



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE SALADA DE
FRUTAS IRRADIADA PRONTA PARA O CONSUMO DE IMUNOCOMPROMETIDOS**

Adriana Diaz Toni Fabbri

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de Tecnologia
Nuclear - Aplicações**

**Orientadora:
Profa. Dra. Susy Frey Sabato**

**São Paulo
2014**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE SALADA DE
FRUTAS IRRADIADA PRONTA PARA O CONSUMO DE IMUNOCOMPROMETIDOS**

Adriana Diaz Toni Fabbri

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de Tecnologia
Nuclear - Aplicações**

**Orientadora:
Profa. Dra. Susy Frey Sabato**

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

São Paulo
2014

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE SALADA DE FRUTAS IRRADIADA PRONTA PARA O CONSUMO DE IMUNOCOMPROMETIDOS

Adriana Diaz Toni Fabbri

RESUMO

Imunocomprometidos são pessoas susceptíveis a adquirir doenças graves a partir de alimentos contaminados, por possuírem um baixo número de células de defesa. Em consequência a este fato, apresentam alimentação extremamente restrita, evitando qualquer alimento que represente um risco microbiológico. A irradiação é uma das poucas tecnologias que permite garantir a segurança e a qualidade do alimento, controlando microrganismos patogênicos, sem afetar significativamente qualquer atributo organoléptico. Tomando-se por base a restrição alimentar em relação a produtos frescos, este trabalho destinou-se a estudar o efeito da radiação ionizante (raios gama) em saladas de frutas para pessoas imunocomprometidas. Para tanto, frutas minimamente processadas e saladas de frutas foram submetidas às doses de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 kGy e analisadas juntamente com as amostras controle (não irradiadas). Análises físico-químicas (cor, textura, acidez titulável total, pH, atividade de água, sólidos solúveis totais e açúcares solúveis), microbiológicas (*estafilococos coagulase positiva*, contagem de bolores e leveduras, contagem de bactérias aeróbias, coliformes totais, *E. Coli* e *Salmonella*) e sensoriais (testes de aceitação e degustação) foram realizadas, além da aplicação de questionários com chefes de nutrição de hospitais para o entendimento de práticas acerca da dieta hospitalar de imunocomprometidos. Os resultados demonstraram que a irradiação na dose de 3,0 kGy foi eficaz na eliminação de microrganismos da salada de frutas, garantindo a segurança microbiológica dentro dos níveis exigidos pela legislação. Em relação aos resultados físico-químicos, foram observadas alterações de cor e de textura com o aumento da dose de radiação. Resultados de pH, acidez, sólidos solúveis totais e atividade de água apresentaram flutuações de valores principalmente em função dos fatores intrínsecos da fruta, ao passo que saladas de frutas irradiadas com doses de 3,0 kGy, apresentaram uma tendência de ficar mais doces que as amostras controle, obtendo boa aceitação sensorial. Além disso, os resultados dos questionários realizados em hospitais reportaram uma necessidade de incorporar alimentos frescos à dieta nutricional dos imunocomprometidos, bem como a criação ou o estabelecimento de protocolos nutricionais no país para essa área. Sendo assim, com base nos resultados microbiológicos, físico-químicos e sensoriais pode-se concluir que saladas de frutas podem ser indicadas para o consumo de imunocomprometidos, desde que tratadas com a dose de 3,0 kGy e produzidas com Boas Práticas de Fabricação, respeitando os critérios de produção desde a matéria-prima até o produto final.

**MICROBIOLOGICAL, PHYSICOCHEMICAL AND SENSORIAL EVALUATION OF
IRRADIATED FRUIT SALADS READY FOR THE CONSUMPTION BY
IMMUNOCOMPROMISED INDIVIDUALS**

Adriana Diaz Toni Fabbri

ABSTRACT

Immunocompromised individuals are susceptible to acquiring serious diseases from contaminated food, by having a low number of defense cells. As a result of this fact, they have an extremely restricted diet, avoiding any food that represents microbiological hazards. Irradiation is one of the few technologies that ensure the safety and quality of food, controlling pathogenic microorganisms without significantly affecting any organoleptic attribute. Based on dietary restriction in relation to fresh produce, this work was designed to study the effect of ionizing radiation (gamma rays) over fruit salad for immunocompromised individuals. For such, minimally processed fruits and fruit salad were subjected to doses of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 and 3.0 kGy and analyzed along with control samples (non irradiated). Analyzes were performed in the physicochemical (color, texture, titulabre total acidity, pH, water activity, total soluble solids and soluble sugars), microbiological (coagulase positive staphylococci, yeasts and molds count, count of aerobic bacteria, total coliforms, E. coli and Salmonella) and sensorial (acceptance testing and tastings) fields, besides the application of questionnaires with head of nutrition in hospitals to understand the practices of immunocompromised diet. The results showed that irradiation at the dose of 3.0 kGy was effective in eliminating microorganisms from fruit salad, ensuring the microbiological safety within the levels required by law. Regarding the physicochemical results, changes in color and texture with the increase in the dose of radiation were observed. Results of pH, acidity, total soluble solids and water activity values showed fluctuations mainly due to intrinsic factors of the fruit, while fruit salads irradiated with doses of 3.0 kGy, showed a tendency to get more sweet than the control samples, obtaining good sensorial acceptability. Furthermore, the results of questionnaires conducted in hospitals reported a need to incorporate fresh foods in the nutritional diet of immunocompromised individuals, as well as the creation or establishment of nutritional protocols in the country for that field. Thus, based on microbiological, physicochemical and sensorial results, it can be concluded that fruit salads may be indicated for the consumption of immunocompromised individuals, if treated with the dose of 3.0 kGy and produced with Good Manufacturing Practices, in compliance with the criteria of production from raw material to the end product.

Dedico aos meus maiores tesouros:
Rubens e Cristina (melhores pais do mundo);
Renato (presente de Deus, verdadeiro
amor da minha vida), Tatiana,
Natália e Juliana (minhas irmãs de coração).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pela vida e por colocar pessoas tão maravilhosas em meu caminho.

À Dra. Susy Frey Sabato, por ser muito mais que uma orientadora, uma verdadeira amiga. Só tenho a agradecer pelo incentivo, confiança e amizade em todos os momentos. Tenho certeza que sentirei muita saudade desses sete anos que passei sob a sua orientação.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão pela bolsa e por todo o suporte concedido para que esse doutorado fosse realizado da melhor forma possível.

À Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA, pelo suporte concedido ao presente trabalho, por meio do CRP D62009.

À Tropical Fresh Ltda., pelo fornecimento das amostras de frutas.

À todos os colaboradores, professores e colegas da pós-graduação do IPEN.

Às professoras Tatiana Beatrís Tribess e Lúcia Collet, por todo incentivo e auxílio desde a graduação.

Às minhas amigas tão queridas Tatiana, Juliana, Natália e Fabiana por estarem sempre tão presentes em minha vida.

Ao meu namorado, Renato, melhor presente que Deus poderia ter me dado durante esse doutorado. Obrigada por ser o melhor namorado do mundo e estar sempre ao meu lado.

Aos meus pais, Rubens e Cristina, por me darem a vida e por me apoiarem em absolutamente todos os momentos.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contribuição original	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Frutas.....	19
3.1.1 Frutas minimamente processadas.....	22
3.1.2 Mercado de frutas minimamente processadas.....	23
3.1.3 Processo de produção.....	25
3.2 Propriedades físico-químicas das frutas.....	28
3.2.1 Atividade de água (Aa)	28
3.2.2 Carboidratos	29
3.2.3 pH e Acidez Titulável Total (ATT)	30
3.2.4 Cor.....	32
3.2.5 Textura	35
3.3 Propriedades sensoriais das frutas.....	36
3.4 Propriedades microbiológicas das frutas minimamente processadas.....	37
3.5 Imunocomprometidos	39
3.5.1 Dieta para imunocomprometidos	39
3.5.1.1 Legislação	41
3.6 Irradiação em alimentos	41
3.6.1 Efeitos em frutas	42
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.1 Materiais.....	45
4.2 Metodologia	46
4.2.1 Irradiação, dosimetria e acondicionamento.....	48
4.2.2 Análises físico-químicas	48

4.2.2.1	Análise colorimétrica (cor)	48
4.2.2.2	Análise de textura (firmeza).....	49
4.2.2.3	pH (acidez).....	50
4.2.2.4	Acidez titulável total (% ácido cítrico)	50
4.2.2.5	Teor de sólidos solúveis totais (°Brix)	50
4.2.2.6	Açúcares solúveis.....	51
4.2.2.7	Atividade de água.....	51
4.2.3	Análise sensorial	51
4.2.3.1	Teste de aceitação	51
4.2.3.2	Degustação em hospitais	52
4.2.4	Análises microbiológicas	53
4.2.4.1	Preparo das diluições decimais e descrição	53
4.2.4.2	Validação microbiológica	54
4.2.5	Questionário com hospitais.....	54
4.2.6	Análise estatística.....	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1	Análises físico-químicas	56
5.1.1	Cor.....	56
5.1.2	Textura	61
5.1.2.1	Análise comparativa de textura.....	66
5.1.3	pH, SST, ATT e Aa.....	68
5.1.4	Açúcares solúveis.....	71
5.1.5	Testes físico-químicos em abacaxis (alternativa para imunocomprometidos).....	74
5.2	Análise sensorial	76
5.2.1	Teste de aceitação	76
5.2.2	Degustação	79
5.3	Análises microbiológicas	81
5.3.1	Análises microbiológicas iniciais para definição de dose de radiação.....	81
5.3.2	Análises microbiológicas com dose estabelecida.....	84
5.3.3	Validação microbiológica	85
5.3.3.1	Inoculação	85

5.3.3.2 Repetição de análises microbiológicas em salada de frutas e verificação de alternativa de consumo: abacaxis minimamente processados	87
5.4 Questionários com hospitais	91
6 CONCLUSÕES	94
APÊNDICE A.....	96
APÊNDICE B.....	97
APÊNDICE C.....	100
APÊNDICE D.....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Alimentos trabalhados por cada país no CRP-IAEA: “ <i>Irradiated foods for immunocompromised patient and other potential target groups</i> ”	16
TABELA 2 – Composição química das frutas (valores/100g de fruta).....	19
TABELA 3 – Classificação de frutas e hortaliças comestíveis de acordo com os padrões respiratórios	22
TABELA 4 – Valores aproximados de pH para frutas frescas.....	31
TABELA 5 – Detalhamento de amostras utilizadas neste trabalho.....	45
TABELA 6 – Valores médios de análise colorimétrica em frutas minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama.	56
TABELA 7 – Valores médios de firmeza (N) em diversas frutas minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama	62
TABELA 8 – Valores médios de firmeza (N) para as frutas minimamente processadas comparadas com mesmas frutas na presença de outras (em uma salada de frutas), ambas submetidas a diferentes doses de radiação gama	67
TABELA 9 – Valores médios das medições de pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável total (% ácido cítrico) em salada de frutas submetidas a diferentes doses de radiação gama.....	68
TABELA 10 – Valores médios de atividade de água para frutas da composição da salada de frutas, submetidas a diferentes doses de radiação gama e analisadas a temperatura de 25°C ..	70
TABELA 11 – Valores médios de açúcares solúveis para salada de frutas submetidas a diferentes doses de radiação gama.....	72

