romperá. Na FIG.1 é mostrado o equipamento utilizado.



FIGURA 1 - Alveógrafo de Chopin (Foto: Melsheimer, 2010)

#### 4.2.3 Atividade enzimática

A determinação da atividade de  $\alpha$ -amilase, ou *Hagberg Falling Number*, certificada pela ISO 3093 de código AACC 56-81B, ICC 107, foi desenvolvida no aparelho de *Hagberg*, no Instituto de Desenvolvimento de Panificação e Confeitaria (IDPC). O método é descrito por Suas (2009): "Exposição de uma amostra de farinha, solução de água e NaCl, em um tubo de ensaio, ao calor em banho-maria. Há uma homogeneização desta amostra e deve-se aguardar a formação de precipitado. O tempo em segundos para a formação deste representa as características enzimáticas da farinha." Na FIG.2 é mostrado o equipamento utilizado.



FIGURA 2 - Aparelho de *Hagberg* (foto: Melsheimer, 2010)

#### 4.2.4 Confeção dos pães por método direto

Os pães foram confeccionados através do método direto com fermentação reduzida. Dependendo do experimento, as formulações dos pães foram com 100% de farinha de trigo ou 70% de farinha de trigo comum e 30% de farinha irradiada em diferentes doses, conforme descrito nas TAB. 2 e 3.

TABELA 2 - Formulação dos pães de farinha de trigo confeccionados no presente trabalho.

Ingrediente	%
Farinha de trigo	60
Água	24
Leite	6,0
Sal	1
Açúcar	2
Fermento Fresco	2
Manteiga	6

TABELA 3 - Formulação dos pães confeccionados com diferentes farinhas irradiadas, utilizadas no presente trabalho.

Ingrediente	%
Farinha de trigo	42
Farinha Irradiada	18
Água	24
Leite	6,0
Sal	1
Açúcar	2
Fermento Fresco	2
Manteiga	6

A confecção dos pães seguiu as etapas apresentadas a seguir:

- a) Separação dos ingredientes da formulação acima apresentada;
- b) Mistura e Desenvolvimento consistindo em, misturar os ingredientes secos (farinha, farinha irradiada, sal e açúcar) por um período de 1 minuto, seguindo de uma mistura de 3 minutos para agregação de líquidos (água e leite) e fermento dissolvidos neste. Estas etapas ocorrem com batimento da masseira na velocidade um, que corresponde à velocidade de 45 RPM. Na sequência há a incorporação da manteiga por um período de 1 minuto e o desenvolvimento da massa se dá em um período de 3 minutos. Estas etapas ocorrem com batimento da masseira na velocidade dois, que corresponde à velocidade de 90 RPM;
- c) Fermentação Inicial, ocorre por um período de 40 minutos a uma temperatura de 25°C, com umidade relativa por volta de 70%;
- d) Divisão e pesagem das massas em um período de 10 minutos, sendo a massa dividida em partes de 500 g;
- e) Fermentação intermediária em um período de 10 minutos, a uma temperatura de 25°C, com umidade relativa por volta de 70%;
- f) Modelagem da massa em formatos cilíndricos e disposição destas em formas untadas com agente desmoldante CARLO da marca PURATOS a base de glicídios;
- g) Fermentação Final por um período de uma hora e vinte minutos, a uma temperatura de 25°C, com umidade relativa por volta de 70%;

- h) Cocção a uma temperatura de 160° C em forno do tipo turbo por um período de cinquenta minutos e
- i) Resfriamento por um período de duas horas para que os pães atingissem uma temperatura no centro geométrico de 25° C, para que assim fosse possível a mensuração da textura, peso, a altura e perda de umidade dos pães de forma.

#### 4.2.5 Análise de textura

Foi utilizado texturômetro da marca *Extralab*, modelo TAXT2i, no Instituto de Desenvolvimento de Panificação e Confeitaria (IDPC). Para as análises foram seguidos os procedimentos propostos pelo fabricante: colocar duas fatias de pão sob o *probe* cilíndrico, ativar o equipamento, esperar até o *probe* ter executado, por completo, seu trajeto e aguardar até que haja formação do gráfico na tela do computador no qual o equipamento está conectado. Na FIG.3 é mostrado o texturômetro utilizado.



FIGURA 3 - Texturômetro modelo TAXT2i. (Foto: Melsheimer, 2010)

#### 4.2.6 Determinação da altura, peso e perda de umidade dos pães após a cocção.

A medida de altura é feita no pão de forma inteiro após resfriamento com o uso de um paquímetro. A altura foi medida no centro do pão de forma, da base até o topo.

A análise de peso foi feita com o uso de uma balança de precisão e mensurou-se o peso dos pães de forma após o período de resfriamento. A análise de perda de umidade dos pães foi um estudo posterior, que teve como objetivo avaliar o efeito da radiação ionizante nestes produtos. Para cálculo da perda de umidade, utilizou-se a seguinte equação:

$$\%_u = (P_{Mi} - P_{Mf}) / P_{Mi}$$

$\%_u$ - Perda de umidade após a cocção

$P_{Mi}$ - Peso da massa inicial (500g)

$P_{Mf}$ - Peso da massa final

#### 4.2.7 Análises estatísticas

Tanto para as análises reológicas e tecnológicas, quanto para as de textura e físicas, foram realizadas dezesseis repetições para cada amostra, irradiada em cada uma das doses respectivas. Com os valores obtidos desenvolveram-se estudos estatísticos apropriados mediante utilização do programa *SigmaStat for Windows Version 1.0* de 1994 da *Jandel Corporation*. Foram utilizados *One Way ANOVA* para determinação da normalidade do espaço amostral e em caso positivo a determinação das médias e dos respectivos desvios padrão e variações significativas entre as amostras. Caso o espaço amostral falhasse nos testes de normalidade, utilizou-se o teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* para a determinação da mediana e do primeiro e terceiro quartil, bem como das possíveis variações significativas entre as amostras.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram estudadas as alterações reológicas de farinhas de trigo forte e fraca irradiadas em diferentes doses, medidas até 30 dias após irradiação das amostras, usando o método de alveografia. A classificação de farinha forte e fraca reside no teor de proteínas presentes na farinha (ARAUJO, 1975). A farinha forte apresenta um teor que pode variar de 9 a 11% e forte de 12 a 14%. A farinha forte utilizada apresenta um teor de proteínas de 13%, enquanto que a farinha fraca de 11%.

Foi feita a análise da atividade enzimática das farinhas utilizando o método do *falling number*; também a análise das alterações geradas na textura, altura, peso e perda de umidade dos pães após cocção, confeccionados com diferentes farinhas, irradiadas a diferentes doses, e assim estabelecida a capacidade da radiação ionizante em alterar características da farinha bem como nas propriedades físicas dos pães.

### 5.1 Reologia das farinhas

Para Fischer et al. (2009) a reologia tem a função de estudar o comportamento de deformação e fluidez da matéria, sendo que suas propriedades podem variar desde fluidos viscosos até sólidos elásticos. Na panificação as características reológicas mais utilizadas são a energia de deformação e extensibilidade de massas (compostas de farinha, água e sal). Ambas características são mensuradas com a metodologia de alveografia. A energia de deformação, de determinada massa, influencia diretamente, nos períodos de fermentação que esta poderá ser submetida e na altura dos pães após cocção (FUSTIER et al., 2008). De acordo com Suas (2009), o valor adequado da energia de deformação, para obtenção de pães sem o acréscimo de agentes reforçadores, tais como o ácido ascórbico, deveria ser de entre 350 e 400  $10^{-4}$ J. A extensibilidade de determinada massa, por outro lado, influencia diretamente na textura do miolo dos pães após cocção (INDRANI



et al., 2006). No caso da extensibilidade, Suas (2009) recomenda um valor que pode variar de 2,5 a 3. Deve-se ressaltar que a extensibilidade é uma medida adimensional.

### 5.1.1 Energia de deformação

Inicialmente foi medida a energia de deformação de massas preparadas a partir de farinhas fracas e fortes irradiadas a 0, 1, 3 e 9 kGy, no 1º dia, cinco dias e um mês após irradiação, utilizando-se um alveógrafo.

Houve uma diminuição da energia de deformação em função da dose e do tempo após a irradiação, tanto para a farinha forte quanto para farinha fraca. Esta relação está apresentada nas FIG.4 e 5 (TAB. 4 e 5 no Apêndice A), para farinha forte e fraca respectivamente.

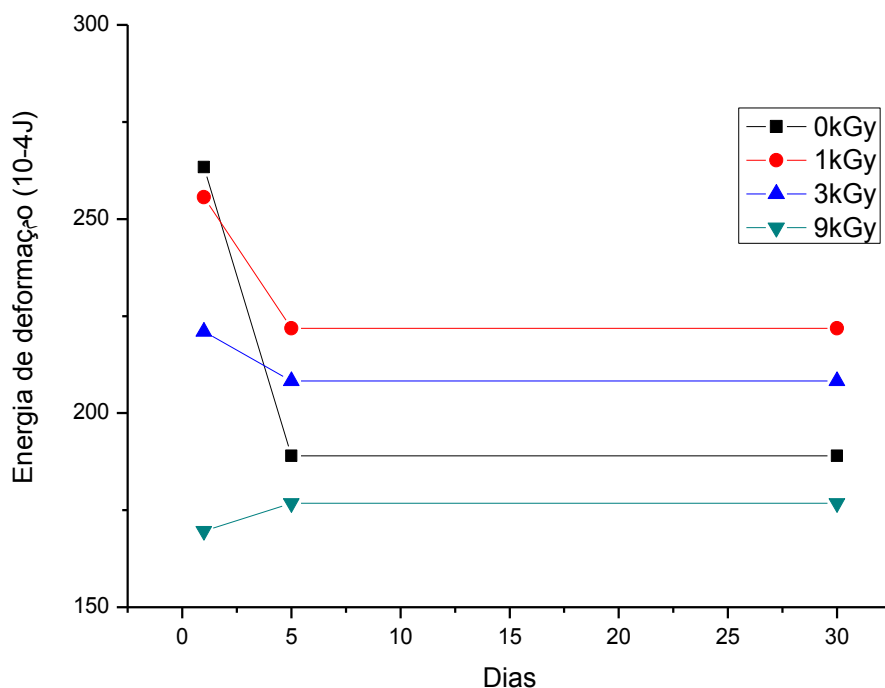


FIGURA 4 - Valores da energia de deformação de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação (vide TAB. 4).

Na FIG.4 pode-se notar que a farinha forte apresentou um valor inferior ao indicado para confecção de pães, acima mencionado. Ressalta-se que com o aumento de dose há uma diminuição na força da farinha, um dia após a irradiação e, a partir do quinto dia, não apresenta variações significativas.

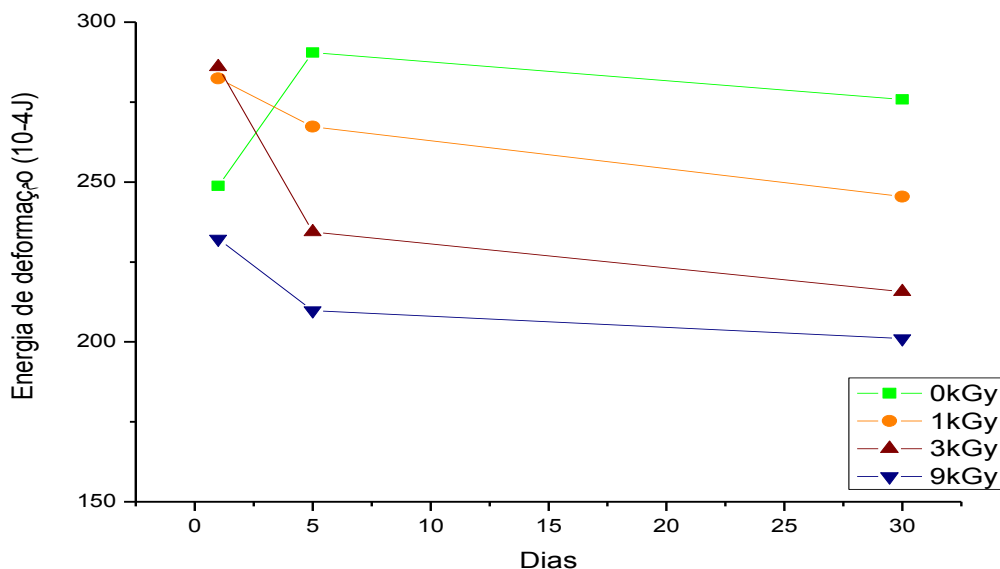


FIGURA 5 - Valores da energia de deformação de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação (vide TAB. 5).

De acordo com os valores mostrados na FIG.5, a farinha fraca apresentou um comportamento diferente do da farinha forte, sendo que um dia após a irradiação, as amostras irradiadas a 1 e 3 kGy, apresentaram valores superiores às amostras não irradiadas, sendo o comportamento da amostra irradiada a 9 kGy, muito similar à amostra irradiada na mesma dose da farinha forte. Cinco dias após a irradiação o valor obtido da amostra não irradiada foi superior às irradiadas nas demais doses. A farinha fraca, não irradiada, apresenta um valor mais próximo do indicado por Suas (2009).

A diminuição da energia de deformação pode ser compreendida como conseqüência da geração de amido danificado em virtude da dose aplicada (CHUNG &

LIU, 2009). As análises reológicas são executadas nas massas e estas apresentam de 60 a 70% de amido na sua formulação, de forma que com a quebra deste pela irradiação, pode haver mudanças nas características reológicas (GUINET, 1992). No presente trabalho, a diminuição, no caso da farinha forte e o aumento, no caso da farinha fraca, da energia de deformação podem ser causados pela geração de amido modificado pela ação da radiação ionizante, que age alterando as características viscoelásticas (SUAS, 2009).

### 5.1.2 Extensibilidade máxima

Maucher et al. (2009) estudando as propriedades mecânicas e viscoelásticas de massas preparada com diversos cultivares de trigo estabeleceram que cultivares de trigo com maior relação trabalho elástico/trabalho plástico (E/P) tendem a possuir melhor força de glúten do que os cultivares com baixa relação E/P. As FIG.6 e 7 (TAB. 6 e 7 do Apêndice A) apresentam a variação da extensibilidade em função da dose aplicada, em um período inicial e um mês após irradiação para as farinhas de trigo forte e fraca respectivamente. Esta extensibilidade é apresentada pelo termo adimensional P/L (mm/mm) e representa a elasticidade máxima da massa ao ser estirada.