TABELA 12 – Valores médios obtidos de análise de pH, textura e sólidos solúveis totais para abacaxis minimamente processados submetidos a diferentes doses de radiação gama. ...	74
TABELA 13 – Valores médios obtidos para o teste de aceitação em frutas minimamente processadas (morango, abacaxi, maçã, banana, melão, mamão) submetidas a diferentes doses de radiação gama	77
TABELA 14 – Comentários dos provadores do HC e IBCC em degustação sensorial de abacaxis minimamente processados submetidos à dose de 3,0 kGy.	80
TABELA 15 – Resultados obtidos para a análise microbiológica em salada de frutas obtidas do fornecedor e submetidas a diferentes doses de radiação gama	82
TABELA 16 – Resultados obtidos para análise microbiológica em salada de frutas obtidas do fornecedor e submetidas à dose de 3,0 kGy.....	84
TABELA 17 – Resultados microbiológicos de salada de frutas provenientes do fornecedor, e inoculadas com coliformes fecais e <i>Salmonella</i> , sendo analisadas antes e após a irradiação na dose de 3,0 kGy	86
TABELA 18 - Resultados da validação microbiológica em salada de frutas obtidas do fornecedor e submetidas à dose de 3 kGy, sendo analisadas após 2 e 7 dias de fabricação (validade)	87
TABELA 19 - Resultados da validação microbiológica em abacaxis minimamente processados obtidos do fornecedor e submetidos à dose de 3,0 kGy, sendo analisados após 2 e 7 dias de fabricação (validade)	88

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Padrões respiratórios após a colheita de frutas climatéricas (tomate e abacate) e fruta não climatérica (uva).....	21
FIGURA 2 – Árvore para tomada de decisões para pontos críticos de controle	27
FIGURA 3 – Espectro eletromagnético.....	33
FIGURA 4 – Fluxograma de análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas.....	47
FIGURA 5 – Análise de textura em maçã minimamente processada.....	49
FIGURA 6 – Ficha da análise sensorial utilizada.....	52
FIGURA 7 – Ficha de degustação utilizada para abacaxis minimamente processados	52
FIGURA 8 – Gráficos dos valores médios obtidos para o parâmetro luminosidade (L*) referentes às análises colorimétricas em banana, mamão, melão e maçã minimamente processadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama	58
FIGURA 9 – Gráficos dos valores médios obtidos para a coordenada cromatográfica (a*) referente às análises colorimétricas em banana, mamão, melão e maçã minimamente processadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama	59
FIGURA 10 – Gráficos dos valores médios obtidos para a coordenada cromatográfica (b*) referente às análises colorimétricas em banana, mamão, melão e maçã minimamente processadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama.....	60
FIGURA 11 – Gráfico dos valores médios de firmeza (N) para cereja, morango, uva e manga minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama.....	63
FIGURA 12 – Gráfico dos valores médios de firmeza (N) para melancia, melão, mamão e maçã minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama.....	64

FIGURA 13 – Gráfico dos valores médios de firmeza (N) para abacaxi, pera e banana minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama	64
FIGURA 14 – Perfis cromatográficos por CLAE de açúcares solúveis (frutose, sacarose e glicose) para salada de frutas irradiada na dose de 1,5 kGy	71
FIGURA 15 – Valores médios comparativos de firmeza (N) para abacaxis acondicionados em diferentes embalagens (PET, saco de PEBD e a vácuo) submetidos a diferentes doses de radiação gama	75
FIGURA 16 – Resultados da degustação sensorial de abacaxis minimamente processados submetidos à dose de radiação de 3,0 kGy, realizada no IBCC (n=44) e no HC (n=24).	79
FIGURA 17 – Análise microbiológica em salada de frutas adquirida no varejo e submetidas às doses de 0,5 kGy e 1,0 kGy.	81

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas frescas (43 milhões de toneladas anualmente) sendo precedido apenas pela China (175 milhões de toneladas) e pela Índia (57 milhões de toneladas). Do total produzido no país, 20 milhões são destinados ao consumo *in natura* distribuídos entre o mercado interno e externo. Das 23 milhões de toneladas de frutas aplicadas no processamento, 12 milhões são exportadas, e, 45 % da produção tem como destino o mercado nacional (FAO, 2013; IBRAF, 2013).

As frutas frescas possuem pouca gordura, muitas fibras, e são ricas em carboidratos simples, água, vitaminas, sais orgânicos e minerais. São os alimentos mais saborosos, mais puros e, em geral, de mais fácil e rápida digestão (BALBACH et al., 1993; TOFANELLI et al., 2007). Não obstante, constituem valiosos componentes da alimentação e devem ser usados com abundância, regularidade e equilíbrio (BALBACH et al., 1993).

Atualmente, o mercado de produtos frescos tem crescido de maneira significativa, destacando-se o segmento de produtos lavados, descascados, cortados ou fatiados, embalados crus e armazenados sob refrigeração, conhecidos como minimamente processados e/ou prontos para consumo (BERBARI et al., 2001; PINHEIRO et al., 2005; ARVANITTOYANNIS et al., 2009). Entretanto, a preocupação com as doenças transmitidas por alimentos (DTAs), por parte dos governos, organizações internacionais e consumidores, tem aumentado, principalmente com relação aos prejuízos que este problema tem causado à Saúde Pública (MORAES, 2000).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2014a), as DTAs são responsáveis pela taxa de mortalidade alta em geral, mais particularmente para as crianças, idosos e imunocomprometidos.

Indivíduos neutropênicos estão em maior risco de infecção por várias razões. Em primeiro lugar, o sistema imunológico está comprometido, seja como resultado de doenças como a leucemia aguda, ou como resultado de tratamentos como a quimioterapia ou imunossupressão após o transplante. Em segundo lugar, há uma translocação bacteriana do intestino para os gânglios linfáticos, sangue, fígado e baço. E, por último, o uso de

antibióticos, antiácidos, além da desnutrição proteica e a da obstrução intestinal, são apontados como responsáveis pelo crescimento excessivo de bactérias em pacientes com câncer (PATTNI et al., 2008). Considera-se sistema imunológico comprometido e com necessidade de dieta específica quando o paciente apresentar leucopenia: <1000 leucócitos/ mm^3 e neutropenia: <500 neutrófilos/ mm^3 (OMS, 2014a).

Dietas neutropênicas são utilizadas para indivíduos imunocomprometidos desde 1960 com a intenção de reduzir a ingestão de microrganismos patogênicos por meio de alimentos e bebidas, limitando assim, a possibilidade de infecção (KANBAKNA et al., 2004; PATTNI et al., 2008). Basicamente, é restrito o consumo de carnes cruas ou pouco cozidas; ovos crus, frutas, saladas e vegetais frescos; molhos frios; laticínios não pasteurizados; iogurtes, entre outros (OMS, 2014a). Entretanto, esta ingestão limitada de alimentos causa aos pacientes: diminuição do apetite, menor ingestão de nutrientes, tristeza e sensação de distanciamento da população em geral (MOODY et al., 2002). Estas dietas podem durar seis meses ou mais dependendo do histórico do paciente (PATTNI et al., 2008).

Tomando-se por base que a utilização da energia das radiações ionizantes em alimentos tem apresentado diversos resultados positivos nos campos de aplicações, tais como no controle de infestação de insetos, destruição de bactérias patogênicas, fungos e leveduras, retardo de maturação e senescência de frutas, inibição de brotamento de bulbos e tubérculos, a irradiação pode ser apontada como uma solução potencial para este problema (CRUZ et al., 2012; GÓMEZ et al., 2010; KAMAT et al., 2003; KIM et al., 2009; SABATO et al., 2009; YADAV et al., 2014).

Partindo-se do pressuposto da necessidade de um produto fresco, optou-se pelo estudo da salada de frutas. Apesar de existirem alguns produtos já pré-higienizados e até mesmo embalados, são desconhecidas a qualidade da matéria prima utilizada, as condições de higiene na manipulação ao longo do processamento, a adequação das técnicas utilizadas na preservação do produto e a eficiência nas operações de transporte e no armazenamento do produto final.

Tais argumentos tornam restrito o oferecimento deste tipo de produto ao paciente, e compelem que sejam realizadas avaliações microbiológicas do produto para estimar sua vida

útil, assim como, por meio de pesquisa de microrganismos patogênicos e de indicadores de contaminação fecal, constatar ou não a existência de riscos à saúde pública advindos do seu consumo. As análises de coliformes e a contagem total de aeróbios e de bolores e leveduras indicam a qualidade higiênico sanitária e o tempo de vida útil dos alimentos minimamente processados (SANTOS et al., 2010).

Embora a qualidade seja importante no contexto, os fatores físico-químicos e sensoriais também são fundamentais para este processo. A conservação de frutas é basicamente determinada por condições que preservem suas propriedades organolépticas (aroma, cor, sabor, consistência), que previnam o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e a ocorrência de reações químicas e enzimáticas indesejáveis (EIROA, 1989; FELLOWS, 2006; FENEMMA et al., 2010).

Apesar de revisões como a de ARVANITTOYANNIS et al. (2009) demonstrarem os benefícios da irradiação para frutas e vegetais, inclusive prolongando a vida de prateleira em torno de três a cinco vezes mais que os métodos convencionais, quando se trata de alternativas de alimentação segura e saudável para imunocomprometidos, o assunto é pouco descrito na literatura. As opções de alimentos frescos são praticamente inexistentes uma vez que tudo que é oferecido a esses é submetido a um tratamento térmico para redução da carga microbiana (MOODY et al., 2002).

Considerando que os períodos de dieta são extensos e muitas vezes têm que ser prolongados e que diversos estudos apontam os fatores psicológicos como coadjuvantes na recuperação do paciente, o bem-estar em consumir um produto fresco e seguro microbiologicamente é um foco bastante inovador (JUBELIER, 2011; MOODY et al., 2002, MOODY et al., 2006).

Sendo assim, o presente trabalho destinou-se a contribuir com o estudo físico-químico, microbiológico e sensorial de salada de frutas tratada por irradiação, promovendo a viabilização do consumo de alimentos *in natura* para pacientes com sistema imunológico debilitado.

1.1 Contribuição original

A presente tese de doutorado é parte integrante do projeto da IAEA – International Atomic Energy Agency: *Application of ionizing radiation in foods for people with specific diets* (IAEA Research Contract 16226) inserido no Coordinated Research Project: *Irradiated foods for immunocompromised patients and other potential target groups* (IAEA - CRP número D62009).

O projeto aprovado pela IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) tem como objetivo geral estabelecer bases científicas e tecnológicas para o consumo de diversos alimentos até então não ingeridos pelos pacientes imunocomprometidos, em diversos países (TAB. 1).

TABELA 1 – Alimentos trabalhados por cada país no CRP-IAEA: “*Irradiated foods for immunocompromised patient and other potential target groups*”

País	Alimento(s)	Público Alvo	Segurança e Parâmetros de qualidade			
			Físico-Químicos	Segurança Microbiol.	Extensão Shelf-Life	Sensorial
Argentina	Frutas, vegetais, carne, queijo	Hospital	X	X	X	X
Bangladesh	Vegetais frescos	Hospital	X	X	X	X
Brasil	Salada de frutas, vegetais, sorvete	Hospital	X	X	-	X
China	Picles (vegetais)	Hospital	X	X	X	X
EUA	Salada de frutas, vegetais, carne (bife)	Hospital	X	X	-	X
Filipinas	Produtos cárneos	Hospital (Calamidades)	X	X	X	X
Hungria	Frutas, vegetais	Hospital	X	X	-	X
Índia	Será decidido com o hospital	Hospital	X	X	X	X
Indonésia	Pratos prontos (carne, frango, peixe) com vegetais	Hospital e outros grupos (rações)	X	X	X	X
Paquistão	Pratos prontos (legumes e frango); pão e sorvete de ervas	Hospital (para vítimas de calamidades)	X	X	X	X
República da Coreia	Vegetais, frutas, pratos prontos, sorvete	Hospital Rações Astronautas	X	X	X	X
Tunísia	Vegetais e carne vermelha	Hospital	-	X	X	X

Os resultados oriundos do presente trabalho foram úteis para contribuir na formação de uma futura base de dados no Brasil (que até o momento é bastante escassa) e, além disso, possivelmente contribuir para formar diretrizes no segmento da saúde e da alimentação destes pacientes (dada a ausência de guias nutricionais nos hospitais para este grupo populacional).

Corroborando ainda os fatores já relacionados anteriormente, este também é o primeiro projeto do Brasil na área em parceria com a IAEA, o que além de denotar a ineditariedade do trabalho, viabilizou a troca direta de informações e a interação entre diversos países, agregando conhecimento e facilitando a tomada de decisões do presente trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar o efeito das diferentes doses de radiação gama sobre as características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais da salada de frutas.

2.2 Objetivos específicos

- Garantir a segurança microbiológica da salada de frutas, por meio da radiação gama;
- Determinar a dose mínima a ser distribuída na salada de frutas que permita atingir o nível de segurança microbiológica;
- Determinar a dose máxima de radiação ionizante, sem que ocorram alterações físico-químicas e sensoriais significativas ao produto;
- Comparar as alterações dos aspectos físico-químicos e sensoriais antes e após a irradiação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Frutas

O consumo de frutas e vegetais tem um papel vital no fornecimento de uma dieta diversificada e nutritiva (OMS, 2014b). De acordo com a *Food and Agriculture Organization* – FAO (2013) a ingestão diária recomendada de frutas e vegetais deve ser de no mínimo 400 gramas para auxiliar na prevenção de doenças crônicas como câncer, diabetes, doenças cardíacas e obesidade, além de prevenir deficiências de diversos micronutrientes em países menos desenvolvidos.

As frutas, além de saborosas, são consideradas excelentes fontes de energia, vitaminas, minerais e fibras (TAB. 2).

TABELA 2 – Composição química das frutas (valores/100g de fruta)

Fruta	Cal. (kcal)	Água (g)	Prot. (g)	Fibra (g)	Cálcio (mg)	Fósf. (mg)	Ferro (mg)	B2 (mg)	Niacina (mg)	C (mg)
Abacate	162	75,0	1,8	2,0	13	47	0,7	0,24	1,5	12
Abacaxi	52	85,4	0,4	0,4	18	8	0,5	0,04	0,2	61
Ameixa	47	87,0	0,6	0,4	8	15	0,4	0,04	0,5	6
Banana	87	75,4	1,2	0,6	27	31	1,5	0,09	0,6	8
Caju	46	87,1	0,8	1,5	4	18	10,0	0,03	0,4	219
Caqui	78	78,2	0,8	1,9	6	26	0,3	0,05	0,3	11
Coco	296	54,6	3,5	3,8	13	83	1,8	0,03	0,6	4
Figo	62	82,2	1,2	1,6	50	30	0,5	0,05	0,4	4
Goiaba	69	80,8	0,9	5,3	22	26	0,7	0,04	1,0	218
Laranja	42	87,7	0,8	0,4	34	20	0,7	0,03	0,2	59
Limão	29	90,3	0,6	0,6	41	15	0,7	0,02	0,1	51
Maçã	58	84,0	0,3	0,7	6	10	0,4	0,05	0,2	6
Mamão	32	90,7	0,5	0,6	20	13	0,4	0,04	0,3	46
Manga	59	83,5	0,5	0,8	12	12	0,8	0,06	0,4	53
Maracujá	90	75,5	2,2	0,7	13	17	1,6	0,13	1,5	30

Continuação da TABELA 2 – Composição química das frutas (valores/100g de fruta)

Fruta	Cal. (kcal)	Água (g)	Prot. (g)	Fibra (g)	Cálcio (MG)	Fósf. (MG)	Ferro (mg)	B2 (mg)	Niacina (mg)	C (mg)
Pera	56	84,4	0,3	1,9	6	10	0,5	0,03	0,2	5
Pêssego	43	87,9	0,8	1,8	9	24	1,0	0,07	0,4	6
Uva	68	81,6	0,6	0,5	12	15	0,9	0,04	0,5	3

Fonte – MANICA, 1987.

Em geral, são compostas de 80-90% de água, 5-20% de carboidratos, 0,5-3% de proteínas e uma quantidade bem pequena de lipídeos 0,1-0,5% (FENNEMA et al., 2010).

De acordo com a Resolução CNNPA nº12 da ANVISA (1978), as frutas próprias para o consumo devem estar frescas; ter atingido o grau máximo ao tamanho, aroma, cor e sabor próprios da espécie e variedades; apresentar grau de maturação tal que lhes permita suportar a manipulação, o transporte e a conservação em condições adequadas para o consumo mediato e imediato; ser colhidas cuidadosamente e não estar golpeadas ou danificadas por quaisquer lesões de origem física ou mecânica que afetem a sua aparência; a polpa e o pedúnculo, quando os houver, devem se apresentar intactos e firmes; não conter substâncias terrosas, sujidades ou corpos estranhos aderentes à superfície da casca; estar isentos de umidade externa anormal, aroma e sabor estranhos e estar livres de resíduos de fertilizantes.

Além das características referidas pela ANVISA, a maturação também afeta significativamente a qualidade da fruta. Segundo BASTOS (2007), a maturação é a fase do desenvolvimento da fruta em que ocorrem diversas mudanças físicas e químicas, tais como alterações de cor, sabor, textura, mudanças na permeabilidade dos tecidos e nos teores de carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, pectinas, entre outros. As mudanças ocorridas durante a fase da maturação são desencadeadas, principalmente, pela produção de etileno que, em consequência, aumenta a taxa respiratória.

O etileno é um hormônio vegetal gasoso que age na promoção e na sincronização do processo de senescência (FENNEMA et al., 2010). A respiração consiste na decomposição oxidativa de substâncias de estrutura química mais complexa como amido, açúcares e ácidos

orgânicos, em estruturas mais simples como CO_2 e água, havendo produção de energia (BASTOS, 2007).

Sendo assim, as frutas são classificadas de acordo com o comportamento respiratório durante a fase de maturação, podendo ser climatéricas ou não climatéricas. As frutas climatéricas exibem uma lenta taxa de respiração decrescente que chega ao seu mínimo antes de iniciar a maturação (FIG. 1). Com o início da maturação a respiração aumenta intensamente e chega ao seu pico quando o fruto se torna maduro. A degradação final da fruta (senescência) é acompanhada por um declínio na taxa de respiração (FENNEMA et al., 2010).

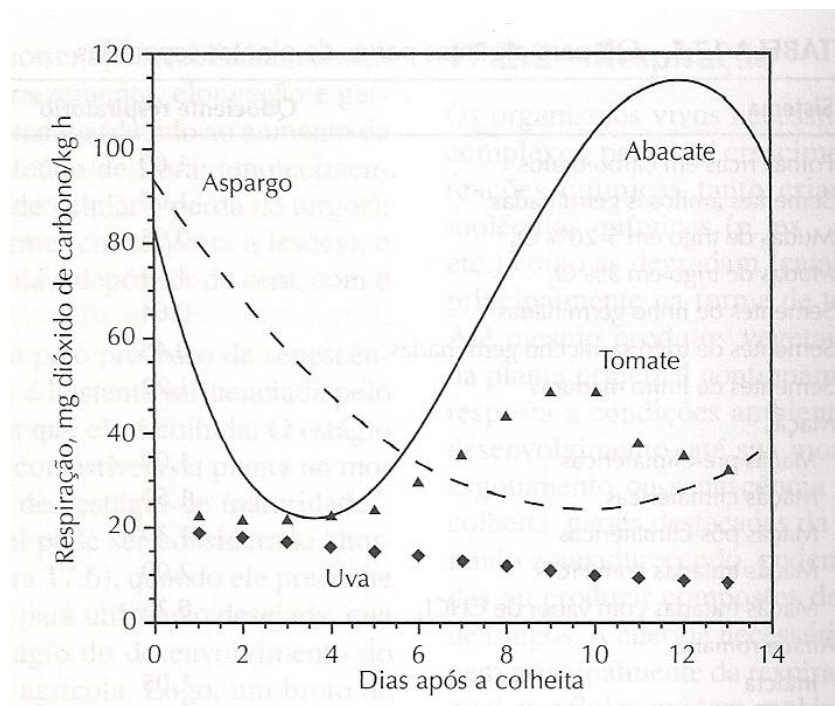


FIGURA 1 – Padrões respiratórios após a colheita de frutas climatéricas (tomate e abacate) e fruta não climatérica (uva).