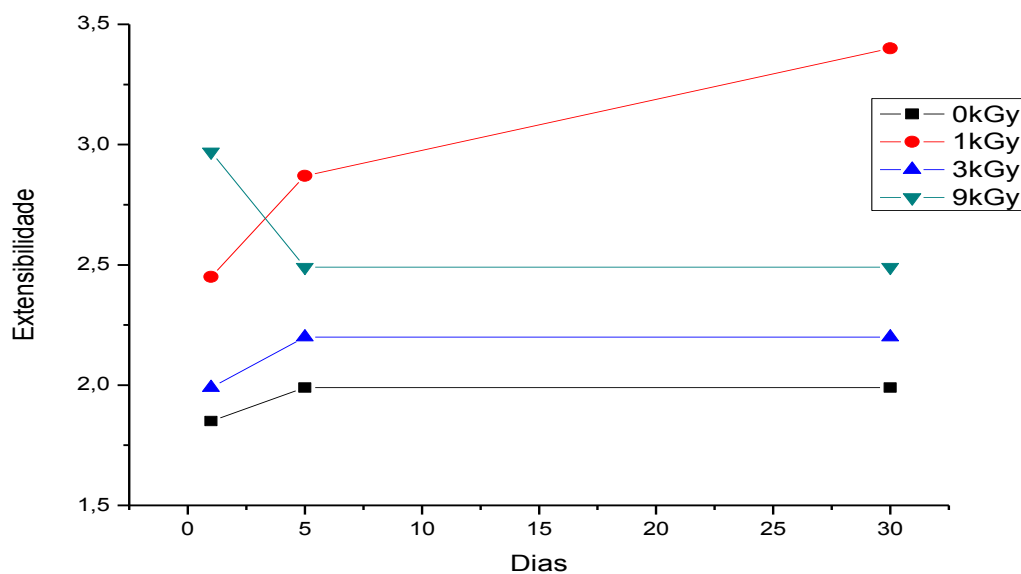


FIGURA 6 - Extensibilidade de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação (vide TAB. 6) .

Na FIG.6, pode-se notar que a farinha forte apresentou, para as amostras irradiadas a 1 e 9 kGy, um valor na faixa sugerida para confecção de pães, anteriormente mencionado. As amostras não irradiadas e irradiadas a 3 kGy, apresentaram valores inferiores à faixa sugerida para a produção de pães. Ressalta-se que a partir do quinto dia não há variações significativas para as amostras irradiadas a doses de 3 e 9 kGy e a amostra controle (0 kGy).

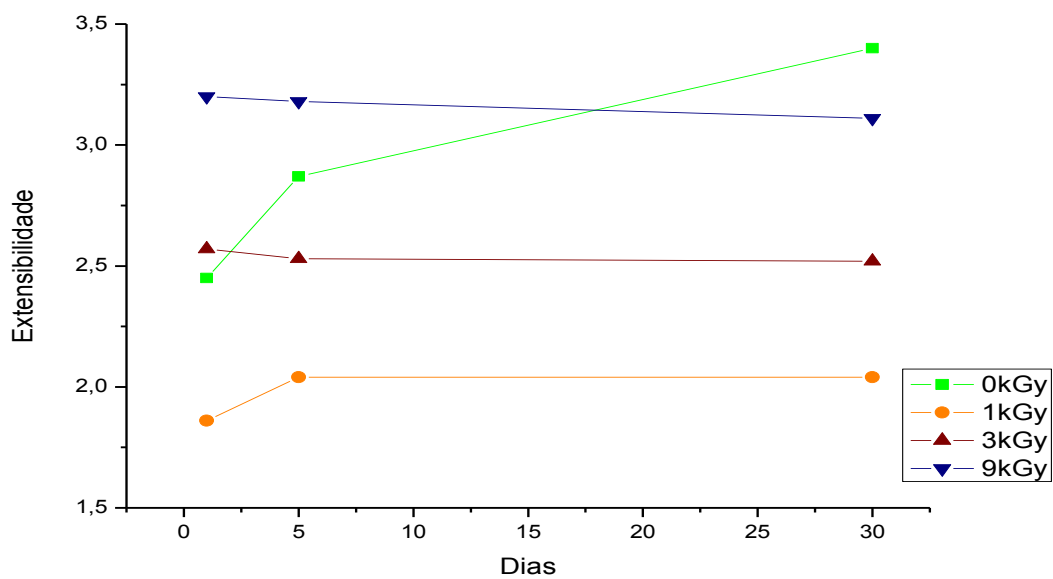


FIGURA 7 - Extensibilidade de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação (vide TAB. 7).

Os dados da FIG.7, mostram que a farinha forte apresentou, para as amostras irradiadas a 3 e 9 kGy e a 0 kGy valores na faixa sugerida para confecção de pães que, de acordo com Suas (2009), pode variar de 2,5 a 3. A amostra irradiada a 1 kGy, apresentou um valor inferior à faixa sugerida para a produção de pães. A partir do quinto dia após irradiação não houve variações significativas entre si para as amostras irradiadas a doses de 3 e 9 kGy. A amostra não irradiada apresentou um aumento significativo. Assim como para o caso da energia de deformação, a irradiação modifica as moléculas de amido o que, de acordo com Suas (2009), altera as características

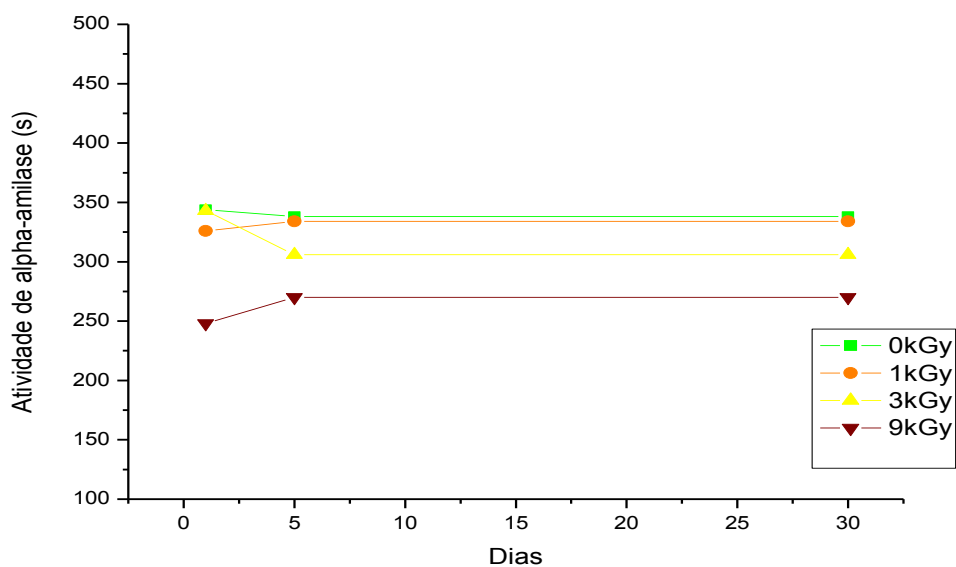
viscoelásticas das massas a base das diferentes farinhas. No caso da extensibilidade pode-se dizer que estas alterações apresentam um caráter de aumento, em função da dose aplicada e do período após a irradiação.

## 5.2 Análise da atividade enzimática

De acordo com Araújo (1975), a atividade enzimática varia com o tipo de produto panificável que se deseja obter, sendo valores maiores, mais recomendados para pães que sofrem períodos de fermentação mais prolongados e valores menores, para pães que sofrem períodos de fermentação reduzidos. Araújo (1975) recomenda, para panificação, valores de *falling number* entre 200 e 300 segundos. Nesta faixa, há uma atividade de  $\alpha$ -amilase ideal e como resultado obtém-se pães com volume adequado. Atividades enzimáticas superiores a 300 s apresentam como resultado pães de volume reduzido. Calvel (1987) recomenda que, caso determinada farinha apresente valores superiores a 300 s, agregar-se melhoradores enzimáticos, com o intuito de se diminuir tal valor.

Um estudo, promovido na Jordânia, buscou avaliar as alterações reológicas, causadas pela radiação ionizante, em farinha de sêmola para produção de massas de lasanha, e concluíram que não há alteração nem do índice de absorção, nem na qualidade e quantidade e cinzas e proteínas, porém havendo decréscimo do índice de *falling number* e leveduras (principalmente microorganismos patogênicos). A análise sensorial da massa de lasanha mostrou que não houve variação significativa para farinhas de semolina irradiadas de 0,25 a 1 kGy, quando comparadas a não irradiada (AZZEH & AMR, 2009). Esse estudo corrobora os dados obtidos no presente trabalho, ao confirmar que a irradiação pode gerar uma diminuição na atividade enzimática de determinada farinha.

As FIG.8 e 9 (TAB. 8 e 9 do Apêndice A), apresentam as atividades enzimáticas de farinhas forte e fraca, respectivamente, irradiadas a diferentes doses em função do tempo após a irradiação.



FIGUR

A 8 - Atividade enzimática de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação (vide TAB. 8).

Na FIG.8, pode-se notar que a farinha forte apresentou, para as amostras irradiadas a 3 e 9 kGy, um valor na faixa sugerida para confecção de pães, acima mencionado. As amostras 0 kGy e e a irradiada a 1 kGy, apresentaram valores superiores à faixa sugerida para a produção de pães. Ressalta-se que a partir do quinto dia não há variações significativas para as amostras irradiadas e não irradiadas.

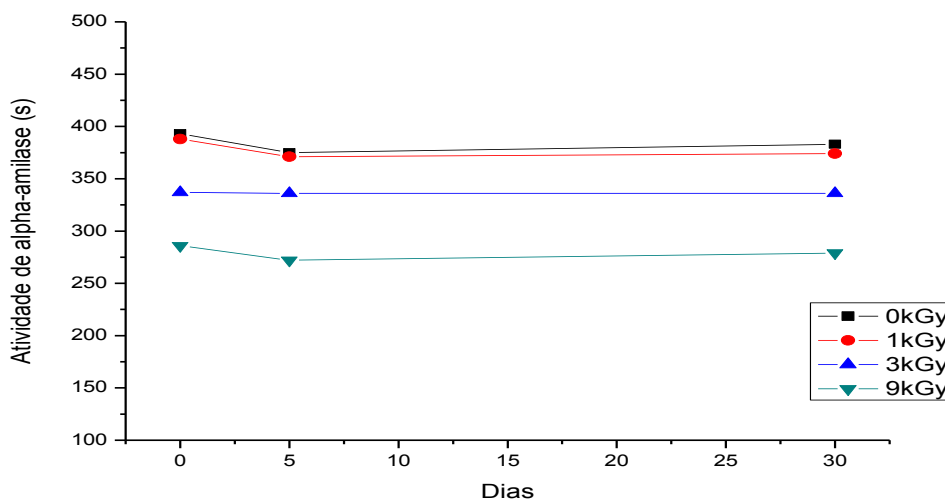


FIGURA 9 - Atividade enzimática de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação (vide TAB. 9).

Na FIG.9, observa-se que assim como para a farinha forte, a farinha fraca apresentou uma diminuição no valor da atividade enzimática em função do aumento de dose de irradiação. Neste contexto, destaca-se que apenas a amostra irradiada a 9 kGy encontra-se em um valor dentro da faixa sugerida para confecção de pães, acima mencionado. As amostras não irradiada, irradiada a 1 e 3 kGy, apresentaram valores superiores à faixa sugerida para a produção de pães. A partir do quinto dia não houve variações significativas para as amostras irradiadas ou não.

Os dados obtidos mostram que com o aumento da dose de irradiação houve uma diminuição da atividade enzimática expressa em segundos, tanto para a farinha forte quanto para a farinha fraca. Em ambos os casos, uma dose de 9kGy possibilitaria o uso destas farinhas, e de acordo com a observação supra-citada, não haveria necessidade, para a confecção de pães, do acréscimo de melhoradores enzimáticos, ricos em  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase.

### **5.3 Análise de força máxima de deformação dos pães após cocção**

Diferentemente das características reológicas e tecnológicas, as variáveis estudadas a seguir não possuem padrões de referência bem delimitados, sendo que as alterações encontradas devem sempre ser referenciadas à amostra padrão não submetida à irradiação. Ressalta-se que as figuras abaixo foram desenvolvidas através das TAB. 10-15 do Apendice-A.

Apenas amostras de pão de forma foram confeccionadas com farinha de trigo 100% irradiada. As demais continham 30% de farinhas irradiadas. A análise de textura foi feita nas fatias do pão após resfriamento. As FIG.10 e 11 mostram a relação da força de deformação para os pães confeccionados com diferentes farinhas e a doses de radiação aplicadas. Pode-se notar que há um aumento da força em função da dose aplicada à farinha utilizada. Os pães confeccionados com as farinhas de trigo, sêmola de milho, polpa de banana verde e centeio apresentaram valores maiores de

textura para doses inferiores a 5 kGy, quando comparados a doses superiores (10 kGy). As amostras confeccionadas com trigo integral e substituição parcial por farinha de trigo irradiada apresentaram comportamentos diferentes dos demais, sendo que, para a farinha de trigo integral, houve um aumento linear em função da dose aplicada e para a farinha de trigo refinado uma diminuição para doses menores e um aumento para doses superiores. Esse comportamento, verificado no pão a base de farinha de trigo 100% irradiada, pode ser devido ao aumento de extensibilidade gerado pelo aumento de dose, como acima apresentado, que influencia diretamente a textura dos pães após resfriamento (SREENIVASAN, 1973).

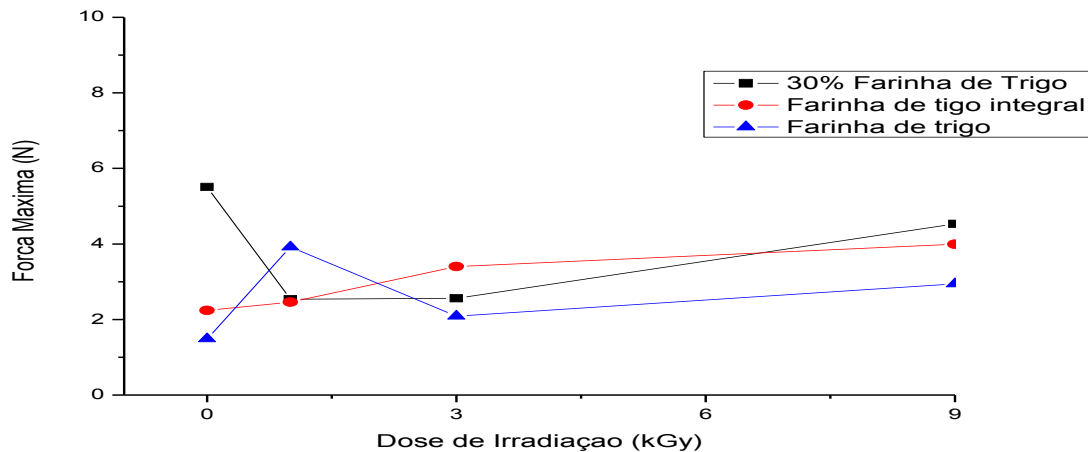


FIGURA 10 - Força máxima de deformação para pães, após cocção, confeccionados a base de farinhas de trigo e trigo Integral (vide TAB. 10).