Fonte – FENNEMA et al., 2010.

As frutas não climatéricas são normalmente colhidas já maduras e mostram uma lenta taxa de respiração decrescente sem qualquer período de pico de atividade (FENNEMA et al., 2010).

O processo respiratório das frutas continua a ocorrer mesmo depois da colheita e está intimamente ligado com a temperatura. Em geral, temperaturas mais elevadas, tanto antes

como após a colheita, aumentam a taxa respiratória, reduzindo, com isso, a longevidade da fruta (BASTOS, 2007). Na TAB. 3 são apresentadas diversas frutas classificadas como possuidoras de padrão respiratório climatérico ou não climatérico.

TABELA 3 – Classificação de frutas e hortaliças comestíveis de acordo com os padrões respiratórios

Classificação	Frutas
Climatéricas	maçã, damasco, abacate, banana, mirtilo, carambola, figo, goiaba, jaca, kiwi, manga, melão, nectarina, mamão, maracujá, pêssego, pera, caqui, ameixa, rambutan, graviola, pinha, tomate
Não-climatéricas	Amora preta, cacau, cereja, amora, tâmara, uva, limão, nêspira, lichia, laranja, abacaxi, romã, framboesa, morango, tangerina

Fonte – FENNEMA et al., 2010.

3.1.1 Frutas minimamente processadas

De acordo com a *International Fresh-Cut Produce Association* (IFPA, 2001) os termos *fresh-cut* ou minimamente processado têm sido empregados para definir frutas e hortaliças frescas, comercializadas limpas e parcialmente processadas. O resultado de tais procedimentos são produtos convenientes, frescos, que podem ser preparados e consumidos em menos tempo (BASTOS, 2007).

As frutas minimamente processadas, as quais foram aparadas, descascadas e /ou cortadas originando um produto fresco pronto para consumo, fazem parte de uma fatia importante e crescente da indústria de alimentos de origem vegetal. Exemplos incluem salada de frutas; uvas lavadas e sem talos; melão cantaloupe, melancia em fatias e cubos; abacaxi em fatias e cubos; e maçãs, nectarina/pêssego, manga e papaia em fatias (FENNEMA et al., 2010).

As lesões às quais os produtos minimamente processados estão sujeitos em sua preparação proporcionam mudanças no metabolismo dos tecidos danificados que resultam em aceleração da respiração, produção de etileno, senescência, amadurecimento e deterioração. A remoção da camada de epiderme também expõe os tecidos interiores a oxidação e

escurecimento, favorecendo o aumento da perda de água e acesso mais fácil para infecção por microrganismos. Isso significa que os produtos minimamente processados são muito mais perecíveis que os intactos (FENNEMA et al., 2010).

Outro fator importante para a manutenção da qualidade e extensão da vida pós-corte de frutas minimamente processadas é o rígido cuidado com a cadeia de frio (FELLOWS, 2006). Tanto o processamento quanto o armazenamento das frutas deve ser realizado em temperaturas baixas. Recomenda-se o uso de temperaturas entre 0 e 5°C. Quanto maior a temperatura, seja durante o processamento e/ou armazenamento, maior a taxa respiratória e, conseqüentemente, menor a vida útil de frutas minimamente processadas. A diminuição da temperatura reduz a atividade metabólica de tecidos vegetais vivos, conspirando para a preservação de suas características originais. Frutos intactos de origem tropical e subtropical são sensíveis ao *chilling*, uma injúria fisiológica que se desenvolve quando os frutos são submetidos a temperaturas baixas, normalmente abaixo de 12°C. As frutas minimamente processadas, em geral, suportam o armazenamento a temperaturas abaixo daquelas consideradas críticas para frutas intactas. Quanto maior a temperatura, maior o amaciamento, a taxa de escurecimento e de perda de vitamina C para os alimentos minimamente processados (AGAR et al., 1999).

As frutas minimamente processadas devem estar bem maduras e prontas para o consumo quando o consumidor abrir a embalagem, o que acaba adicionando perecibilidade ao produto. Os sintomas visuais da deterioração desses produtos incluem “flacidez” pela perda de água, alterações na cor (especialmente aumento do escurecimento oxidativo nas superfícies cortadas) e contaminação microbiana (FENNEMA et al., 2010).

3.1.2 Mercado de frutas minimamente processadas

As frutas e hortaliças minimamente processadas foram introduzidas nos Estados Unidos há, aproximadamente, 30 anos e ganharam uma parte considerável no mercado. Na França, surgiram em 1980, registrando-se um aumento na produção de 400 toneladas, em 1985, para 35.000 toneladas em 1989. No Brasil, a utilização desses produtos é mais recente: foram introduzidos nos anos 90 por empresas atraídas pelas novas tendências de mercado,

atingindo, principalmente, hotéis, restaurantes, lanchonetes e redes de supermercados (BASTOS, 2007; FAO, 2013).

As frutas minimamente processadas são demandadas, principalmente, por consumidores individuais, em razão da mudança de estilo de vida e das tendências associadas à saúde. Em geral, as frutas já apresentam uma sinalização positiva no mercado por apresentarem potencial de comercialização e aceitação por parte do consumidor (BASTOS, 2007).

Os dados mercadológicos de produção de frutas no Brasil são coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e repassados ao Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF). De acordo com o IBRAF, os dados mais recentes disponíveis sobre a produção de frutas são referentes ao ano de 2012.

Em relação aos números de produção, em 2012, merecem destaque o melão, o limão e a manga com crescimento nas exportações da ordem de 7,2% (melão), 9,5% (limão) e 0,5% (manga) comparativamente a 2011 (IBRAF, 2013).

O melão foi o fruto brasileiro mais exportado em 2012, com 181,7 mil toneladas. A manga, por sua vez, foi responsável pela movimentação de US\$ 137 milhões no país. Estes resultados refletem os estados com maiores vendas ao exterior: o Ceará, um dos principais produtores de melões, foi o maior exportador com 146,5 mil toneladas, enquanto que a Bahia, grande produtor de manga, foi o estado que mais arrecadou no comércio internacional (US\$ 130,3 milhões) (IBRAF, 2013).

Os principais destinos das frutas frescas brasileiras foram Holanda, com mais de um terço do valor e do volume totais (42% e 39% respectivamente); Reino Unido (20% do valor e 18% do volume); e Espanha (10% e 12%). A lista dos dez maiores importadores de frutas brasileiras no último ano se completa com Estados Unidos, Alemanha, Argentina, Portugal e França (IBRAF, 2013).

Por sua vez, as importações de frutas frescas apresentaram uma queda de 7% em volume e uma leve alta de 0,5%, em valor em relação ao ano de 2011. A pera é a principal fruta importada em volume e valor, com 217 mil toneladas e US\$ 224 milhões,

respectivamente, seguida por maçãs, ameixas, uvas, kiwis e pêsegos, tendo como origem principal a Argentina, seguidos por Chile, Espanha, Portugal e Itália (IBRAF, 2013).

Os países que tiveram o maior volume de exportação de frutas processadas em 2012 foram Bélgica (39%), Holanda (23%) e EUA (22%), e a lista dos 10 países que mais exportaram se finaliza com Japão, Reino Unido, China, Suíça e Austrália (IBRAF, 2013).

Já a importação de frutas processadas apresentou uma queda de 4% em volume e uma alta de receita da ordem 2,7%, com quase 190 mil toneladas (IBRAF, 2013).

3.1.3 Processo de produção

As frutas frescas e minimamente processadas podem ser produzidas de muitas formas diferentes, dependendo do tipo de fruta e do produto final requerido (EMBRAPA, 2006). Em geral, o processo de produção das frutas minimamente processadas envolve as etapas de recepção, armazenamento do produto fresco, seleção, pré-lavagem, desinfecção, descascamento/corte (manual ou automatizado), utilização de pré-tratamentos (agentes antimicrobianos, antiescurecimentos e conservantes de textura), acondicionamento em embalagem, armazenamento em câmara fria e distribuição em caminhão refrigerado (HUI, 2006).

Do ponto de vista da segurança microbiológica, toda etapa crítica do processamento deve ser controlada para minimizar riscos associados de contaminação. As principais fontes de contaminação em uma planta de processamento de frutas são: ambiente (incluindo funcionários) e as próprias frutas que podem deteriorar contaminar as demais. Desta forma, é importante garantir a segurança em todas as etapas das operações de processamento (HUI, 2006).

Para alcançar essa segurança, algumas ferramentas de gerenciamento estão sendo adotadas em conjunto na cadeia de produção de alimentos. Na produção de frutas minimamente processadas, têm-se recomendado as Boas Práticas Agrícolas (BPA), Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (BASTOS, 2007; FELLOWS, 2006; FENNEMA et al., 2010).

De acordo com a EMBRAPA (2004), as indústrias enfrentam sérias dificuldades para garantir a segurança do produto final, principalmente quando a produção primária não é conduzida cumprindo as Boas Práticas Agrícolas (BPA). Alguns dos contaminantes que afetam a saúde do consumidor têm origem na produção agrícola e são mais difíceis de serem eliminados nos demais elos da cadeia produtiva.

Já as Boas Práticas de Fabricação (BPF) juntamente com o Procedimento Operacional Padrão (POP) são requerimentos exigidos para o correto manuseio dos alimentos, desde a matéria prima até o produto final. A adoção das BPF garante a saúde e a integridade do consumidor e é fundamental em um programa de segurança alimentar. As BPF abrangem requisitos básicos de higiene durante o processamento e a adequação da estrutura física. Entre os requisitos exigidos para as BPF, destacam-se: recomendações de construção das instalações, conduta quanto às práticas sanitárias de manipulação de alimentos e de higiene pessoal, controle de estoque de matéria prima e de contaminação cruzada, bem como registro em formulários adequados de todos os procedimentos da agroindústria (ANVISA, 1997, 2002; EMBRAPA, 2006; HUI, 2006).

O sistema APPCC, versão nacional do *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) criado nos Estados Unidos em 1959, apesar de não ser obrigatório no Brasil, deveria ser utilizado com mais frequência pela indústria de alimentos minimamente processados (HUI, 2006). O sistema é recomendado por organizações internacionais como a OMC (Organização Mundial do Comércio), FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), OMS (Organização Mundial de Saúde) e pelo MERCOSUL, além de ser exigido pela comunidade europeia e pelos Estados Unidos. No Brasil, o Ministério da Saúde e da Agricultura e Abastecimento já tem ações com objetivo de adoção do sistema APPCC pelas indústrias alimentícias (ANVISA, 2014).

Uma parceria entre SENAI, SEBRAE e EMBRAPA colocou à disposição dos produtores de frutas, o Manual de Boas Práticas Agrícolas e sistema APPCC (EMBRAPA, 2004). Tal documento é baseado no CAC/RCP 1-1969 (FAO, 2003) e apresenta todas as premissas necessárias para se conseguir uma produção de frutas minimamente processadas dentro dos níveis exigidos pela legislação.

O sistema de APPCC permite a identificação, avaliação e controle ou eliminação de perigos potenciais em um processo. Além de estabelecer tolerâncias para os perigos, define medidas de controle apropriadas, frequência de suas aplicações, procedimentos de amostragem, testes específicos a serem utilizados e critérios de aceitação do produto (FELLOWS, 2006).

O sistema é baseado na monitoração de pontos críticos de controle e na ação a ser tomada quando os resultados do monitoramento estão fora dos limites pré-estabelecidos (FIG. 2). Pode ser utilizado para todos os perigos potenciais, incluindo qualidade inadequada ou segurança, e pode identificar áreas de controle onde falhas ainda não ocorreram, tornando-o útil para novas operações.

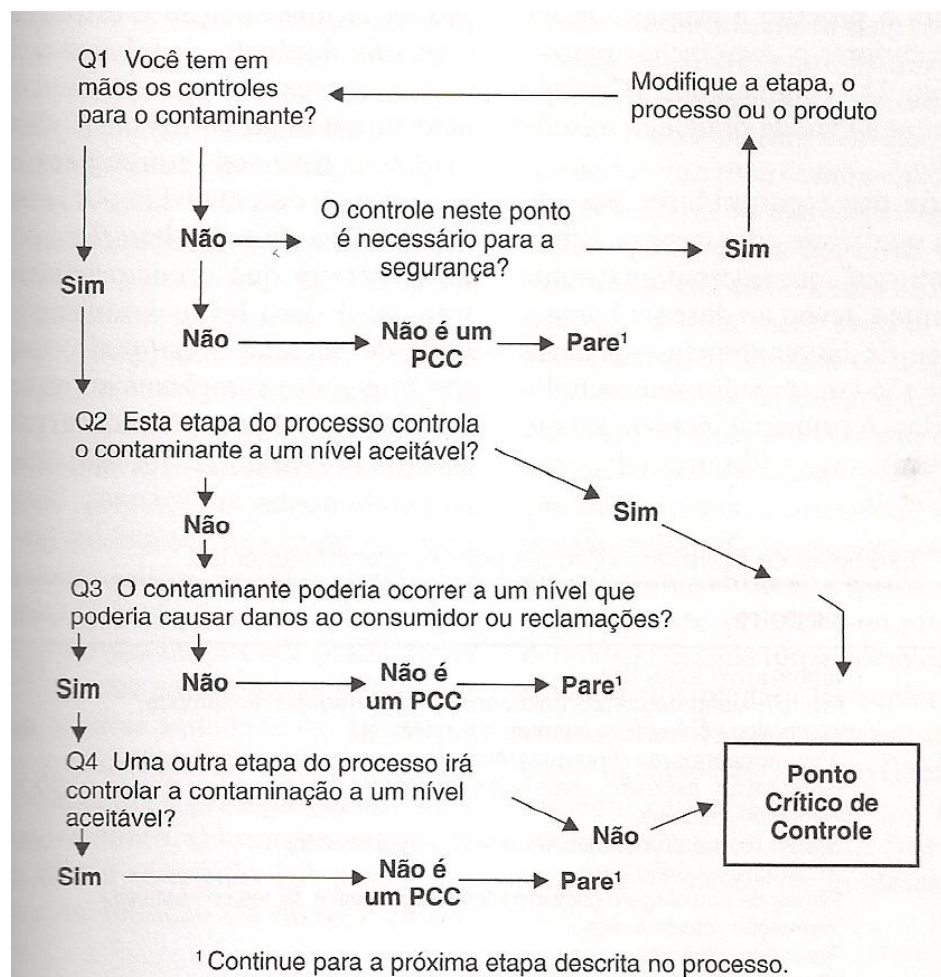


FIGURA 2 – Árvore para tomada de decisões para pontos críticos de controle

Fonte – FELLOWS, 2006.

Desta forma, a integração entre os diversos sistemas de produção é o ideal para a obtenção de um produto final de segurança e qualidade (EMBRAPA, 2004).

3.2 Propriedades físico-químicas das frutas

3.2.1 Atividade de água (Aa)

A disponibilidade de água em um alimento (água livre) para atividade microbiológica, enzimática ou química é o que determina a vida de prateleira de um alimento, sendo mensurada pela atividade de água (Aa), também conhecida como pressão de vapor relativa (FELLOWS, 2006).

A atividade de água é definida como “a razão da pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura”, conforme a equação (1):

$$Aa = P/P_0 \quad (1)$$

Em que: P (Pa)= pressão de vapor do alimento; P₀ = (Pa)=pressão de vapor da água pura na mesma temperatura.

A água exerce uma pressão de vapor nos alimentos dependendo da quantidade de água presente, temperatura, concentração de solutos dissolvidos (particularmente sais e açúcares) (FELLOWS, 2006). A atividade de água é avaliada por um índice que varia de 0 a 1, em que quanto mais próximo de 1 for o valor obtido na análise, maior será o teor de água livre. A água pura tem Aa = 1, sendo assim, qualquer solução (ou alimento) tem Aa < 1. Na maior parte dos alimentos frescos, a Aa é superior a 0,95 (AZEREDO, 2012).

As velocidades das reações químicas no alimento e, conseqüentemente, os processos de deterioração estão diretamente ligados ao teor de água e o grau de interação da água com o substrato do alimento (HUI, 2006).

A deterioração de alimentos por microrganismos pode acontecer rapidamente, ao passo que as reações enzimáticas e químicas ocorrem de modo mais lento durante a

armazenagem. Em ambos os casos, o teor de água é um fator muito importante no controle da taxa de deterioração (FELLOWS, 2006).

Quase toda a atividade microbiana é inibida abaixo da $A_a=0,6$, e a maioria dos fungos, leveduras e bactérias é inibida abaixo de $A_a= 0,7$, $A_a= 0,8$ e $A_a= 0,9$, respectivamente. A interação da A_a com a temperatura, pH, oxigênio, dióxido de carbono ou conservantes químicos tem um efeito importante na inibição do crescimento microbiano (FELLOWS, 2006).

Desta forma, o fator principal a ser considerado na estabilidade de um alimento, não é, portanto, o seu teor de umidade e sim a disponibilidade de água para a viabilização do crescimento microbiano e para a ocorrência de reações químicas (COULTATE, 1996).

3.2.2 Carboidratos

Ao lado da água, os carboidratos são os componentes mais abundantes dos alimentos de origem vegetal. Em geral, 75% da matéria seca de plantas são carboidratos, consistindo não apenas de açúcares simples e polissacarídeos, mas também de substâncias pécnicas e lignina. A quantidade de carboidratos encontrada em diferentes alimentos vegetais varia bastante: entre 2% para alguns vegetais folhosos, 10 a 25% em algumas frutas, mais de 30% em hortaliças amilosas e superior a 60% em alguns cereais e vagens (FENNEMA et al., 2010).

A rede estrutural, o sabor e o valor nutricional dos alimentos vegetais estão relacionados ao seu conteúdo de carboidratos. Sacarose, glicose e frutose são os principais açúcares dos produtos da horticultura. Entretanto, esse conteúdo de açúcares de frutos pode variar consideravelmente em função da espécie, do solo e das condições climáticas durante o desenvolvimento da fruta na planta (GUTIERREZ et al., 1976).

Nas frutas, os carboidratos se acumulam na forma energética principalmente em açúcares solúveis. Dentro dos fatores de qualidade das frutas, um dos mais importantes é o sabor, ocasionado pelo balanço entre os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos (BERNARDES-SILVA et al., 2003). Além disso, a proporção entre os diferentes tipos de

açúcares também pode diferir na doçura da fruta. A frutose possui um maior grau de doçura que a sacarose e esta por sua vez é maior que a glicose (PANGBORN, 1963).

Em geral, as frutas apresentam teores variados de açúcares e polissacarídeos. Os polissacarídeos incluem amido, celulose, hemicelulose e pectinas. O amido serve como um carboidrato de armazenamento, organizado em pequenos grãos dentro da célula. Os polissacarídeos são os principais componentes estruturais das paredes celulares, sendo importante na textura e no amolecimento. A conversão desse amido em açúcar durante o amadurecimento resulta em sabor doce e desejável (FENNEMA et al., 2010).

A quantificação e identificação de açúcares em laboratório exige um preparo de amostra cauteloso, demorado e bastante caro (OLIVEIRA et al., 2014). A maioria das técnicas de quantificação é baseada na extração de solvente, seguida por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para a separação dos açúcares (OLIVEIRA et al., 2014).

Por outro lado, para mensurar o índice de açúcares totais de uma maneira simples e eficiente em frutas pode-se utilizar a análise de sólidos solúveis totais (SST) que são medidos por refratometria e indicam o grau de amadurecimento da fruta (BECKLES, 2012; MARIANI et al., 2014; MOURA et al., 2005). Os SST são constituídos por compostos solúveis em água que representam os açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (MOURA et al., 2005).

3.2.3 pH e Acidez Titulável Total (ATT)

O termo pH é o símbolo usado para expressar a concentração de íons de hidrogênio de uma solução. A concentração hidrogeniônica é um fator de controle que regula muitas reações químicas e microbiológicas (GOULD, 1992).

A escala do pH vai de 0 a 14. Uma solução neutra tem pH equivalente a 7,0. Um valor menor indica uma solução ácida e um valor acima de 7,0 indica uma solução alcalina. A escala de pH é logarítmica e não linear. Portanto, um pH de valor 5,0 é 10 vezes mais ácido que um pH = 6,0 (GOULD, 1992).

Em relação ao pH, é desejável um pH inferior a 4,5 para impedir a proliferação de microrganismos, em contrapartida, valores superiores requerem períodos mais longos de esterilização da matéria prima em um processamento térmico, ocasionando maior consumo de energia e maior custo de processamento (MONTEIRO et al., 2008).

Na TAB. 4 são apresentados os valores de pH para frutas frescas.

TABELA 4 – Valores aproximados de pH para frutas frescas.