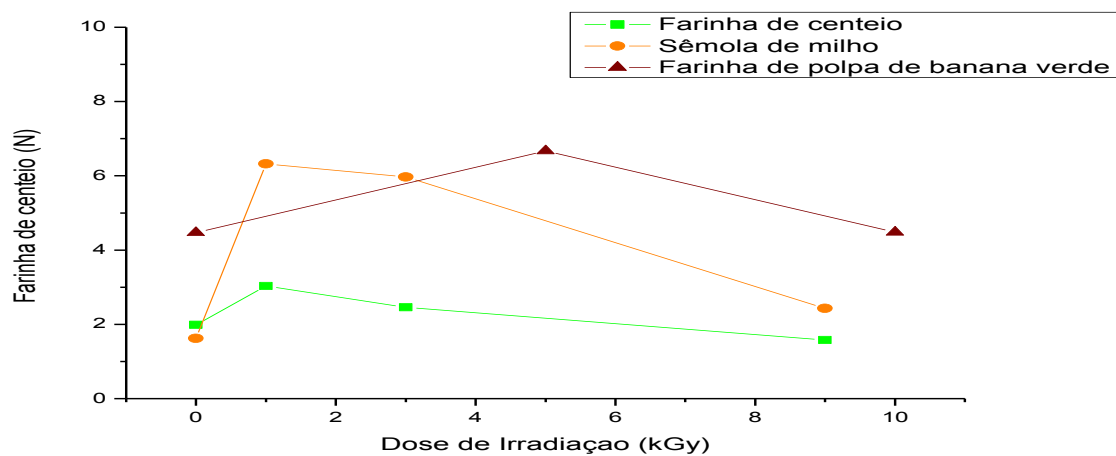


FIGURA 11 - Força máxima de deformação para pães, após cocção,

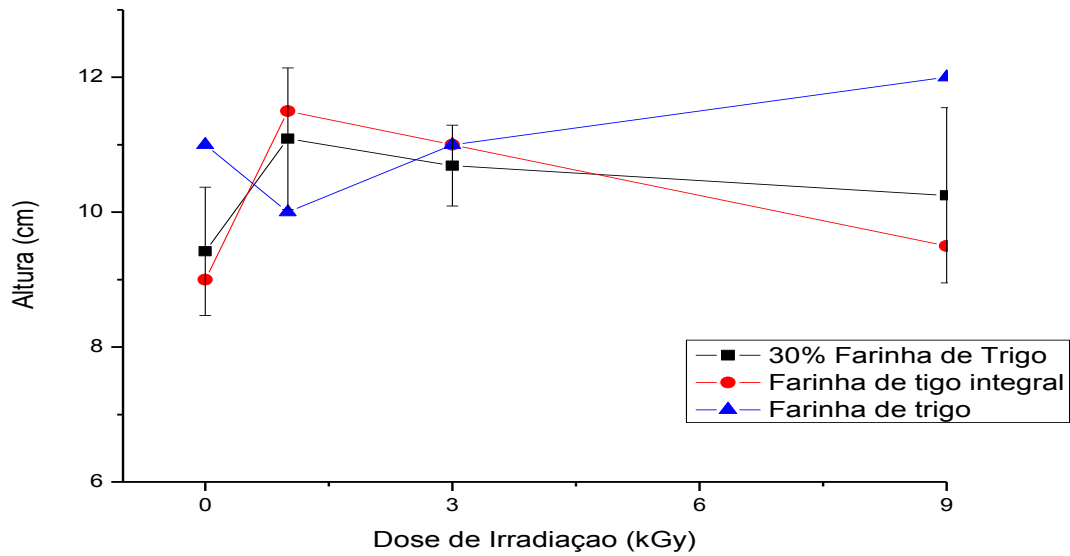


confeccionados a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho (vide TAB. 11).

verde e

#### 5.4 Análise da altura dos pães após cocção

A análise de altura foi feita nas fatias do pão após resfriamento. Observa-se nas FIG.12 e 13, que há um aumento da altura em função da dose aplicada para a maior parte das farinhas utilizadas, com exceção das farinhas de centeio e sêmola de milho que diminuíram em função da dose aplicada.



GURA 12 - Altura dos pães, após cocção, a base de farinhas de trigo e trigo Integral (vide TAB. 12).

FI

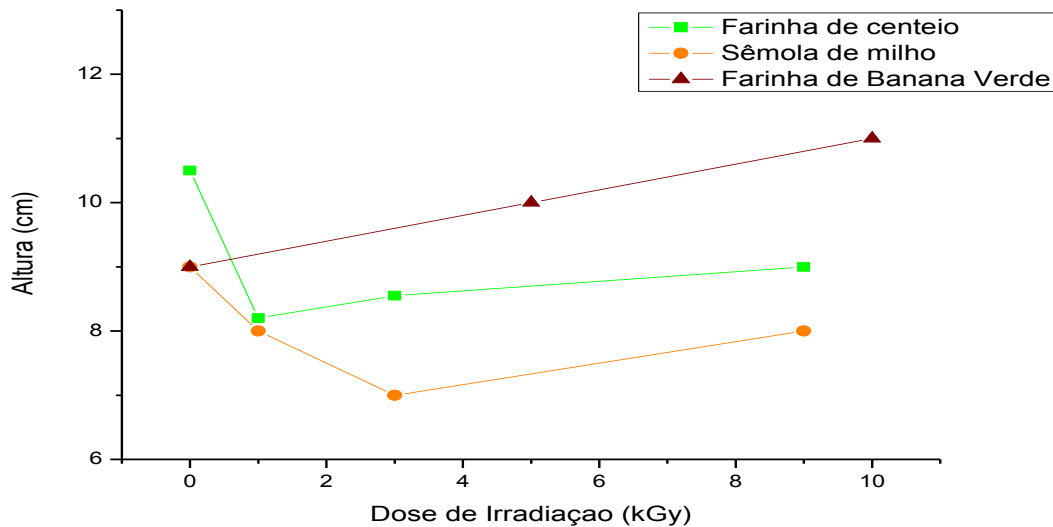


FIGURA 13 - Altura, após cocção, dos pães confeccionados com farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho (vide TAB. 13).

A altura dos pães está diretamente relacionada à quantidade de açúcares fermentáveis presentes na farinha utilizados como substrato para a ação das leveduras (CALVEL, 1987). Desta forma, quanto maior a quantidade de amido degradado e conseqüentemente, maior quantidade de açúcares fermentáveis, maior será o tamanho dos poros do miolo e maior a altura. Chung e Liu (2009), como mencionado anteriormente, descreveram a geração de amido danificado como resultado do aumento de dose aplicada à determinado alimento rico em amido. Nesse sentido, pode-se sugerir que o aumento da altura em função do aumento da dose, foi conseqüência da alteração da molécula de amido com aumento considerável na quantidade de açúcares fermentáveis.

### 5.5 Análise de peso dos pães após cocção

A análise de variações do peso foi feita nas fatias do pão após resfriamento. Observando-se as FIG.14 e 15, o peso de pães confeccionados com diferentes farinhas, aumentou em função da dose de radiação aplicada para a maior parte das farinhas utilizadas, com exceção das farinhas de centeio e trigo integral que diminuíram

em função da dose aplicada.

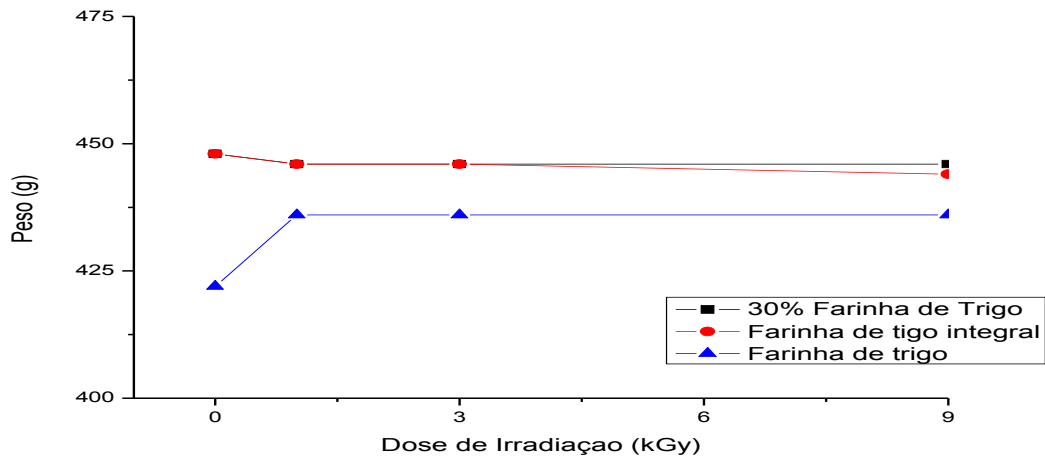


FIGURA 14 - Peso dos pães, após cocção, a base de farinhas de trigo e trigo Integral (vide TAB. 14).

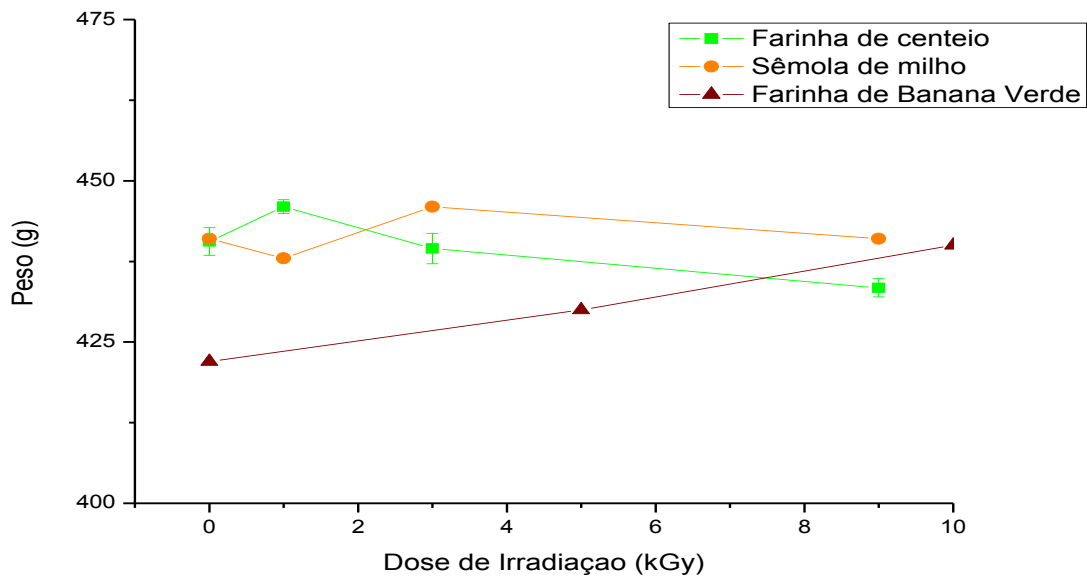


FIGURA 15 - Peso dos pães a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho após cocção (vide TAB. 15).

O peso dos pães está diretamente relacionado à quantidade de umidade que a massa consegue reter. De acordo com Farrand (1963) amido danificado pode ser considerado, por um conceito físico arbitrário, como aquele que absorve maior teor de

água. De forma geral pode este pode absorver de 2 a 4 vezes o seu peso em água quando comparado ao amido não danificado que só pode absorver até 0,4 vezes o seu peso (DUBAT, 2004). O amido danificado como resultado da irradiação, presente na farinha de trigo nos pães de forma, de acordo com Hayes et al. (1995), consegue reter após a cocção um teor de água superior àquele de pães com teor inferior de amido danificado. Desta forma quanto maior a quantidade amido danificado, fruto do aumento de dose de irradiação, maior o peso dos pães confeccionados com estas farinhas.

### **5.6 Análise da perda de umidade dos pães após cocção**

A perda de umidade está diretamente relacionada ao peso dos pães após resfriamento. De forma geral durante o período de cocção, de acordo com Calvel (1987) há uma evaporação externa da massa, atribuída à formação de uma camada de vapor sobre a superfície desta. Essa evaporação, pelo fato da água ser um bom condutor do calor, inibe a elevação da temperatura da superfície da massa permitindo que haja um bom desenvolvimento, resultado da dilatação do gás carbônico, presente na massa e da produção de vapor de água, fruto da água livre presente na massa. A perda de umidade, como apresentado anteriormente no capítulo de materiais e métodos, é calculado como a diferença percentual do peso da massa inicial de pão antes da cocção, no caso de 500 g e do peso da massa final de pão após a cocção (GUINET, 1992). Na panificação moderna há uma relação para pães, confeccionados com farinha de trigo de baixo teor de amido danificado, de perda de umidade em função do peso das massas iniciais de pão (TAB.1).

Pode-se notar que quanto maior o peso das massas iniciais dos pães, menor a perda de umidade durante o período de cocção. As FIG.16 e 17 apresentam as perdas de umidade para os pães confeccionados com diferentes farinhas.