Frutas Frescas	pH
Maçã	2,9 – 3,3
Limão	1,8 – 2,0
Banana	4,5 – 4,7
Melão	6,3 – 6,7
Toranja	3,4 – 4,5
Melancia	5,2 – 5,6
Ameixa	2,8 – 4,6
Laranja	3,6 – 4,3

Fonte – HUI (2006) *apud* JAY (1992).

A maioria das frutas e hortaliças em seu estado natural é susceptível à esporulação de microrganismos a uma taxa que depende de vários fatores intrínsecos ou extrínsecos. Tais produtos se enquadram no grupo de alimentos ácidos (pH 4,0-4,5) ou alimentos muito ácidos (pH < 4,0), restringindo o crescimento de patogênicos (BASTOS, 2007). Geralmente, fungos filamentosos e leveduras são mais tolerantes em ambientes de baixo pH quando comparados às bactérias, sendo os primeiros microrganismos associados à deterioração de produtos de acidez alta (AZEREDO, 2012).

Igualmente, as frutas minimamente processadas com valores de pH maiores que 4,6 e Aa maior que 0,85 são consideradas altamente perecíveis quando não são submetidos a processos de preservação que diminuam as reações biológicas e bioquímicas indesejáveis (BASTOS, 2007).

Um fator importante e colaborativo a ser considerado neste tópico são os ácidos orgânicos. Existem vários ácidos orgânicos em frutas, todavia, o ácido cítrico é o encontrado em concentrações mais elevadas que os demais (NIELSEN, 1998).

Os ácidos orgânicos são importantes para o metabolismo respiratório em frutas e hortaliças, além de agirem como fatores antimicrobianos (FENNEMA et al., 2010; RIVERA, 2005). Essa ação antimicrobiana é ocasionada pela diminuição do pH do meio ambiente, pela interrupção do transporte e/ou permeabilidade da membrana, ou por uma redução do pH celular interno por meio da dissociação de íons hidrogênio a partir do ácido (RIVERA, 2005).

O acúmulo de ácidos orgânicos gera aumento do sabor ácido ou azedo. A maioria das frutas e hortaliças frescas é ácida, mas as frutas, no geral, são mais ácidas que as hortaliças. Algumas frutas, como limões, contêm de 2 a 3% de ácido em seu peso fresco total. A acidez total, os ácidos orgânicos específicos presentes e suas quantidades relativas afetam o pH, podendo variar de 2 a 7, dependendo da fruta (BASTOS, 2007).

Os ácidos de ocorrência mais ampla e abundante em frutas são o cítrico e o málico. A acidez total das frutas costuma diminuir com o amadurecimento, em virtude da utilização dos ácidos orgânicos na respiração ou na conversão de açúcares (BASTOS, 2007; FELLOWS, 2006).

3.2.4 Cor

A coloração dos alimentos ocorre em virtude da capacidade de reflexão ou emissão de diferentes quantidades de comprimento de onda que estimulam a retina dos olhos. De acordo com FENNEMA et al. (2010), a faixa de energia a que o olho é sensível é chamada de luz visível. Esta, dependendo da sensibilidade do indivíduo, engloba comprimentos de onda 380-770nm, sendo considerada uma faixa muito pequena do espectro eletromagnético (FIG. 3). Além das cores simples (tonalidades), o preto, o branco e o cinza intermediário também são considerados cores.

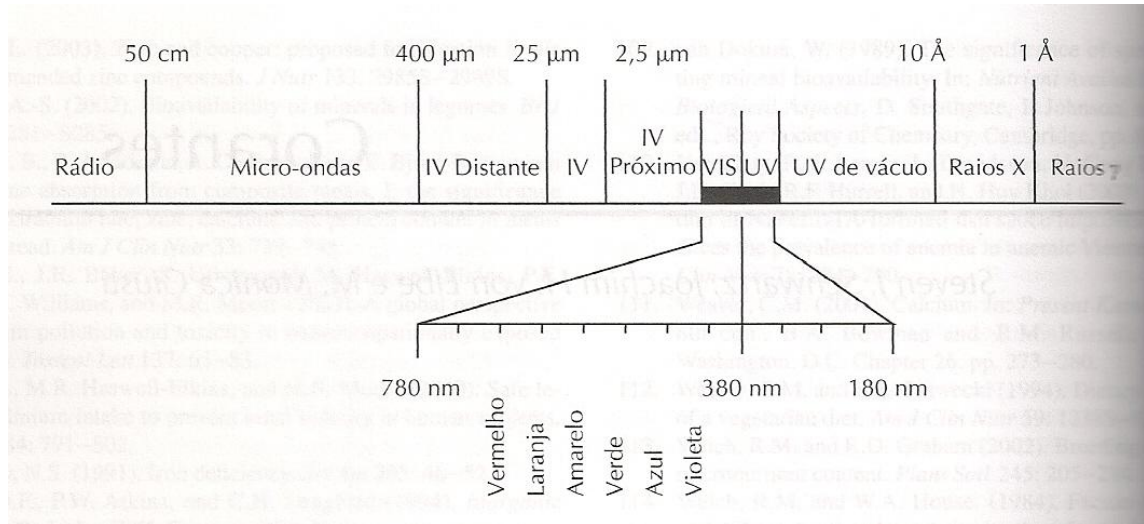


FIGURA 3 – Espectro eletromagnético

Fonte – FENNEMA et al., 2010.

A cor e a aparência são atributos fundamentais para a qualidade dos alimentos. Isso se deve à capacidade humana de perceber com facilidade esses fatores, os quais são os primeiros a serem avaliados pelos consumidores no momento da aquisição de alimentos (FENNEMA et al., 2010).

Entretanto, muitos pigmentos alimentares são instáveis durante o processamento e o armazenamento. Existe uma dificuldade na prevenção de alterações indesejáveis nos alimentos *in natura*, pois, dependendo do pigmento, a estabilidade é afetada por fatores como a presença ou ausência de luz, oxigênio, metais e agentes redutores e oxidantes, temperatura, atividade de água e pH (FENNEMA et al., 2010). Como consequência, os alimentos processados podem perder sua coloração característica e, conseqüentemente, perder o seu valor monetário (FELLOWS, 2006).

De acordo com WATADA et al. (1999) produtos frescos minimamente processados são vulneráveis à descoloração em função da danificação das células e tecidos e também pela remoção da casca protetora. Estes tecidos expostos são potencialmente susceptíveis à desidratação e / ou descoloração.

Além disso, algumas interações podem ocasionar alterações na coloração das frutas, como no caso das antocianinas. Estas são formadas por um grande grupo de pigmentos

dominantes em frutas. Sua cor, vermelha, violeta ou azul depende de sua estrutura e do pH do meio aquoso. Possuem estabilidade baixa por serem suscetíveis a degradação catalisada por enzimas, luz, calor, oxigênio, acidez e degradação oxidativa pelo ácido ascórbico. Durante armazenamento prolongado, a cor pode enfraquecer gradativamente ou tornar-se marrom em razão das reações de polimerização. Na presença de alumínio, ferro e estanho, podem ser formados pigmentos azul-púrpura ou azul acinzentado em frutas processadas (FENEMMA et al., 2010).

A alteração de cor pode ser também decorrente do escurecimento enzimático, devido à presença de compostos fenólicos nas frutas. De acordo com MARTÍN BELLOSO et al. (2006), a quantidade e o tipo de compostos fenólicos presentes variam em cada fruta e afetam de forma direta, juntamente com a concentração de oxigênio, o pH e a temperatura, o escurecimento enzimático, que ocorre em resposta a injúrias físicas e fisiológicas, promovendo o contato dos compostos fenólicos com as enzimas associadas ao escurecimento (PORTE et al., 2001; VILAS BOAS, 2002).

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase são as responsáveis pelo escurecimento em frutas, vegetais e seus produtos processados (CLEMENTE et al., 1998). A peroxidase é do grupo das oxidoredutases, sendo capaz de catalisar um grande número de reações oxidativas em plantas usando peróxido como substrato, ou, em alguns casos, oxigênio como um receptor de hidrogênio.

Diversos métodos têm sido desenvolvidos para inibir o escurecimento enzimático, baseados na eliminação de um ou mais componentes essenciais: o oxigênio, a enzima, o centro catalítico da polifenoloxidase ou o substrato, bem como manutenção das condições extrínsecas de armazenamento (LAURILA et al., 1998).

As análises de cor podem ser realizadas de maneira subjetiva (escala de cores visuais) ou por equipamentos colorimétricos (CALEGARIO et al., 1997; FAVA et al., 2011; GÓMEZ et al., 2010).

3.2.5 Textura

A textura de um alimento é determinada pelos teores de umidade e gordura, pelos tipos e quantidades de carboidratos estruturais (celulose, amido, materiais pécnicos) e pelas proteínas presentes. Alterações na textura são causadas principalmente pela hidrólise de carboidratos poliméricos, coagulação de proteínas e perda de água (FELLOWS, 2006).

Um dos grandes desafios da indústria de alimentos minimamente processados é manter a textura durante a vida útil do produto (BASTOS, 2007). Normalmente, a textura tende a se alterar ao longo do tempo, como resultado das tensões proporcionadas pelo processamento (SOLIVA-FORTUNY et al., 2002).

Sendo a parede celular a estrutura primária dos tecidos vegetais, é considerada fundamental para a qualidade da textura de alimentos vegetais. Em alguns casos, como as maçãs, a crocância é desejada, enquanto que em outras frutas como pêssegos e morangos, é preferível uma textura mais macia (AZEREDO, 2012).

Essas alterações na parede celular têm uma influencia importante sobre o amolecimento de tecidos vegetais. O amolecimento também pode ocorrer pela perda de turgor, mas, na maioria das frutas, ele é resultado das alterações dos polissacarídeos da parede celular, sendo causado por despolimerização, desmetilação ou perda de cálcio (HUI, 2006).

O amolecimento costuma ser acompanhado pela solubilização de pectina, pela ação da enzima pectinametilesterase (PME), que catalisa a remoção de ésteres metílicos. No caso dos tomates, 90% da pectina está metilada na fruta verde, sendo que, conforme a pectina metil esterase aumenta durante o amadurecimento, essa porcentagem diminui para cerca de 30% na fruta madura. A PME em bananas também aumenta com o amadurecimento, em contrapartida, diminui em maçãs, goiaba, manga e morango. Na maioria das frutas, a poligalacturonase (PG) e a celulase também aumentam durante o amadurecimento e a ação conjunta da PME e da PG contribui para a desestruturação completa e irreversível do fruto, bem como para a perda da viscosidade da polpa (HUI, 2006; BARRET et al., 1998).

3.3 Propriedades sensoriais das frutas

De acordo com DUTCOSKY (1996) a análise sensorial é uma avaliação das características organolépticas dos alimentos realizada com base nos sentidos humanos. Tem como objetivo principal medir o impacto criado pelas propriedades físicas do alimento, afetando a preferência do consumidor. Em geral, os parâmetros mais comumente avaliados na análise sensorial são: a cor, o aroma, a aparência, a textura e o sabor.

A cor é um dos parâmetros mais importantes para a aceitabilidade, em virtude da associação ao frescor e ao grau de maturação das frutas frescas (GONÇALVES et al., 2007). Já os aromas percebidos nos alimentos resultam de combinações de centenas de compostos, alguns dos quais atuam sinergeticamente (HUI, 2006).

A textura é um parâmetro de qualidade do produto visto que, tal como a cor, representa o frescor do alimento, indicando a aceitação ou rejeição por parte dos consumidores (SOLIVA-FORTUNY et al., 2002; SZCZESNIAK, 2002).

O sabor percebido nos alimentos é influenciado pela taxa em que os compostos aromáticos são liberados durante a mastigação e, portanto, é intrinsecamente associado com a textura dos alimentos e com a quebra da estrutura do alimento durante a mastigação (CLARK, 1990). Além disso, o sabor pode ser alterado por causa das mudanças respiratórias em alimentos frescos, especialmente no que se refere à acidez e a doçura (FELLOWS, 2006).

DUIZER et al. (2011) apontam que os resultados oriundos de medições instrumentais são grandes precursores de respostas sensoriais. De acordo com BARREIRO et al. (1998) a utilização de diferentes técnicas devem sempre ser considerada para fornecimento de informações adicionais dos aspectos sensoriais.

Da mesma forma, SANTOS et al. (2009) estudaram a precisão de escalas utilizadas em testes de aceitação. Os resultados indicaram que os melhores testes aplicados foram os afetivos com provadores não treinados e que a escala hedônica foi reportada como a preferida na opinião dos provadores.

3.4 Propriedades microbiológicas das frutas minimamente processadas

Apesar dos benefícios de uma alimentação rica em frutas e vegetais, a segurança dos produtos frescos e minimamente processados tem sido discutida, em razão da incidência de microrganismos patogênicos como veículos de algumas doenças (BASTOS, 2007).

Ao contrário de frutas inteiras, os produtos minimamente processados podem ser deteriorados por patógenos humanos perigosos (FDA, 1998). Os riscos microbiológicos devem ser reduzidos e controlados desde a colheita até o consumidor (HUI, 2006). De acordo com BASTOS (2007), a contaminação em frutas apresenta uma diversidade de microrganismos deterioradores e patogênicos que devem ser monitorados para manutenção da qualidade do produto e proteção da saúde.

Os microrganismos deterioradores são aqueles capazes de degradar os alimentos. São produtores de compostos voláteis durante seu metabolismo, causando alterações organolépticas e sensoriais desagradáveis. Esses alimentos, geralmente, não causam toxinfecções, mas apresentam qualidade indesejável no alimento. Os microrganismos deterioradores mais encontrados em frutas minimamente processadas são *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbícola*, *Enterobacter agglomerans*, bactérias do ácido lático (*Leuconostoc mesenteróides* e *Lactobacillus* spp.), além de bolores, leveduras, alguns vírus e parasitas (BASTOS, 2007).

Já os microrganismos patogênicos têm sido associados a surtos de toxinfecções alimentares, podendo fazer parte da microflora desses produtos. Historicamente, os alimentos que são mais susceptíveis à presença de patógenos são os de origem animal. Entretanto, atualmente, frutas *in natura* e minimamente processadas têm sido fonte de agentes microbianos. Os patógenos que estão diretamente associados a frutas e vegetais minimamente processados são: *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio Species*, além de vírus e parasitas (BASTOS, 2007).

De acordo com a RDC N°12 (ANVISA, 2001), frutas frescas *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas para

consumo direto, devem se enquadrar nos níveis de tolerância de 5×10^2 coliformes a $45^\circ\text{C}/\text{g}$ e ausência de *Salmonella* em 25 gramas.

A presença de coliformes em alimentos caracteriza ausência de Boas Práticas de Fabricação. Coliformes são bactérias que habitam o trato intestinal de animais e humanos, e não utilizam oxigênio (porém podem crescer na sua presença). São amplamente utilizados como indicadores de qualidade sanitária (USDA, 2012).

A *Salmonella* é pertencente à família *Enterobacteriaceae*, um gênero de bactérias gram-negativas. Possui forma de bacilo, não é formadora de esporos, cresce em temperaturas de $5 - 47^\circ\text{C}$ e na faixa de pH de $3,7 - 9,5$, com necessidade de oxigênio facultativo e atividade de água maior que 0,94. A temperatura ótima para o crescimento é a mesma do corpo humano (37°C). Os sintomas imediatos da *Salmonella* são náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia, febre e dor de cabeça, podendo permanecer por 3 a 4 semanas (AZEREDO, 2012; USDA, 2012).

E. coli O157: H7 é uma bactéria gram-negativa na forma de bastonete, não formadora de esporos, que cresce entre $7 - 46^\circ\text{C}$ e na faixa de pH de $4,4-9$. Pode utilizar ar ou não (facultativa) e requer atividade de água superior a 0,95 (USDA, 2012).

Em frutas minimamente processadas, bolores e leveduras são os microrganismos mais difíceis de atingir a redução em função da sua própria característica. De acordo com HUI (2006), os fungos filamentosos e as leveduras são microrganismos ácido tolerantes que se desenvolvem bem em valores de pH inferiores a 4. Já as bactérias responsáveis pela deterioração de alimentos ácidos ($\text{pH} < 4,5$) são predominantemente gram-positivas e incluem algumas espécies de *Lactobacillus* que são, particularmente, resistentes a concentrações elevadas de ácidos. De modo geral, as leveduras e os fungos filamentosos apresentam valores de pH mínimo de crescimento mais baixos do que as bactérias, enquanto que o valor de pH máximo para desenvolvimento é similar para bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Os vírus e parasitas, tais como vermes, lombrigas e protozoários, podem causar doenças transmitidas por alimentos, mas não são capazes de crescer em alimentos e não provocam a deterioração (AZEREDO, 2012; BASTOS, 2007; HUI, 2006).

Desta forma, as contagens de microrganismos não patogênicos, apesar de não exigidas para frutas minimamente processadas, agem como indicadores das condições higiênico-sanitárias, sendo de essencial avaliação (SANTOS et al., 2010).

3.5 Imunocomprometidos

Imunocomprometidos são indivíduos que possuem mecanismos de defesa debilitados, tornando-os suscetíveis a diversas infecções (RISI et al., 1998). Em geral, a imunidade comprometida ocorre em pacientes submetidos à terapia de câncer, a procedimentos de transplante de órgãos e também infecção pelo HIV (vírus da imunodeficiência humana). Pacientes idosos, crianças e grávidas com múltiplos problemas de saúde também podem ser considerados indivíduos imunocomprometidos (BUTTERWECK, 1995). As doenças infecciosas são consideradas uma das principais causas de morbidade e mortalidade em indivíduos imunocomprometidos. No entanto, estas doenças são frequentemente previsíveis e podem ser evitadas. De acordo com RISI et al. (1998) e FELICIANO et al. (2014), uma das melhores intervenções simultâneas para prevenir infecções é a redução da exposição a patógenos exógenos.

A neutropenia (disfunção do sangue caracterizada por uma contagem/número anormal de neutrófilos) pode ser aguda ou crônica e, sem a devida atenção médica, pode levar o paciente a óbito. Entretanto, os estudos na área, mesmo a nível mundial, ainda são pouco divulgados e possuem resultados divergentes, principalmente por causa das diferenças de público e às problemáticas locais (JUBELIRER, 2011; GARDNER et al., 2008; SMITH et al., 2000).

3.5.1 Dieta para imunocomprometidos

O consumo de dietas específicas tem se evidenciado nos últimos anos com o objetivo de promover uma maior segurança a indivíduos que, por alguma razão fisiológica, apresentam imunidade baixa. Essas dietas podem ser chamadas de dieta neutropênica, dieta estéril, dieta de carga microbiana baixa ou dieta de carga bacteriana baixa (JUBELIER et al., 2011). Tal dieta específica se faz presente sempre que o paciente apresentar leucopenia: <1000 leucócitos/ mm^3 e neutropenia: <500 neutrófilos/ mm^3 (OMS, 2014a).

Desta forma, os imunocomprometidos possuem a necessidade de consumir alimentos seguros. De acordo com a EMBRAPA (2004), alimentos seguros são aqueles que foram obtidos, conservados, transportados, transformados, expostos à venda ou consumo e preparados de modo a garantir o controle de perigos e evitar agentes de doenças ao homem. Em outras palavras, são alimentos inócuos, ou seja, que não apresentam riscos de causar agravos à saúde do consumidor.

Em um estudo com 97 amostras de 10 tipos de frutos, os autores encontraram leveduras e fungos filamentosos em mais de 80% das amostras estudadas e concluíram que se consumidos podem levar pacientes imunocomprometidos a óbito (TOMSÍKOVÁ, 2002).

De acordo com AUPEE et al. (1992), alimentos esterilizados, embalagens individuais e alimentos liofilizados podem não garantir qualidade microbiológica. Sendo assim, novas tecnologias como a irradiação são necessárias para tornar a taxa de contaminação reduzida ou aceitável para a dieta dos pacientes imunocomprometidos (FELICIANO et al., 2014; LEE et al., 2012).

Estudos apontam a dieta neutropênica como fator fundamental para a qualidade de vida dos pacientes (MOODY et al., 2002; MOODY et al., 2006).

Segundo JUBELIRER (2011), as dietas neutropênicas não são padronizadas e em geral, acabam causando uma diminuição na qualidade de vida, desnutrição, aversão a alimentos e queda na imunidade por causa da deficiência de vitaminas. De acordo com GALATI et al. (2011), faltam evidências científicas para o uso desta dieta, entretanto, sua utilização pode interferir positivamente no tratamento e no estado nutricional do paciente, uma vez que são restringidos alimentos frescos.

O Instituto Brasileiro de Controle do Câncer – IBCC – indica o consumo de frutas para evitar os efeitos colaterais da quimioterapia, como por exemplo, o aumento de peso e a constipação intestinal (IBCC, 2014). De acordo com OSTERHOLM et al. (2004), a irradiação em alimentos tem sido estudada pela medicina como uma alternativa para solucionar problemas como este há mais de dez anos.