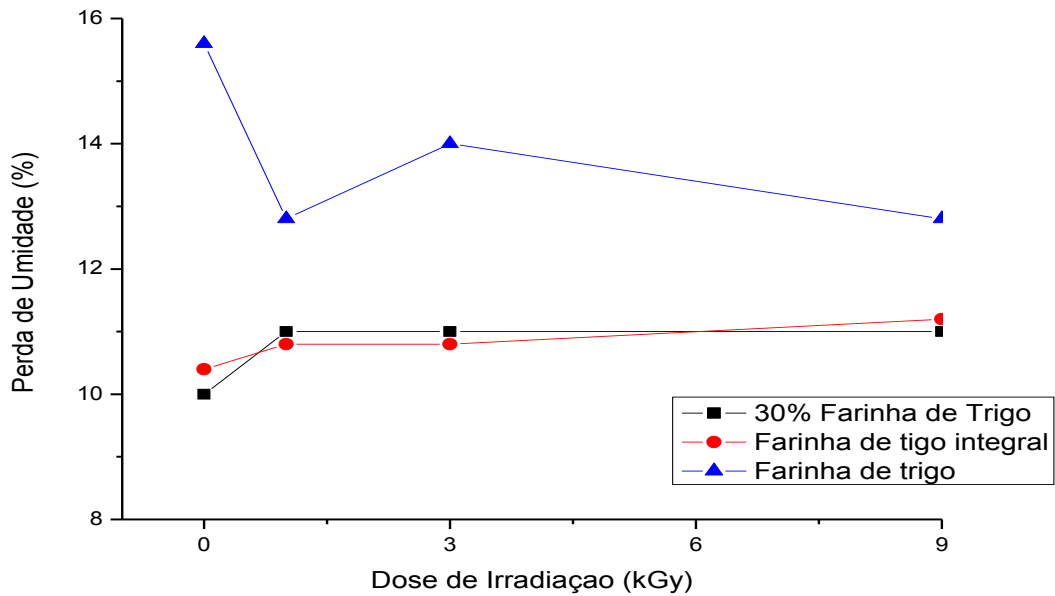


FIGURA 16 - Perda de umidade dos pães, após cocção, a base de farinhas de trigo refinado e trigo Integral (vide TAB. 16).

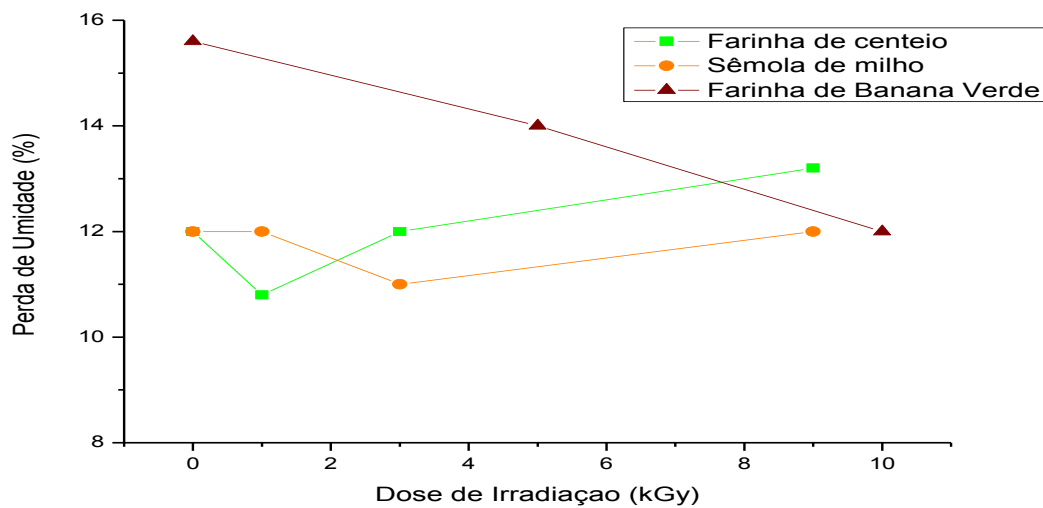


FIGURA 17 - Perda de umidade dos pães, após cocção, a base de farinhas de centeio, de polpa de banana verde e sêmola de milho (vide TAB. 17).

A análise da perda de umidade foi feita utilizando-se os valores dos pesos dos pães após resfriamento. Observando-se as FIG.16 e 17, pode-se notar que houve uma diminuição da perda de umidade dos pães em função da dose aplicada para a

maior parte das farinhas utilizadas, com exceção das farinhas de centeio e sêmola de milho que aumentaram em função da dose aplicada. Como houve um aumento de peso em função da dose aplicada, conseqüentemente houve uma diminuição da perda de umidade. Para a amostra confeccionada com farinha de trigo 100% irradiada para a dose de 1 e 9kGy houve uma diminuição, quando comparado aos valores da TAB.12, de 1.17% e para a dose de 3kGy de 7.14%. Observa-se que com o aumento da dose houve uma diminuição na perda de umidade. Em face deste fato, ressalta-se a possibilidade do uso irradiação ionizante como forma de aumentar a capacidade de retenção de umidade nos pães o que representaria uma possibilidade de aumento na produção, sem alteração da formulação dos pães (SUAS, 2009).

## 6. CONCLUSÃO

O objetivo da presente dissertação foi avaliar as alterações causadas pela radiação ionizante em diferentes tipos e quantidades de produtos ricos em amido, farinhas de trigo, centeio, polpa de banana verde e milho, nas características reológicas, tecnológicas, físicas e de textura.

Os resultados obtidos permitem concluir que a radiação ionizante, nas doses aplicadas neste estudo (1, 3 e 9kGy) gera alterações relativas nas características das farinhas. A atividade enzimática não foi negativamente afetada pela radiação. Os resultados mostraram que com o aumento da dose de radiação houve um aumento da atividade enzimática - diminuição do tempo de *falling number* - aparentemente como conseqüência da ruptura das cadeias de amido. Houve mudanças nas propriedades físicas e de textura dos pães produzidos com as farinhas irradiadas, como a diminuição da perda de umidade.

Embora o processo de irradiação seja geralmente aplicado na preservação da qualidade higiênica dos produtos, a irradiação de farinhas, para uso em panificação, pode apresentar algumas características tecnológicas benéficas para seu uso na produção de pães.

**APÊNDICE A - Resumo dos dados obtidos para as análises reológicas, tecnológicas, físicas e de textura**

**TABELA 4 - Energia de deformação ( $10^{-4}$  J) de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação**

Dose (kGy)	1 dia	5 dias	30 dias
0	263,4[263,3 ; 63,7] <sup>a</sup>	189 [188 ; 190] <sup>b</sup>	189 [187,3; 190] <sup>b</sup>
1 *	255,6 ± 2,62 <sup>a</sup>	221,8 ± 1,9 <sup>b</sup>	221,8 ± 2 <sup>b</sup>
3	221 [220; 222] <sup>a</sup>	208,3[207,3; 209,3] <sup>b</sup>	208,3 [207,3; 209,3] <sup>b</sup>
9	169,6 [168,6; 170,6] <sup>b</sup>	176,8[175,6; 178,1] <sup>a</sup>	176,8 [175,6; 178,1] <sup>a</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma linha com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ). \* Valores expressos como média e desvio padrão.

**TABELA 5 - Energia de deformação ( $10^{-4}$  J) de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação**

Dose (kGy)	1 dia	5 dias	30 dias
0	248,8[247,6; 50,1] <sup>c</sup>	290,5[289,3;291,8] <sup>a</sup>	275,8[274,8;277,1] <sup>b</sup>
1	282,4[281,2; 83,7] <sup>a</sup>	267,3[266,3;268,3] <sup>b</sup>	245,4[244,4;246,4] <sup>c</sup>
3	286 [285; 287] <sup>a</sup>	234,4[233,4;235,4] <sup>b</sup>	215,7[214,4;216,9] <sup>c</sup>
9	232,2[222,2; 224,2] <sup>a</sup>	209,8[208,8;210,8] <sup>b</sup>	201 [200; 202] <sup>c</sup>

Valores na mesma linha com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

**TABELA 6 - Extensibilidade de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação**

Dose (kGy)	1 dia	5 dias	30 dias
0	1,85 [1,84; 1,86] <sup>b</sup>	1,99 [1,98; 2] <sup>a</sup>	1,99 [1,97; 2,01] <sup>a</sup>
1	2,45 [2,44; 2,47] <sup>c</sup>	2,87 [2,86; 2,88] <sup>b</sup>	3,4 [3,3; 3,53] <sup>a</sup>
3	1,99 [1,98; 2] <sup>b</sup>	2,2 [2,2; 2,3] <sup>a</sup>	2,2 [2,2; 2,2] <sup>a</sup>
9	2,97 [2,96; 2,98] <sup>a</sup>	2,49 [2,48; 2,5] <sup>b</sup>	2,49 [2,48; 2,5] <sup>b</sup>

Valores na mesma linha com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).



TABELA 7 - Extensibilidade de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação

Dose (kGy)	1 dia	5 dias	30 dias
0	2,45 [2,44; 2,47] <sup>c</sup>	2,87 [2,86; 2,88] <sup>b</sup>	3,4 [3,3; 3,53] <sup>a</sup>
1	1,86 [1,85; 1,87] <sup>b</sup>	2,04 [2,03; 2,05] <sup>a</sup>	2,04 [2,03; 2,05] <sup>a</sup>
3 *	2,57 ± 0,014 <sup>a</sup>	2,53 ± 0,014 <sup>b</sup>	2,52 ± 0,0082 <sup>c</sup>
9	3,2 [2,1; 2,2] <sup>a</sup>	3,18 [3,17; 3,19] <sup>b</sup>	3,11 [3,1; 3,12] <sup>c</sup>

Valores na mesma linha com sobrescritos díspares diferem significativamente (P < 0,05.)

\*Valores expressos como média e desvio padrão

TABELA 8 - Atividade enzimática medida em aparelho de Hagberg de farinha de trigo forte irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação

Dose (kGy)	1 dia	5 dias	30 dias
0	344s [343s; 345s] <sup>a</sup>	338s [343s; 345s] <sup>b</sup>	338s [337s; 339s] <sup>b</sup>
1	326s [324s; 326s] <sup>b</sup>	334s [333s; 335s] <sup>a</sup>	334s [333s; 335s] <sup>a</sup>
3	343s [342s; 344s] <sup>a</sup>	306s [305s; 307s] <sup>b</sup>	306s [305s; 307s] <sup>c</sup>
9	248s [247s; 249s] <sup>b</sup>	270s [269s; 271s] <sup>a</sup>	270s [269s; 271s] <sup>a</sup>

Medianas e os quartis (25% e 75%). Valores na mesma linha com sobrescritos díspares diferem significativamente (P < 0,05).

TABELA 9 - Atividade enzimática medida em aparelho de Hagberg de farinha de trigo fraca irradiada em diferentes doses em função do tempo após irradiação

Dose (kGy)	1 dia	5 dias	30 dias
0	393s [392s; 394s] <sup>a</sup>	375s [374s; 376s] <sup>c</sup>	383s [382s; 384s] <sup>b</sup>
1	388s [387s; 389s] <sup>a</sup>	371s [370s; 372s] <sup>c</sup>	374s [373s; 375s] <sup>b</sup>
3	337s [336s; 338s] <sup>a</sup>	336s [335s; 337s] <sup>a</sup>	336s [334s; 338s] <sup>a</sup>
9	286s [285s; 287s] <sup>a</sup>	272s [271s; 273s] <sup>c</sup>	279,5s [278s; 81s] <sup>b</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma linha com sobrescritos díspares diferem significativamente (P < 0,05).

TABELA 10 - Variáveis para pães com substituição total da farinha de trigo por farinha de trigo irradiada em diferentes doses

Dose	Força máxima para deformação (N)	Altura (cm)	Peso (g)	Perda de Umidade (%)
0 kGy	1,49 [1,21; 1,57] <sup>d</sup>	11 [9,5; 11] <sup>a</sup>	422 [422; 422] <sup>b</sup>	15,6 [15,6; 16] <sup>a</sup>
1 kGy	3,92 [3,91; 4,03] <sup>a</sup>	10 [9,5; 11] <sup>a</sup>	436 [436; 438] <sup>a</sup>	12,8 [12,4; 12,8] <sup>c</sup>
3 kGy	2,09 [2,02; 2,1] <sup>c</sup>	11 [9; 11,5] <sup>a</sup>	436 [428; 430] <sup>a</sup>	14 [14; 14,4] <sup>b</sup>
9 kGy	2,94 [2; 3,26] <sup>b</sup>	12 [10,5; 12] <sup>a</sup>	436 [434; 436] <sup>a</sup>	12,8 [12,8; 13,2] <sup>c</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma coluna com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

TABELA 11 - Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de trigo irradiada em diferentes doses

Dose	Força máxima para deformação (N)	Altura (cm)	Peso (g)	Perda de Umidade (%)
0 kGy	5,51 [5,39; 5,94] <sup>a</sup>	9,42 ± 0,95 <sup>d</sup>	448 [446; 450] <sup>a</sup>	10 [10; 11] <sup>c</sup>
1 kGy	2,54 [2,38; 2,76] <sup>d</sup>	11,09 ± 1,05 <sup>a</sup>	446 [444; 446] <sup>b</sup>	11 [10,8; 11,2] <sup>b</sup>
3 kGy	2,56 [2,40; 2,58] <sup>c</sup>	10,69 ± 0,6 <sup>b</sup>	446 [446; 448] <sup>b</sup>	11 [10; 11] <sup>a</sup>
9 kGy	4,53 [3,99; 4,59] <sup>b</sup>	10,25 ± 1,3 <sup>c</sup>	446 [446; 446] <sup>b</sup>	11 [10,8; 11,2] <sup>b</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%) Valores na mesma coluna com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

TABELA 12 - Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de trigo integral irradiada em diferentes doses

Dose	Força máxima para deformação (N)	Altura (cm)	Peso (g)	Perda de Umidade (%)
0 kGy	2,24 [2,17; 2,44] <sup>d</sup>	9 [9; 10] <sup>b</sup>	448 [448; 450] <sup>a</sup>	10,4 [10; 10,4] <sup>c</sup>
1 kGy	2,46 [2,45; 2,56] <sup>b</sup>	11,5 [10,5; 12,5] <sup>a</sup>	446 [445; 446] <sup>b</sup>	10,8 [10,8; 11] <sup>b</sup>
3 kGy	3,4 [3,4; 3,88] <sup>c</sup>	11 [11; 12] <sup>a</sup>	446 [446; 447] <sup>b</sup>	10,8 [10,6; 10,8] <sup>b</sup>
9 kGy	3,99 [3,8; 4,07] <sup>a</sup>	9,5 [9; 10] <sup>b</sup>	444 [443; 445] <sup>a</sup>	11,2 [11; 11,4] <sup>a</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma coluna com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

TABELA 13 - Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de centeio irradiada em diferentes doses

Dose (kGy)	Força Max. para deformação (N)	Altura (cm)	Peso (g)	Perda de Umidade (%)
0	1,99 [1,92; 2,06] <sup>c</sup>	10,5[10,4; 10,5] <sup>a</sup>	440,6 ± 2,16 <sup>b</sup>	12 [11,6; 12,4] <sup>b</sup>
1	3,03 [2,77; 3,21] <sup>a</sup>	8,2 [8; 8,35] <sup>d</sup>	446 ± 2,07 <sup>a</sup>	10,8 [10,4; 11] <sup>c</sup>
3	2,46 [2,25; 2,47] <sup>b</sup>	8,5 [8,4; 8,6] <sup>c</sup>	439,5 ± 2,37 <sup>b</sup>	12 [11,8; 12,4] <sup>b</sup>
9	1,58 [1,53; 1,59] <sup>d</sup>	9 [8,8; 9,1] <sup>b</sup>	433,4 ± 1,41 <sup>c</sup>	13,2 [13,2; 13,6] <sup>a</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma coluna com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

TABELA 14 - Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por sêmola de milho irradiada em diferentes doses

Dose (kGy)	Força Max. para deformação (N)	Altura (cm)	Peso (g)	Perda de Umidade (%)
0	1.62 [1.51, 1.65] <sup>c</sup>	9 [8.9, 9] <sup>a</sup>	441 [440, 443] <sup>b</sup>	12 [11.5, 12] <sup>b</sup>
1	6.32 [5.51, 6.92] <sup>a</sup>	8 [8, 82] <sup>b</sup>	438 [437, 441] <sup>c</sup>	12 [11.8, 12.6] <sup>a</sup>
3	5.97 [5.77, 6.64] <sup>a</sup>	7 [6.9, 7.2] <sup>c</sup>	446 [446, 448] <sup>a</sup>	11 [10.4, 10.8] <sup>c</sup>
9	2.43 [2.42, 3.64] <sup>b</sup>	8 [7.8, 8] <sup>b</sup>	441 [439, 442] <sup>b</sup>	12 [11.7, 12.2] <sup>b</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma coluna com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

TABELA 15 - Variáveis para pães com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de polpa de banana verde irradiada em diferentes doses

Dose (kGy)	Força Max. para deformação (N)	Altura (cm)	Peso (g)	Perda de Umidade (%)
0	4,47 [4,46; 4,53] <sup>c</sup>	9 [9; 9,50] <sup>c</sup>	422 [422; 423] <sup>c</sup>	15,6 [15,4; 15,6] <sup>a</sup>

5	6,67 [6,54; 6,76] <sup>a</sup>	10 [9,50; 10] <sup>b</sup>	430 [429; 431] <sup>b</sup>	14 [13,8; 14,2] <sup>b</sup>
10	4,88 [4,78; 4,9] <sup>b</sup>	11 [10,50; 11,5] <sup>a</sup>	440 [439; 441] <sup>a</sup>	12 [11,8; 12,2] <sup>c</sup>

Medianas e quartis (25% e 75%). Valores na mesma coluna com sobrescritos díspares diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

## APÊNDICE B - Estudos Estatísticos de diferentes variáveis em farinhas de trigo fortes e fracas

Este Apêndice apresenta as análises estatísticas para as análises reológicas e tecnológicas.

### B.1 Estudos Estatísticos da análise de atividade enzimática para farinhas de trigo forte e fraca em diferentes doses

#### B.1.1 0 kGy Farinha Forte

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:12:46

Análise de Variância

Teste de normalidade: Falhou ( $P = <0.0001$ )

Kruskal-Wallis; Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Median	25%	75%
1	344.0	343.0	345.0
5	338.0	337.0	339.0
30	338.0	337.0	339.0

$H = 28.5$  com 2 graus de liberdade. ( $P = <0.0001$ )

As diferenças dos valores das medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa ( $P = 0.000000652$ ). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos.

Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 vs 5	432.500	3	6.4798
1 vs 30	431.500	2	9.6535
30 vs 5	1.000	2	0.0224

Comparação	$P < 0.05$
1 vs 5	Sim
1 vs 30	Sim
30 vs 5	Não

### B.1.2 0kGy Farinha Fraca

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:16:10

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou ( $P = < 0.0001$ )

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	393.0	392.0	394.0
5	375.0	374.0	376.0
30	383.0	382.0	384.0

H = 37.5 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.00000000706). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 vs 5	577.0	3	8.64
1 vs 30	287.0	2	6.42
30 vs 5	290.0	2	6.49

Comparação	P<0.05
1 vs 5	Sim
1 vs 30	Sim
30 vs 5	Sim

### B.1.3 1 kGy Farinha Forte

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:17:40

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	326.0	324.0	326.0
5	334.0	333.0	335.0
30	334.0	333.0	335.0

H = 28.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000577). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
30 vs 1	435.500	3	6.5248
30 vs 5	1.000	2	0.0224
5 vs 1	434.500	2	9.7206

Comparação	P<0.05
30 vs 1	Sim
30 vs 5	Não
5 vs 1	Sim

#### **B.1.4 1 kGy Farinha Fraca**

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:18:53

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	388.0	387.0	389.0
5	371.0	370.0	372.0
30	374.0	373.0	375.0

H = 35.4 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000207). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 vs 5	559.0	3	8.38
1 vs 30	305.0	2	6.82
30 vs 5	254.0	2	5.68

Comparação	P<0.05
1 vs 5	Sim
1 vs 30	Sim
30 vs 5	Sim

### B.1.5 3kGy Farinha Forte



Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:20:28

### Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

### Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	343.0	342.0	344.0
5	306.0	305.0	307.0
30	306.0	305.0	307.0

H = 28.5 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000658). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 vs 5	432.500	3	6.4798
1 vs 30	431.500	2	9.6535
30 vs 5	1.000	2	0.0224

Comparação	P<0.05
1 vs 5	Sim
1 vs 30	Sim
30 vs 5	Não

### B.1.6 3kGy Farinha Fraca

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:21:17

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	337.0	336.0	338.0
5	336.0	335.0	337.0
30	336.0	334.0	338.0

H = 3.53 com 2 graus de liberdade. (P = 0.1713)

As diferenças entre os valores de medianas, não são grandes o suficiente para excluir a possibilidade de uma diferença real; não há variação estatisticamente significativa (P = 0.171).

### B.1.7 9kGy Farinha Forte

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:22:48

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	248.0	247.0	249.0
5	270.0	269.0	271.0
30	270.0	269.0	271.0

H = 28.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000589). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
30 vs 1	435.500	3	6.5248
30 vs 5	1.000	2	0.0224
5 vs 1	434.500	2	9.7206

Comparação	P<0.05
30 vs 1	Sim
30 vs 5	Não
5 vs 1	Sim

### B.1.8 9kGy Farinha Fraca

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:23:17

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
-------	---	---------------

1	18	0
5	18	0
30	18	0

Grupo	Mediana	25%	75%
1	286.0	285.0	287.0
5	272.0	271.0	273.0
30	279.5	278.0	281.0

H = 37.5 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.00000000720). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 vs 5	577.0	3	8.64
1 vs 30	287.0	2	6.42
30 vs 5	290.0	2	6.49

Comparação	P<0.05
1 vs 5	Sim
1 vs 30	Sim
30 vs 5	Sim

## B.2 Estudos Estatísticos da análise de força de farinhas de trigo forte e fraca em diferentes doses

### B.2.1 0 kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 13:51:37

## Kruskal-Wallis Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0329)

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	263.4	263.3	263.7
Dia 5	189.0	188.0	190.0
Dia 30	189.0	187.3	190.0

H = 33.8 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000468). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 1 vs Dia 30	445.5	3	7.268
Dia 1 vs Dia 5	421.5	2	10.266
Dia 5 vs Dia 30	24.0	2	0.585

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não

### B.2.2 0kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 13:56:54

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	248.8	247.6	250.1
Dia 5	290.5	289.3	291.8
Dia 30	275.8	274.8	277.1

H = 32.8 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000761). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method) :

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 5 vs Dia 1	492.0	3	8.03
Dia 5 vs Dia 30	297.0	2	7.23
Dia 30 vs Dia 1	195.0	2	4.75

Comparação	P<0.05
Dia 5 vs Dia 1	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Sim
Dia 30 vs Dia 1	Sim

### B.2.3 1 kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:03:01

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.7237)

Teste de Variância: Aprovada (P = 0.3977)

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Média	Desvio Padrão	SEM
Dia 1	255.6	2.62	0.636
Dia 5	221.8	1.90	0.462
Dia 30	221.8	2.00	0.485

Alpha= 0.0500: 1.0000

Tipo de Variação	DF	SS	MS
Entre Tratamentos	2	12938.6	6469.32
Residual	48	232.1	4.84
Total	50	13170.8	

Tipo de Variação	F	P
Entre Tratamentos	1337.8	<0.0001
Residual		
Total		

As variações entre as os valores das médias dentro do tratamento dos grupos são superiores aos esperados: há uma variação estatisticamente significativa (P = 8.06E-043). Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diff de Médias	p	q
Dia 1 vs Dia 30	33.79	3	63.35
Dia 1 vs Dia 5	33.79	2	63.35
Dia 5 vs Dia 30	0.00	2	0.00

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não

### B.2.4 1 kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:05:39

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0226)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	282.4	281.2	283.7
Dia 5	267.3	266.3	268.3
Dia 30	245.4	244.4	246.4

H = 44.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000199). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de



múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 1 vs Dia 30	578.0	3	9.43
Dia 1 vs Dia 5	289.0	2	7.04

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Sim

### B.2.5 3kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:08:57

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0002)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	221.0	220.0	222.0
Dia 5	208.3	207.3	209.3
Dia 30	208.3	207.3	209.3

H = 34.0 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P =

0.0000000407). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 1 vs Dia 30	433.50	3	7.07
Dia 1 vs Dia 5	433.50	2	10.56
Dia 5 vs Dia 30	0.00	2	0.00

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não

### B.2.6 3kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:24:30

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0079)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	286.0	285.0	287.0
Dia 5	234.4	233.4	235.4
Dia 30	215.7	214.4	216.9

H = 44.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa ( $P = 0.000000000201$ ). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 1 vs Dia 30	578.0	3	9.43
Dia 1 vs Dia 5	289.0	2	7.04
Dia 5 vs Dia 30	289.0	2	7.04

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Sim

### B.2.7 9kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:27:35

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou ( $P = 0.0344$ )

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	169.6	168.6	170.6
Dia 5	176.8	175.6	178.1
Dia 30	176.8	175.6	178.1

H = 33.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000487). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 5 vs Dia 1	433.50	3	7.07
Dia 5 vs Dia 30	0.00	2	0.00
Dia 30 vs Dia 1	433.50	2	10.56

Comparação	P<0.05
Dia 5 vs Dia 1	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não
Dia 30 vs Dia 1	Sim

### B.2.8 9kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:29:14

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0373)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	223.2	222.2	224.2

Dia 5	209.8	208.8	210.8
Dia 30	201.0	200.0	202.0

H = 44.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000198). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 1 vs Dia 30	578.0	3	9.43
Dia 1 vs Dia 5	289.0	2	7.04
Dia 5 vs Dia 30	289.0	2	7.04

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Sim

### B.3 Estudos Estatísticos da análise de extensibilidade de farinhas de trigo forte e fraca em diferentes doses

#### B.3.1 0 kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:34:51

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0076)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0

Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	1.85	1.84	1.86
Dia 5	1.99	1.98	2.00
Dia 30	1.99	1.97	2.01

H = 33.8 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000461). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	P	q
Dia 5 vs Dia 1	433.50	3	7.07
Dia 5 vs Dia 30	0.00	2	0.00
Dia 30 vs Dia 1	433.50	2	10.56

Comparação	P<0.05
Dia 5 vs Dia 1	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não
Dia 30 vs Dia 1	Sim

### B.3.2 0kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:36:05

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	2.45	2.44	2.47
Dia 5	2.87	2.86	2.88
Dia 30	3.40	3.30	3.53

H = 44.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000196). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 30 vs Dia 1	578.0	3	9.43
Dia 30 vs Dia 5	289.0	2	7.04
Dia 5 vs Dia 1	289.0	2	7.04

Comparação	P<0.05
Dia 30 vs Dia 1	Sim
Dia 30 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 1	Sim

### B.3.3 1 kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:37:39

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

## Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	2.45	2.44	2.47
Dia 5	2.87	2.86	2.88
Dia 30	3.40	3.30	3.53

H = 44.7 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000196). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 30 vs Dia 1	578.0	3	9.43
Dia 30 vs Dia 5	289.0	2	7.04
Dia 5 vs Dia 1	289.0	2	7.04

Comparação	P<0.05
Dia 30 vs Dia 1	Sim
Dia 30 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 1	Sim

### B.3.4 1kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:38:24

Análise de Variância



Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0002)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	1.86	1.85	1.87
Dia 5	2.04	2.03	2.05
Dia 30	2.04	2.03	2.05

H = 33.8 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000446). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 5 vs Dia 1	437.50	3	7.138
Dia 5 vs Dia 30	8.00	2	0.195
Dia 30 vs Dia 1	429.50	2	10.461

Comparação	P<0.05
Dia 5 vs Dia 1	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não
Dia 30 vs Dia 1	Sim

### B.3.5 3kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:40:21

## Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

## Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	1.99	1.98	2.00
Dia 5	2.20	2.20	2.30
Dia 30	2.20	2.20	2.20

H = 34.1 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000386). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 5 vs Dia 1	451.0	3	7.36
Dia 5 vs Dia 30	62.0	2	1.51
Dia 30 vs Dia 1	389.0	2	9.47

Comparação	P<0.05
Dia 5 vs Dia 1	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não
Dia 30 vs Dia 1	Sim

### B.3.6 3kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:41:34

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.0581)

Teste de Variância: Aprovada (P = 0.0872)

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Média	Desvio Padrão	SEM
Dia 1	2.57	0.01453	0.00352
Dia 5	2.53	0.01463	0.00355
Dia 30	2.52	0.00827	0.00201

Alpha= 0.0500: 1.0000

Tipo de Variação	DF	SS	MS
Between Treatments	2	0.02405	0.012024
Residual	48	0.00789	0.000164
Total	50	0.03194	

Tipo de Variação	F	P
Entre Tratamentos	73.1	<0.0001

As variações entre as os valores das médias dentro do tratamento dos grupos são superiores aos esperados: há uma variação estatisticamente significativa (P = 2.70E-015). Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diff de Médias	p	q
------------	----------------	---	---

Dia 1 vs Dia 30	0.0518	3	16.64
Dia 1 vs Dia 5	0.0365	2	11.73
Dia 5 vs Dia 30	0.0153	2	4.92

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Sim

### B.3.7 9kGy Farinha Forte

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:42:24

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0057)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	2.97	2.96	2.98
Dia 5	2.49	2.48	2.50
Dia 30	2.49	2.48	2.50

H = 33.8 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000461). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 1 vs Dia 30	433.50	3	7.07
Dia 1 vs Dia 5	433.50	2	10.56
Dia 5 vs Dia 30	0.00	2	0.00

Comparação	P<0.05
Dia 1 vs Dia 30	Sim
Dia 1 vs Dia 5	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Não

### B.3.8 9kGy Farinha Fraca

Segunda-Feira, Janeiro 31, 2011, 14:43:41

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
Dia 1	17	0
Dia 5	17	0
Dia 30	17	0

Grupo	Mediana	25%	75%
Dia 1	2.20	2.10	2.20
Dia 5	3.18	3.17	3.19
Dia 30	3.11	3.10	3.12

H = 45.3 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000145). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
Dia 5 vs Dia 1	578.0	3	9.43
Dia 5 vs Dia 30	289.0	2	7.04
Dia 30 vs Dia 1	289.0	2	7.04

Comparação	P<0.05
Dia 5 vs Dia 1	Sim
Dia 5 vs Dia 30	Sim
Dia 30 vs Dia 1	Sim

## APÊNDICE C- Estudos Estatísticos de diferentes variáveis nos pães prontos

Este Apêndice apresenta tabelas que resumem os dados obtidos para as análises físicas e de textura.

### C.1 Estudos Estatísticos de variáveis para pães com substituição total do peso da farinha de Trigo por farinha de trigo irradiada em diferentes doses

#### C.1.1 Força

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 10:55:35

Análise de Variância

Teste de Não-normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	1.49	1.21	1.57
1 kGy	3.92	3.91	4.03
3 kGy	2.09	2.02	2.10
9 kGy	2.94	2.00	3.26

H = 54.2 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 9.99E-012). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 kGy vs 0 kGy	768.0	4	10.31
1 kGy vs 3 kGy	438.0	3	7.82
1 kGy vs 9 kGy	330.0	2	8.79
9 kGy vs 0 kGy	438.0	3	7.82
9 kGy vs 3 kGy	108.0	2	2.88
3 kGy vs 0 kGy	330.0	2	8.79

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Sim
1 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 0 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim

### C.1.2 Peso

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 10:36:11

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0221)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	422.0	420.0	422.0
1 kGy	436.0	436.0	438.0



3 kGy	430.0	428.0	430.0
9 kGy	436.0	434.0	436.0

H = 54.6 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 8.46E-012). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores		
1 kGy vs 0 kGy	676.5	4	9.08
1 kGy vs 3 kGy	417.5	3	7.46
1 kGy vs 9 kGy	76.0	2	2.03
9 kGy vs 0 kGy	600.5	3	10.72
9 kGy vs 3 kGy	341.5	2	9.10
3 kGy vs 0 kGy	259.0	2	6.90

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Sim
1 kGy vs 9 kGy	Não
9 kGy vs 0 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim

### C.1.3 Altura

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 10:39:14

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0013)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
-------	---	---------------

0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	11.00	9.50	11.0
1 kGy	10.00	9.50	11.0
3 kGy	11.00	9.00	11.5
9 kGy	12.00	10.50	12.0

H = 5.62 com 3 graus de liberdade. (P = 0.1317)

As diferenças entre os valores de medianas, não são grandes o suficiente para excluir a possibilidade de uma diferença real; não há variação estatisticamente significativa (P = 0.132)

#### C.1.4 Perda de Umidade

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 10:41:24

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0221)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	0.156	0.156	0.160

1 kGy	0.128	0.124	0.128
3 kGy	0.140	0.140	0.144
9 kGy	0.128	0.128	0.132

H = 54.6 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 8.46E-012). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores		
0 kGy vs 1 kGy	676.5	4	9.08
0 kGy vs 9 kGy	600.5	3	10.72
0 kGy vs 3 kGy	259.0	2	6.90
3 kGy vs 1 kGy	417.5	3	7.46
3 kGy vs 9 kGy	341.5	2	9.10
9 kGy vs 1 kGy	76.0	2	2.03

Comparação	<0.05
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
0 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Não

## C.2 Estudos Estatísticos de variáveis para pães com substituição de 30% do peso da farinha de Trigo por farinha de polpa de banana verde irradiada em diferentes doses

### C.2.1 Força

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Thursday, Janeiro 13, 2011, 14:44:27

## Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
5kGy	16	0
10kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	4.47	4.46	4.53
5kGy	6.67	6.54	6.76
10kGy	4.88	4.78	4.90

H = 37.5 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.00000000722). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
5kGy vs 0 kGy	482.0	3	8.61
5kGy vs 10kGy	286.0	2	7.62
10kGy vs 0 kGy	196.0	2	5.22

Comparação	P<0.05
5kGy vs 0 kGy	Sim
5kGy vs 10kGy	Sim
10kGy vs 0 kGy	Sim

### C.2.2 Peso

Thursday, Janeiro 13, 2011, 14:52:09

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

## Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0kGy	16	0
5kGy	16	0
10kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	422.0	422.0	423.0
5kGy	430.0	429.0	431.0
10kGy	440.0	439.0	441.0

H = 42.6 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000566). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
10kGy vs 0 kGy	512.0	3	9.14
10kGy vs 5kGy	256.0	2	6.82
5kGy vs 0kGy	256.0	2	6.82

Comparação	P<0.05
10kGy vs 0kGy	Sim
10kGy vs 5kGy	Sim
5kGy vs 0kGy	Sim

### C.2.3 Altura

Thursday, Janeiro 13, 2011, 14:55:57

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

## Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
5 kGy	16	0
10 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	9.00	9.00	9.50
5 kGy	10.00	9.50	10.00
10 kGy	11.00	10.50	11.50

H = 28.0 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000848). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
10 kGy vs 0 kGy	402.0	3	7.18
10 kGy vs 5 kGy	216.0	2	5.76
5 kGy vs 0 kGy	186.0	2	4.96

Comparação	P<0.05
10 kGy vs 0 kGy	Sim
10 kGy vs 5 kGy	Sim
5 kGy vs 0 kGy	Sim

### C.2.4 Perda de Umidade

Thursday, Janeiro 13, 2011, 15:01:03

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
5 kGy	16	0
10 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	0.156	0.154	0.156
5 kGy	0.140	0.138	0.142
10 kGy	0.120	0.118	0.122

H = 42.6 com 2 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000000566). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
0 kGy vs 10 kGy	512.0	3	9.14
0 kGy vs 5 kGy	256.0	2	6.82
5 kGy vs 10 kGy	256.0	2	6.82

Comparação	P<0.05
0 kGy vs 10 kGy	Sim
0 kGy vs 5 kGy	Sim
5 kGy vs 10 kGy	Sim

### **C.3 Estudos Estatísticos de variáveis para pães com substituição de 30% do peso da farinha de Trigo por farinha de centeio irradiada em diferentes doses**

### C.3.1 Força

Friday, Janeiro 14, 2011, 14:00:22

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	1.99	1.92	2.06
1 kGy	3.03	2.77	3.21
3 kGy	2.46	2.25	2.47
9 kGy	1.58	1.53	1.59

H = 56.5 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 3.22E-012). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 kGy vs 9 kGy	768.0	4	10.31
1 kGy vs 0 kGy	480.0	3	8.57
1 kGy vs 3 kGy	288.0	2	7.68
3 kGy vs 9 kGy	480.0	3	8.57
3 kGy vs 0 kGy	192.0	2	5.12



0 kGy vs 9 kGy	288.0	2	7.68
----------------	-------	---	------

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 9 kGy	Sim
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim

### C.3.2 Peso

Friday, Janeiro 14, 2011, 14:03:25

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.1354)

Teste de Variância: Aprovada (P = 0.2130)

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Média	Desvio Padrão	SEM
0 kGy	440.6	2.16	0.539
1 kGy	446.0	2.07	0.516
3 kGy	439.5	2.37	0.592
9 kGy	433.4	1.41	0.352

Alpha= 0.0500: 1.0000

Tipo de Variação	DF	SS	MS
------------------	----	----	----

Entre	3	1287.5	429.17
Tratamentos			
Residual	60	247.5	4.13
Total	63	1535.0	

Tipo de Variação    F        P

Entre Tratamentos    104.0 <0.0001

As variações entre as os valores das médias dentro do tratamento dos grupos são superiores aos esperados: há uma variação estatisticamente significativa (P = 9.63E-024). Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diff	of	p	q
	Médias			
1 kGy vs 9 kGy	12.63	4		24.86
1 kGy vs 3 kGy	6.50	3		12.80
1 kGy vs 0 kGy	5.38	2		10.59
0 kGy vs 9 kGy	7.25	3		14.28
0 kGy vs 3 kGy	1.13	2		2.22
3 kGy vs 9 kGy	6.13	2		12.06

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 9 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Sim
1 kGy vs 0 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
0kGy vs 3kGy	Não
3 kGy vs 9 kGy	Sim

### C.3.3 Altura

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:10:32

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.1940)

Teste de Variância: Falhou (P = 0.0081)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	10.50	10.40	10.50
1 kGy	8.20	8.00	8.35
3 kGy	8.55	8.40	8.60
9 kGy	9.00	8.80	9.10

H = 55.7 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 4.91E-012). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
0 kGy vs 1 kGy	727.0	4	9.76
0 kGy vs 3 kGy	548.0	3	9.79
0 kGy vs 9 kGy	261.0	2	6.96
9 kGy vs 1 kGy	466.0	3	8.32
9 kGy vs 3 kGy	287.0	2	7.65

3 kGy vs 1 kGy	179.0	2	4.77
----------------	-------	---	------

Comparação	P<0.05
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 3 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Sim

### C.3.4 Perda de Umidade

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:15:51

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = 0.0074)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	0.120	0.116	0.124
1 kGy	0.108	0.104	0.110
3 kGy	0.120	0.118	0.124
9 kGy	0.132	0.132	0.136

H = 51.5 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 3.81E-011). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos

pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os p q valores
9 kGy vs 1 kGy	749.0 4 10.06
9 kGy vs 0 kGy	405.0 3 7.23
9 kGy vs 3 kGy	366.0 2 9.75
3 kGy vs 1 kGy	383.0 3 6.84
3 kGy vs 0 kGy	39.0 2 1.04
0 kGy vs 1 kGy	344.0 2 9.17

Comparação	P<0.05
9 kGy vs 1 kGy	Sim
9 kGy vs 0 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Não
0 kGy vs 1 kGy	Sim

#### **C.4 Estudos Estatísticos de variáveis para pães com substituição de 30% do peso da farinha de Trigo por sêmola de milho irradiada em diferentes doses**

##### **C.4.1 Força**

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:21:42

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0

9 kGy	16	0
-------	----	---

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	1.62	1.52	1.65
1 kGy	6.32	5.51	6.92
3 kGy	5.97	5.77	6.64
9 kGy	2.43	2.42	2.64

H = 53.2 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 1.67E-011). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
1 kGy vs 0 kGy	643.00	4	8.634
1 kGy vs 9 kGy	387.00	3	6.911
1 kGy vs 3 kGy	6.00	2	0.160
3 kGy vs 0 kGy	637.00	3	11.375
3 kGy vs 9 kGy	381.00	2	10.154
9 kGy vs 0 kGy	256.00	2	6.822

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 9 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Não
3 kGy vs 0 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 0 kGy	Sim

#### C.4.1 Peso

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:23:20

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.2892)

Teste de Variância: Falhou (P = 0.0301)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	441.0	440.0	443.0
1 kGy	438.0	437.0	441.0
3 kGy	446.0	446.0	448.0
9 kGy	441.0	439.0	442.0

H = 37.2 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000415). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
3 kGy vs 1 kGy	616.0	4	8.271
3 kGy vs 9 kGy	443.5	3	7.920
3 kGy vs 0 kGy	406.5	2	10.833
0 kGy vs 1 kGy	209.5	3	3.741
0 kGy vs 9 kGy	37.0	2	0.986
9 kGy vs 1 kGy	172.5	2	4.597

Comparação	P<0.05
3 kGy vs 1 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim

3 kGy vs 0 kGy	Sim
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Não
9 kGy vs 1 kGy	Sim

### C.4.2 Altura

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:23:20

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.2892)

Teste de Variância: Falhou (P = 0.0301)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	9	8.9	9
1 kGy	8	8	8.2
3 kGy	7	6.9	7.2
9 kGy	8	7.8	8

H = 37.2 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000415). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
3 kGy vs 1 kGy	616.0	4	8.271
3 kGy vs 9 kGy	443.5	3	7.920



3 kGy vs 0 kGy	406.5	2	10.833
0 kGy vs 1 kGy	209.5	3	3.741
0 kGy vs 9 kGy	37.0	2	0.986
9 kGy vs 1 kGy	172.5	2	4.597

Comparação	P<0.05
3 kGy vs 1 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Não

### C.4.3 Perda de Umidade

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:23:20

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.2892)

Teste de Variância: Falhou (P = 0.0301)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	12	11.5	12
1 kGy	12	11.8	12.6
3 kGy	11	10.4	10.8
9 kGy	12	11.7	12.2

H = 37.2 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa ( $P = 0.0000000415$ ). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
3 kGy vs 1 kGy	616.0	4	8.271
3 kGy vs 9 kGy	443.5	3	7.920
3 kGy vs 0 kGy	406.5	2	10.833
0 kGy vs 1 kGy	209.5	3	3.741
0 kGy vs 9 kGy	37.0	2	0.986
9 kGy vs 1 kGy	172.5	2	4.597

Comparação	P<0.05
3 kGy vs 1 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Não

## C.5 Estudos Estatísticos de variáveis para pães com substituição de 30% do peso da farinha de Trigo por farinha de trigo integral irradiada em diferentes doses

### C.5.1 Força

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 10:59:53

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou ( $P = <0.0001$ )

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0

9 kGy	16	0
-------	----	---

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	2.24	2.17	2.44
1 kGy	2.46	2.45	2.56
3 kGy	3.40	3.40	3.88
9 kGy	3.99	3.80	4.07

H = 50.9 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 5.08E-011). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
9 kGy vs 0 kGy	686.0	4	9.21
9 kGy vs 1 kGy	517.5	3	9.24
9 kGy vs 3 kGy	212.5	2	5.66
3 kGy vs 0 kGy	473.5	3	8.46
3 kGy vs 1 kGy	305.0	2	8.13
1 kGy vs 0 kGy	168.5	2	4.49

Comparação	P<0.05
9 kGy vs 0 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Sim
1 kGy vs 0 kGy	Sim

### C.5.2 Peso

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:00:43

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	448.0	448.0	450.0
1 kGy	446.0	445.0	446.0
3 kGy	446.0	446.0	447.0
9 kGy	444.0	443.0	445.0

H = 38.4 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000235). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
0 kGy vs 9 kGy	616.0	4	8.27
0 kGy vs 1 kGy	380.0	3	6.79
0 kGy vs 3 kGy	300.0	2	8.00
3 kGy vs 9 kGy	316.0	3	5.64
3 kGy vs 1 kGy	80.0	2	2.13
1 kGy vs 9 kGy	236.0	2	6.29

Comparação	P<0.05
0 kGy vs 9 kGy	Sim

0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Não
1 kGy vs 9 kGy	Sim

### C.5.3 Altura

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:01:34

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	9.00	9.00	10.00
1 kGy	11.50	10.50	12.50
3 kGy	11.00	11.00	12.00
9 kGy	9.50	9.00	10.00

H = 35.0 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000000121). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os	p	q
------------	--------------------	---	---

valores			
3 kGy vs 0 kGy	470.0	4	6.311
3 kGy vs 9 kGy	411.0	3	7.339
3 kGy vs 1 kGy	11.0	2	0.293
1 kGy vs 0 kGy	459.0	3	8.196
1 kGy vs 9 kGy	400.0	2	10.660
9 kGy vs 0 kGy	59.0	2	1.572

Comparação	P<0.05
3 kGy vs 0 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Não
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 0 kGy	Não

#### C.5.4 Perda de Umidade

Quarta-feira, Janeiro 19, 2011, 11:02:16

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	0.104	0.1000	0.104
1 kGy	0.108	0.1080	0.110
3 kGy	0.108	0.1060	0.108
9 kGy	0.112	0.1100	0.114

H = 38.4 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.0000000235). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
9 kGy vs 0 kGy	616.0	4	8.27
9 kGy vs 3 kGy	316.0	3	5.64
9 kGy vs 1 kGy	236.0	2	6.29
1 kGy vs 0 kGy	380.0	3	6.79
1 kGy vs 3 kGy	80.0	2	2.13
3 kGy vs 0 kGy	300.0	2	8.00

Comparação	P<0.05
9 kGy vs 0 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Sim
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Não
3 kGy vs 0 kGy	Sim

## **C.6 Estudos Estatísticos de variáveis para pães com substituição de 30% do peso da farinha de Trigo por farinha de trigo irradiada em diferentes doses**

### **C.6.1 Força**

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:34:48

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N
0 kGy	16
1 kGy	16
3 kGy	16
9 kGy	16

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	5.51	5.39	5.94
1 kGy	2.54	2.38	2.76
3 kGy	2.56	2.40	2.58
9 kGy	4.53	3.99	4.59

H = 51.6 com 3 graus de liberdade. (P = <0.0001)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 3.71E-011). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
0 kGy vs 3 kGy	649.0	4	8.71
0 kGy vs 1 kGy	583.0	3	10.41
0 kGy vs 9 kGy	208.0	2	5.54
9 kGy vs 3 kGy	441.0	3	7.88
9 kGy vs 1 kGy	375.0	2	9.99
1 kGy vs 3 kGy	66.0	2	1.76

Comparação	P<0.05
------------	--------



0 kGy vs 3 kGy	Sim
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 3 kGy	Sim
9 kGy vs 1 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Não

### C.6.2 Peso

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:36:24

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P = <0.0001)

Kruskal-Wallis Análise de Variância

Grupo	N
0 kGy	16
1 kGy	16
3 kGy	16
9 kGy	16

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	448.0	446.0	450.0
1 kGy	446.0	444.0	446.0
3 kGy	446.0	446.0	448.0
9 kGy	446.0	446.0	446.0

H = 14.5 com 3 graus de liberdade. (P = 0.0023)

As diferenças dos valores das Medianas junto com o tratamento dos Grupos são superiores aos esperados; há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.00226). Para isolar os grupos que diferem significativamente entre si, foi utilizado um processo de comparação dos múltiplos. Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diferença entre os valores	p	q
------------	----------------------------	---	---

0 kGy vs 1 kGy	331.0	4	4.444
0 kGy vs 9 kGy	313.0	3	5.589
0 kGy vs 3 kGy	196.0	2	5.223
3 kGy vs 1 kGy	135.0	3	2.411
3 kGy vs 9 kGy	117.0	2	3.118
9 kGy vs 1 kGy	18.0	2	0.480

Comparação	P<0.05
0 kGy vs 1 kGy	Sim
0 kGy vs 9 kGy	Sim
0 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 1 kGy	Não
3 kGy vs 9 kGy	Não
9 kGy vs 1 kGy	Não

### C.6.3 Altura

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:39:18

Análise de Variância

Teste de Normalidade: Aprovada (P = 0.2065)

Teste de Variância: Aprovada (P = 0.8632)

Grupo	N
0 kGy	16
1 kGy	16
3 kGy	16
9 kGy	16

Grupo	Média	Desvio Padrão	SEM
0 kGy	9.42	0.950	0.237
1 kGy	11.09	1.052	0.263
3 kGy	10.69	0.602	0.151
9 kGy	10.25	1.291	0.323

Alpha= 0.0500: 0.9823

Tipo de Variação	DF	SS	MS
Entre Tratamentos	3	24.7	8.23
Residual	60	60.6	1.01
Total	63	85.3	

Tipo de Variação	F	P
Entre Tratamentos	8.16	0.0001

As variações entre as os valores das médias dentro do tratamento dos grupos são superiores aos esperados: há uma variação estatisticamente significativa ( $P = 0.000122$ ). Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diff of Médias	p	q
1 kGy vs 0 kGy	1.675	4	6.67
1 kGy vs 9 kGy	0.844	3	3.36
1 kGy vs 3 kGy	0.406	2	1.62
3 kGy vs 0 kGy	1.269	3	5.05
3 kGy vs 9 kGy	0.438	2	1.74
9 kGy vs 0 kGy	0.831	2	3.31

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 9 kGy	Não
1 kGy vs 3 kGy	Não
3 kGy vs 0 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Não
9 kGy vs 0 kGy	Sim

#### C.6.4 Perda de Umidade

Sexta-feira, Janeiro 14, 2011, 14:39:18

## Análise de Variância

Teste de Normalidade: Falhou (P < 0.0002065)

Teste de Variância: Falhou (P < 0.00008632)

Grupo	N	Remanescentes
0 kGy	16	0
1 kGy	16	0
3 kGy	16	0
9 kGy	16	0

Grupo	Mediana	25%	75%
0 kGy	0.1	0.1	0.11
1 kGy	0.11	0.18	0.112
3 kGy	0.11	0.10	0.11
9 kGy	0.108	0.108	0.108

Alpha= 0.0500: 0.9823

Tipo de Variação	DF	SS	MS
Entre Tratamentos	3	24.7	8.23
Residual	60	60.6	1.01
Total	63	85.3	

Tipo de Variação	F	P
Entre Tratamentos	8.16	0.0001

As variações entre as os valores das médias dentro do tratamento dos grupos são superiores aos esperados: há uma variação estatisticamente significativa (P = 0.000122). Procedimentos de comparação de múltiplos pareados utilizados (Student-Newman-Keuls Method):

Comparação	Diff of Médias	p	q
1 kGy vs 0 kGy	1.675	4	6.67
1 kGy vs 9 kGy	0.844	3	3.36
1 kGy vs 3 kGy	0.406	2	1.62
3 kGy vs 0 kGy	1.269	3	5.05
3 kGy vs 9 kGy	0.438	2	1.74
9 kGy vs 0 kGy	0.831	2	3.31

Comparação	P<0.05
1 kGy vs 0 kGy	Sim
1 kGy vs 9 kGy	Sim
1 kGy vs 3 kGy	Sim
3 kGy vs 0 kGy	Sim
3 kGy vs 9 kGy	Sim
9 kGy vs 0 kGy	Sim

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação dos celíacos do Brasil- ACELBRA, **A doença celíaca de hoje**, Disponível em <http://www.acebra.org.br/2004/doencaceliaca.php>. Acesso em: 19 de Agosto de 2010.

ADAM, A; LOPEZ, H. W.; LEUILLET, M.; DEMINGNÉ, C.; RÉMÉSY, C. Whole wheat flour exerts cholesterol-lowering in rats in its native form and after using in bread-making. **Food Chemistry**, v. 80, n. 2, p. 337-344, 2002.

AGAMA-ACEVEDO, E.; ISLA-HERNANDEZ, J.J.; OSORIO-DIAZ, P.; RENDON VILALOBOS, R.; UTRILLA-COELLO, R.G.; ANGULO, O.; BELLO-PERREZ, L.A. Pasta with Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and Preference Study. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 6, p. S263-S267, 2009.

AGÚNDEZ-ARVIZU, Z; FERNANDEZ-RAMIREZ, M.V; ARCE-CORRALES, M.E; CRUZ-ZARAGOZA, E.; MELÉNDREZ, R; CHERNOV, V; BARBOZA-FLORES, M. Gamma radiation effects on commercial Mexican Bread made with wheat flour. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v. B 245, n. 4, p. 455-458, 2006.

AGYARE, K.K; ADDO, K; XIONG, Y.L; AKOH, C.C. Effect of structured lipid on alveograph characteristics, baking and textural qualities of soft wheat flour. **Journal of Cereal Science**, v. 42, n. 1, p. 309-316, 2005.

AMER, H. Characterization of gama-irradiated Egyptian Wheat Flour. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 150-178, 2007.

ANDERSSON, A.A.M.; ÂMAN, P.; WANDEL, M.; FRØLICH, W. Alkylresorcinols in wheat and rye flour bread. **Journal of Food Composition and Analyses**, v. 23, n. 8, p. 794-801, 2010.

ARAUJO, A.F. **Panificação moderna**. 1ª Ed. São Paulo, S.P.: Editora Atual, 1975.

AZZEH, F.S.; AMR, A.S. Effect of gamma irradiation on physical characteristics of Jordanium durum wheat and quality of semolina and lasagna products. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, n. 2, p. 818-822, 2009.

BATISTA, K.A.; PRUDÊNCIO, S.H.; FERNANDES, K.F. Wheat Bread Enrichment with Hard-to-Cook Bean Extruded Flours: Nutritional and Acceptance Evaluation. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, p. S108-S113, 2011.

BAYARDO, **Bioquímica Básica**. 2ª Ed. São Paulo, S.P.: Edusp, 2005.

BERTON, B.; SCHER, J; VILLIERAS, F.; HARDY, J. Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. **Powder Technology**, v. 128, n.8, p. 326-331, 2002.

BHATTACHARJEE, M.; OTHIRA J. O.; WANJAMA J. K.; MAINA J. O. Effects of selected composite wheat flours in bread baking quality. **Discovery and Innovation Journal**, v. 18, n. 2, p. 98-103, 2006.

BIGGS, S. D. Triticale for the Himalayan hills. **Food Policy**, v. 15, n. 1, p. 69-82, 1982.

BLE-CASTILLO, J.L.; TRAPALA, M.A.A.; LURIA, M.U.F.; USCANGA, R.C.; HERNANDEZ, R.A.; MENDEZ, J.D.; ZAGOYA, C.D. Banana Resistant Starch Flour Supplementation Reduces Body Weight and Insulin Resistance in Obese Type 2 Diabetics. **Journal of Obesity Behaviour**, v. 16, n. 1, p. S152-S153, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA n. 12, de 1978. Aprova Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 de julho de 1978, seção I, pt I, p.11523-11525.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução- RDC n. 21, de janeiro de 2001. Regulamento técnico para irradiação de Alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 26 de janeiro de 2001, seção I, pt II, p.53-70.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução - n. 354, de 1996. Regulamento técnico sobre as características mínimas de qualidade a que deverá obedecer a farinha de trigo. **Diário Oficial da União**. Brasília, 22 de julho de 1996, seção I, p.45-60.

CALVEL, R. **O Pão Francês e os produtos correlatos: Tecnologia e prática da panificação**. 1ª Ed. Fortaleza, C.E.: Editora J. Macêdo S.A, 1987.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: Arte e ciência**. 2ª Ed. São Paulo, S.P.: Editora Senac São Paulo, 2006.

CENTENARO, S.; FEDDERN V.; BONOW, E.T.; SALAS-MELLADO, M. Enriquecimento de pão com proteínas de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 54-67, 2007.

CHUNG, H. J., LIU, Q. Effect of Gamma Irradiation on Molecular Structure and Physicochemical Properties of Corn Starch. **Journal of food Science**, v. 74, n. 5, p. C353-C361, 2009.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Farinha estrusada de arroz como substituto de glúten na produção de pão de arroz. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, v. 56, n. 3, p. 40-52, 2006.

CODEX ALIMENTARIUS. **General Standard for Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities used for the Treatment of foods**. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, v. 15. Rome, 1994.

CORDENUNSI, B.R.; MENEZES E.W.; MOTA, R.V.; LAJOL0, F. M. Composição em carboidratos em banana verde e madura em diferentes cultivares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 4, n. 1, p. 79-91, 1998.

DE ANGELIS, M.; DAMIANO, N.; RIZZELLO, C. G.; CASSONE, A.; DI CAGNAO, R.; GOBBETTI, M. Sourdough fermentation as a tool for the manufacture of low-glycemic index white wheat bread enriched in dietary fibre. **European Food Research and Technology**. v. 229, n. 4, p. 593-601, 2009.

DELACRÉTAZ, P. **Les vieux fours à pain**. 1ª Ed. Morges, V.D.: Éditions Cabedita, 1993.

DESCHAMPS, B.; DESCHAI NTRE, J. C. **Le livre du Pâtissier**. 4ª Ed. Paris, I.F.: Delagrave, 2002.

DEWETTINCK, K.; VAN BOCKSTAELE, F.; KÜHNE, B.; VAN DE WALLE, D.; COURTENS, T.M.; GELLYNCK, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, v. 48, n. 1, p. 243-257, 2008.

DORNBUSH, T.; BACCAR, R.; WATT, J.; HILLIER, J.; BERTHELOOT, J.; FOURNIER,



C.; ANDRIEU, B. Plasticity of winter wheat modulated by sowing date, plant population density and nitrogen fertilization: Dimensions and size of leaf blades, sheaths and internodes in relation to their position on a stem. *Field Crops research*, v. 121, n. 2, p. 116-124, 2011.

DIEHL, J.F. *Safety of irradiated foods*. 1<sup>a</sup> Ed. New York, N.Y.: Marcel Dekker, 1995.

DREHNER, M. L. *Handbook of dietary fibre-An applied approach*. 1<sup>a</sup> Ed. New York, N.Y.: Marcel Decker, 1987.

DUBAT, A. *The importance and impact of Starch Damage and evolution of measuring methods*. 1<sup>a</sup> Ed. Paris, I.F.: Groupe Chopin, 2004.

DUBOIS, M. Incidences du réglage de la mouture sur les propriétés des farines. *Chopin Technology*, v. 113, n. 1, p. 170-187, 2004.

ESPINOSA-SOLIS, V.; JANE, J. L.; BELLO-PERREZ, L.A. Physicochemical Characteristics of Starches from Unripe fruits of Mango and Banana. *Starch-Starke*, v. 61, n. 5, p. 291-299, 2009.

ENGLYST, HN; CUMMINGS, JH. Digestion of Polysaccharides of potato in the small intestine of man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 89, n. 5, p. 58-76, 1987.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods*. FAO, Rome, 1984.

FAO. FAO/ IAEA/ WHO. *Wholesomeness of food irradiated com doses above 10 kGy*: Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Grupo. Geneva, WHO, Technical Report Series 890, 1999.

FARRAND, E. A. Flour properties in relation to the modern bread process in the United Kingdom, com special reference to alpha-amylase and starch damage. In: 48<sup>TH</sup> ANNUAL MEETING OF JOSEPH RANK LTD. AND DEPFORD BRIDGE MILLS, May 10-15, 1963, Minneapolis. Minneapolis: *Journal of Cereal Science*, p. 23-41, 1963.

FISCHER, P.; POLLARD, M.; ERNI, P.; MARTI, I.; PADAR, S. Rheological approaches to food systems. *Comptes Rendus Physiques*. v. 10, n. 4, p. 740-750, 2009.

FLANDRIN, J.-L.; MONTANARI, M. Food: *A culinary history from antiquity to the*

**present.** 2<sup>a</sup> Ed. New York, N.Y.: Columbia University Press, 2004.

FUSTIER, P; CASTAIGNE, F; TURGEON, S.L; BILIADERIS, C.G. Impact of commercial soft wheat flour streams on dough rheology and quality attributes of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, p. 228-237, 2008.

GUARINELLO, N. L. Violência como espetáculo: o pão, o sangue e o circo. **Revista História**, v. 26, n. 1, p. 30-36, 2007.

GIMENEZ, A; VARELA, P; SALVADOR, A; ARES, G; FISZMAN, S; GARITTA, L. Shelf life estimation of Brown pan Bread: a consumer approach. **Food Quality and Preference**, v. 18, n. 1, p. 196-204, 2005.

GOMEZ, M.L.P.A; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (Carica papaya L. cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, (Campinas), v. 19, n. 2, p. S147-S158, 1999.

GUAN, L; SEIB, P. A; GRAYBOSCH, R. A; BEAN, S; SHI, Y. C. Dough Rheology and wet milling of hard waxy wet flours. **Agriculture and Food chemistry**, v. 57, n. 15, p. 7030-7038, 2009.

GUILHERME F.F.P. Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para a produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25 n. 1, p. 76-89, 2005.

GUINET, R. **Technologie du Pain Français**. 1<sup>a</sup> Ed. Paris, I.F.: SCIA La Chapelle d'Armentières, 1992.

HAQUE, A.; MORRIS, E. R.; RICHARDSON, R. K. Polysaccharide substitutes for gluten in non-wheat bread. **Carbohydrate Polymers**, v. 25, n. 1, p. 337-344, 1994.

HENRY, F; COSTA, L. C; CHODUR, C. A. Influence of ionizing radiation on physical properties of native and chemically modified starches. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 79, n. 1, p. 75-82, 2009.

HERNANDEZ-NAVA, R.G.; BERRIOS, J.D.; PAN, J.; OSORIO-DIAZ, P.; BELLO-PEREZ, L. A. Development and Characterization of Spaghetti com High Resistant Starch Content Supplemented Com Banana Starch. **Food Science and Technology International**, v. 15, n.1, p. 73-78, 2009.

HOLLOWOOD, T. A; LINFORTH, R. S. T; TAYLOR, A. J. The effect of viscosity on the perception of flavour. **Chemical Senses**, v. 27, n. 7, p. 583-591, 2002.

INDRANI, D.; SAI MANOHAR, R.; RAVIJ, J.; VENKATESWARA RAO, G. Alveograph as a tool to assess the quality characteristics of wheat flour for parotta making. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 4, p. 1202-1206, 2006.

INGRAM, C.; SHAPTER, J. **Pains du monde**. 2<sup>a</sup> Ed. Paris, I.F.: De Borré, 2005.

JACOB, H.E. **Six thousand years of bread: Its holy and unholy history**. 1<sup>a</sup> Ed. New York, N.Y.: Lions Press, 2004.

JASPREET, S; SINGH, N; SHARMA, T.R; SAXENA, S.K. Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. **Food Chemistry**, v. 83, n. 4, p. 387-393, 2003.

JUAREZ-GARCIA, E.; AGAMA-ACEVEDO, E.; SAYAGO-AYERDI, S.G.; RODRIGUEZ-AMBRIZ, S. L.; BELLO-PEREZ, L.A. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, n. 3, p. 131-137, 2006.

KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMANI, R. Efeito de adição de diferentes sais de cálcio nas características da massa e na elaboração de pão francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. S1278-S1287, 2003.

KNUDSEN, K. E. B.; LAERKE, H. N.; Whole grain cereals and gut health. **Agro Food Industry Hi-Tech**, v. 19, n. 2, p. 6-8, 2008.

KUNSTADT, P; STEEVES, C; BEAULIEU, D. Economics of food irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 42, n. 1, p. 259-268, 1993.

LAPPI, J.; SELINHEIMO, E.; SCHWAB, U.; KATINA, K.; LEHTINEN, P.; MYKKÄNEN, H.; KOLEHMAINEN, M.; POUTANEN, K. Sourdough fermentation of wholemeal wheat bread increases solubility of arabinoxylan and protein and decreases postprandial glucose and insulin responses. **Journal of Cereal Science**, v. 51, n. 2, p. 152-158, 2009.

LOPES, A. L.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; JÚNIOR, P. G. F. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 25-38, 2007.

LOPES, S. **Bio Introdução ao estudo dos seres vivos**. 4<sup>a</sup> Ed. São Paulo, S.P.: Editora Saraiva, 1999.

LÓPEZ, A. C. B.; PEREIRA, A. J. G.; JUNQUEIRA, R. G. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. **Brazilian Archives of biology and technology**, v. 47, n. 1, p. 102-114, 2004.

MASTRO, N.L.d.; TAIPINA, M.S.; COHEN, V.H.; RODAS, M.A.B.; GARBELOTTI, M.L. Critical evaluation of green banana (*Musa* spp.) pulp. **Higiene Alimentar**, v.21, n. 3, p.39-45, 2007.

MAUCHER, T.; FIGUEROA, J. D. C.; REULE, W.; PENA, R. J. Influence of Low Molecular Weight Glutenins on Viscoelastic Properties of intact Wheat Kernels and Their relation to functional properties of Wheat dough. **Cereal Chemistry**, v. 86, n. 4, p. 372-375, 2009.

MEIRELES, E. A.; CARNEIRO, C. N. B.; DAMATTA, R. A.; SAMUELS, R. I.; SILVA, C. P. Digestion of starch granules from maize, potato and wheat by larvae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* and the Mexican bean weevil, *Zabrotes subfasciatus*. **Journal of Insect Science**, v. 9, n. 43, p. 79-105, 2009.

MOOT, D.J.; EVERY, D. Comparison of Bread Baking, Falling Number,  $\alpha$ -Amylase Assay and Visual Method for the Assessment of Pre-harvest Sprouting Wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 11, n. 2, p. 225-234, 1989.

MORRISON, R.M. Economics of food irradiation: Comparison between electron accelerators and cobalt-60. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 35, n.1, p. 673-679, 1990.

MORRISON, W. R.; TESTER, R. F.; GIDLEY, M. J. Properties of Damaged Starch Granules - Crystallinity, Molecular Order and Gelatinisation of Ball-milled Starches. **Journal of Cereal Science**, v. 19, n. 1, p. 209-217, 1993.

MUIR, J.G.; O'DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n. 1, p.123-127, 1992.

MUSTAFA, A.; FINK, M.; KAMAL-ELDIN, A.; ROSÉN, J.; ANDERSSON, R.; AMAN, P. Interaction effects of fermentation time and added asparagines and glycine on acrylamide content in yeast-leavened bread. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 767-774, 2008.

OTHIRA, J; BHATTACHARJEE, M; WANJAMA, J. K. Evolution of dough properties of selected composite wheat flours. **Cereal Research Communications**, v. 32, n. 1, p. 533-540, 2004.

OVANDO-MARTINEZ, M.; SAYAGO-AYERDI, S.; AGAMA-ACEVEDO, E.; GONI, I.; BELLO-PEREZ, L.A. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 121-126, 2009.

PONS, I.B.; AURA, A.M.; VUORELA, S.; KOLEHMAINEN, M.; MYKKANEN, H.; POUTANEN, K. Rye phenolics in nutrition and health. **Journal of Cereal Science**, v. 49, n. 1, p. 323-336, 2009.

RAKHA, A.; AMAN, P.; ANDERSSON, R. Characterisation of dietary fibre components in rye products. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 859-867, 2009.

RASCHKE, A.M; TAYLOR, J; TAYLOR, J. R. N. Use of falling number and Rapid visco analyser instruments to estimate sorghum malt diastatic power. **Journal of Cereal Science**, v. 21, n. 2, p. 97-102, 1994.

RENDON-VILLALOBOS, R; OSORIO-DIAZ, P; AGAMA-ACEVEDO, E; TOVAR, J; BELLO-PEREZ, L.A. Composite Wheat-Plantain Starch salted noodles. Preparation, proximal composition and vitro starch digestibility. **Journal of Cereal Science**, v. 33, n. 9, p. 658-662, 2008.

SAGUILAN, A.A.; AYERDI, S.G.S.; TORRES, A.V.; TOVAR, J.; OTERO, T.E.A.; BELLO-PEREZ, L. A. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3, p. 175-181, 2007.

SAYASLAN, A. Wet-milling of wheat flour: industrial processes and small-scale test methods. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 37, n. 5, p. 499- 515, 2005;

SEBESS, P. **Técnicas de Padaria Profissional**. 1<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro, R.J.: Editora Senac, 2010.

SCHEEREN, P. L.; CAIERAO, E.; SILVA, M. S.; DUCA, L. J. A. D.; JUNIOR, N.; LINHARES, A.; EICHELBERGER, L. BRS Guamirim: cultivar de trigo da classe pão, precoce e de baixa estatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 34-52, 2002.

SHUBERT, J. **Improvement of food quality by irradiation: Irradiation of food and**

**food constituents- chemical and hygienic consequences.** 1<sup>a</sup> Ed. Viena, W.I.: IAEA, 1974.

SKAF, A.; NASSAR, G.; LEFEBVRE, F.; NONGAILLARD, B. A new acoustic technique to monitor bread dough during the fermentation phase. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n.1, p. 365-378, 2009.

SKRBIC, B.; FILIPCEV, B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented com oleic-rich sunflower seed. **Food Chemistry**, v. 108, n. 1, p. 119-129, 2007.

SOTHORNVIT, R; PITAK, N. Oxygen permeability and machanical properties of banana films. **Food Research Internatinal** (Elsevier), v. 40, n. 1, p. 365-370, 2007.

SREENIVASAN, A. **Improvement of food quality by irradiation: Compositional and quality changes in some irradiated foods.** 1<sup>a</sup> Ed. Viena, W.I.: IAEA, 1974.

SUAS, M. **Advanced Bread and Pastry: A professional Aproach.** 1<sup>a</sup> Ed. New York, N.Y.: Delmar Cengage Learning, 2009.

SUOTO, T.S.; BRASIL, A.L.D.; TADDEI, J.A.A. Aceitabilidade de pão fortificado com ferro microencapsulado por crianças de creches das regiões sul e leste da cidade de São Paulo. **Revista de Nutrição**, v.21, n. 6, p. 58-75, 2008.

TEISL, M. F.; FEIN, S. B.; LEVY, A. S. Information effects on consumer attitudes toward three food Technologies: Organic production, biotechnology and irradiation. **Food Quality and Preference**, v. 20, n. 1, p. 586-596, 2009.

THIS, H.; MONCHICOURT, M. O. **Herança culinária e as bases da gastronomia molecular.** 1<sup>a</sup> Ed. São Paulo, S.P.: Editora Senac, 2009.

THOMAS, P. A. Food Irradiation and the Consumer. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 35, n. 3, p. 342-344, 1990.

TRIBESS, T. B.; HERNANDEZ-URIBE, J. P.; MENDEZ-MONTE-ALVO, M. G. C.; MENEZES, E. W; BELLO-PEREZ, L. A.; TADINI, C.C. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (musa cavendishii). **Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 1022-1025, 2009.

VALERIO, F.; DE BELLIS, P.; LONIGRO, S. L.; VISCONTI, A.; LAVERMICOCCA, P. Use of Lactobacillus plantarum fermentation products in bread-making to prevent

Bacillus subtilis ropy spoilage. *International Journal of Food Microbiology*, v. 122, n. 1, p. 328-332, 2008.

VIOT, D. Amidons endommagés. *Industries des Céréales*, v. 3, n. 2, p. 25-28, 1992.

YUNO-OHTA, N.; YAMADA, M.; INOMATA, M.; KONAGAI, H.; KATAOKA, T. Gluten gel and film properties in the presence of cysteine and sodium alginate. *Journal of Food Science*, v. 74, n. 6, p. E285-E290, 2009.

WANG, F.; ZHONGHU, H.; SAYRE, K.; SHENGDONG, L.; JISHENG, S.; BO, F.; LINGANG, K. Wheat cropping systems and technologies in China. *Field Crops Research*, v. 11, n. 1, p. 181-188, 2009.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Wholesomeness of Irradiated Food*: Report of a Joint Food and Agriculture Organization; International Atomic Energy Agency; World Health Organization expert committee. Geneva, 1981. (technical report series, 659).

ZANINI, E.; GAROFALO, C.; AQUILANTI, L.; SANTARELLI, S.; SILVESTRI, G.; CLEMENTI, F. Microbiological and technological characterization of sourdoughs for bread making with barley flour. *Food Microbiology*, v. 26, n. 7, p. 744-753, 2009.