O consumo de frutas proporciona importantes benefícios à saúde, com implicações diretas na qualidade de vida. Os benefícios são amplamente divulgados e, frequentemente, as frutas são indicadas como excelentes aliadas da medicina preventiva e, até mesmo, curativa (BASTOS, 2007).

3.5.1.1 Legislação

No Brasil, os parâmetros de alimentação são baseados no Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos em Alimentos (RDC N.12 de 2 de Janeiro de 2001), que apresenta divisões para cada grupo alimentar, bem como características relativas a preparo/processo.

Entretanto, para imunocomprometidos apenas é apresentado na RDC N. 12, o Anexo 26: “Alimentos para grupos populacionais específicos, incluindo as dietas enterais e excluindo os infantis”, item 1B: “Alimentos para imunodeprimidos e imunocomprometidos, excluídos os que serão consumidos após a adição de líquidos, com emprego de calor”. Tal item não apresenta divisões entre as diferentes categorias de alimentos (carnes/massas/frutas/vegetais), generalizando e englobando todos os tipos de alimentos num único padrão alimentar. As exigências requeridas para este item são: Ausência de coliformes a 45°C; 10 unidades de *Estafilococos coagulase positiva*/grama; 5×10^2 *B. cereus*/grama; 5×10 bolores e leveduras/grama e ausência de *Salmonella* em 25 gramas.

3.6 Irradiação em alimentos

A radiação pode ser definida como sendo a emissão e propagação da energia ou partículas através do espaço ou matéria e irradiação é o processo de aplicação de energia radiante a um alvo qualquer, no caso, um determinado alimento (FRANCO et al., 1996).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA (2001), fontes de radiação são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, na conformidade das normas pertinentes, a saber: isótopos radioativos emissores de radiação gama – cobalto 60; raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV e elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV. A quantidade de

energia absorvida é chamada de dose. A unidade no Sistema Internacional de Unidades é gray (Gy) e equivale a 1J/kg de alimento (ICGFI, 1992).

A excitação e ionização que ocorrem em alimentos envolvem apenas os elétrons externos dos átomos, aqueles menos ligados ao núcleo e que são responsáveis por fazer as ligações entre os átomos, formando os compostos químicos. Como resultado, os efeitos de tal excitação e ionização são limitados a mudanças químicas, não havendo riscos de induzir a radioatividade no alimento (ICGFI, 1992). Além disso, a irradiação apresenta as vantagens de não alterar a temperatura do alimento, não deixar resíduos e ainda poder ser realizada dentro da própria embalagem, o que garante a proteção contra a contaminação microbiana após o tratamento (VIEITES, 1998; FARKAS, 2006).

A irradiação foi aprovada pelo FDA (*Food and Drug Administration*) para uso em frutas e legumes em um nível máximo de 1,0 kGy (IFT, 1983), e, segundo a ANVISA (2001), as doses de radiação devem obedecer ao seguinte critério: qualquer alimento poderá ser tratado por radiação, desde que, sejam observadas que a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometa as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento.

A irradiação produz íons reativos que danificam ou destroem os microrganismos imediatamente, alterando a estrutura da membrana celular e afetando a atividade de enzimas metabólicas. Todavia, o efeito mais importante é no ácido desoxirribonucleico (DNA) e nas moléculas de ácido ribonucleico no núcleo das células, necessárias para crescimento e replicação. Os efeitos da radiação somente se tornam aparentes após um período de tempo, quando a dupla hélice do DNA não consegue desenrolar-se e o microrganismo não consegue reproduzir-se por meio da divisão celular (HUI, 2006).

3.6.1 Efeitos em frutas

Diversas pesquisas têm demonstrado um avanço na melhoria da qualidade de produtos frescos irradiados: maçãs minimamente processadas (GÓMEZ et al., 2010; MOSTAFAVI et al. 2012), mangas (CRUZ et al., 2012), beterrabas (LATORRE et al., 2010),

kiwi (KIM et al., 2009), frutas tropicais (SABATO et al., 2009), bananas (WALL, 2007; HASSAN et al. 2007) e mamão (ZHAO et al. 1996; CAMARGO et al. 2007).

Em cenouras minimamente processadas, a irradiação melhorou a cor e o sabor, apesar de prejudicada a textura (CHERVIN et al., 1994). Em alface minimamente processada, doses de até 0,5 kGy provaram não afetar a qualidade, e de acordo com os autores, a qualidade foi afetada em níveis de irradiação de 0,81 ou 1,1 kGy (FOLEY et al., 2004; GOULARTE et al., 2004; HAGENMAIER et al., 1997 e NIEMIRA et al., 2002). Estudos microbiológicos realizados em melões mostraram que as amostras irradiadas tiveram uma taxa mais baixa e estável de respiração do que as não irradiadas, durante aproximadamente 20 dias, e as contagens de bactérias totais foram significativamente maiores nas amostras não irradiadas (BOYNTON et al., 2006).

BIBI et al. (2006) ao estudarem maçãs minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação, observaram que as amostras tratadas acima de 2 kGy estavam livres de coliformes. Igualmente, MOHÁCSI-FARKAS et al. (2006) obtiveram resultados positivos ao submeter melões pré-cortados a dose de 1 kGy, causando redução de 2 logs de *Listeria monocytogenes* e 5 logs de *E. coli* (O157 inoculada).

Ao correlacionar recentes estudos em uma revisão, ARVANITTOYANNIS et al. (2009) verificaram que a irradiação se mostrou extremamente benéfica aumentando a vida de prateleira das frutas e vegetais, em torno de três a cinco vezes mais que os processos convencionais.

Segundo FARKAS et al. (2011) o tratamento de alimentos por radiações ionizantes específicas para melhorar a segurança microbiológica e a capacidade de armazenamento é uma das tecnologias mais estudadas do século XX.

Estudos com irradiação de frutas minimamente processadas têm sido realizados como uma alternativa de extensão de *shelf-life*, em vista da comercialização limitada principalmente em razão do amolecimento excessivo dos tecidos e também em função do escurecimento (WILEY, 1997; TEIXEIRA et al., 2012).

De acordo com FARKAS et al. (2011), para implementar a tecnologia da irradiação de alimentos é preciso avaliar a sua importância no controle de DTAs (doenças transmitidas por alimentos), no auxílio a conservação e além disso, disposição para pagar por um processo mais seguro. Os autores ainda mencionam que a aceitação do consumidor é uma questão de educação. Os estudos demonstraram que um número crescente de consumidores estão dispostos a comprar alimentos irradiados desde que devidamente informados sobre o processo e seus possíveis efeitos (CRAWFORD, 2001; EUSTICE et al., 2006).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

As frutas a serem analisadas inicialmente eram banana, maçã, melão e mamão. Entretanto, em função da sazonalidade, outras frutas foram analisadas (TAB. 5). Para tanto, os lotes de frutas foram recebidos em dias distintos para facilitar a realização das análises, visto que um dos principais objetivos do trabalho é garantir a segurança microbiológica para consumo imediato, e não uma extensão de *shelf-life*.

As frutas utilizadas, origem e a composição das saladas de frutas analisadas encontram-se apresentadas na TAB. 5. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

TABELA 5 – Detalhamento de amostras utilizadas neste trabalho.

Amostras	Origem	Condições	Embalagem	Descrição/Composição
Frutas minimamente processadas	Varejo	Processadas em laboratório ¹	Acondicionadas em sacos de PEBD*	banana, mamão, melão, maçã, pera, uva, abacaxi, melancia, manga, morango, acerola.
Salada de Frutas	Varejo	Pronta para consumo ²	PET c/ BOPP*	uva, melão, mamão, manga, abacaxi e kiwi
Salada de Frutas	Fornecedor com BPF	Pronta para consumo ³	PET c/ BOPP*	melão, maçã, manga e uva
Abacaxi minimamente processado	Fornecedor com BPF	Pronto para consumo ³	PET c/ BOPP*	abacaxi

*Todas as embalagens são aprovadas para procedimentos de irradiação (FDA, 2007).

¹ As frutas minimamente processadas foram adquiridas inteiras, lavadas por imersão e aspersão sendo posteriormente cortadas com auxílio de uma faca de aço inoxidável em cubos de 2 cm x 2 cm e acondicionadas em sacos de PEBD (polietileno de baixa densidade).

² Salada de frutas adquirida no mercado de São Paulo. As etapas de processamento são desconhecidas.

³ Salada de frutas e abacaxi minimamente processado fornecidos por fornecedor com Boas Práticas de Fabricação; validade: 7 dias; detalhes conhecidos do processo: recepção das frutas, armazenamento do produto fresco, seleção e pré-lavagem, sanitização, descascamento/corte, imersão em ácido cítrico (somente para maçãs), acondicionamento em embalagem PET (politereftalato de etileno) estéril (terceirizada) e selamento com BOPP (película de polipropileno biorientada), armazenamento em câmara fria (5°C ±3°C), distribuição em caminhão frigorífico.

4.2 Metodologia

Conforme estabelecido inicialmente, foram realizados os testes físico-químicos iniciais em frutas minimamente processadas para saber como o produto iria reagir em relação à cor e à textura mediante diferentes doses de radiação. Para tanto, as amostras foram submetidas às doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy, 1,5 kGy, 2,0 kGy e 3,0 kGy e analisadas juntamente com a amostra controle (não submetida à irradiação).

Em seguida, com base nos resultados físico-químicos, foram selecionadas as doses para a realização de análises microbiológicas em salada de frutas. Quando as doses estabelecidas, não satisfizeram os parâmetros requeridos para imunocomprometidos pela RDC nº12 (ANVISA, 2001), as análises foram realizadas novamente com outras doses, até a obtenção de resultados com o padrão microbiológico mínimo necessário.

Desta forma, com base nos resultados microbiológicos, foram realizadas as análises físico-químicas e sensoriais, estabelecendo-se assim, a melhor dose de trabalho.

Levando em consideração a importância do público alvo deste trabalho, realizou-se uma validação microbiológica em laboratório certificado (terceirizado) para confirmar os resultados microbiológicos obtidos.

Cabe ressaltar que, durante o andamento do trabalho, obteve-se uma parceria com um fornecedor que apresenta padrão de qualidade alto, e que, além de trabalhar somente com frutas minimamente processadas, atende a mercados internacionais e utiliza uma forma de processamento extremamente criteriosa (BPF e APPCC).

Além disso, paralelamente às análises em salada de frutas foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas em abacaxis minimamente processados como uma alternativa em caso de resultados microbiológicos não satisfatórios para a salada de frutas. Tal escolha baseou-se em função de resultados físico-químicos obtidos previamente para a fruta.

Todas as análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em triplicatas, em três datas distintas, conforme é mostrado na FIG. 4.

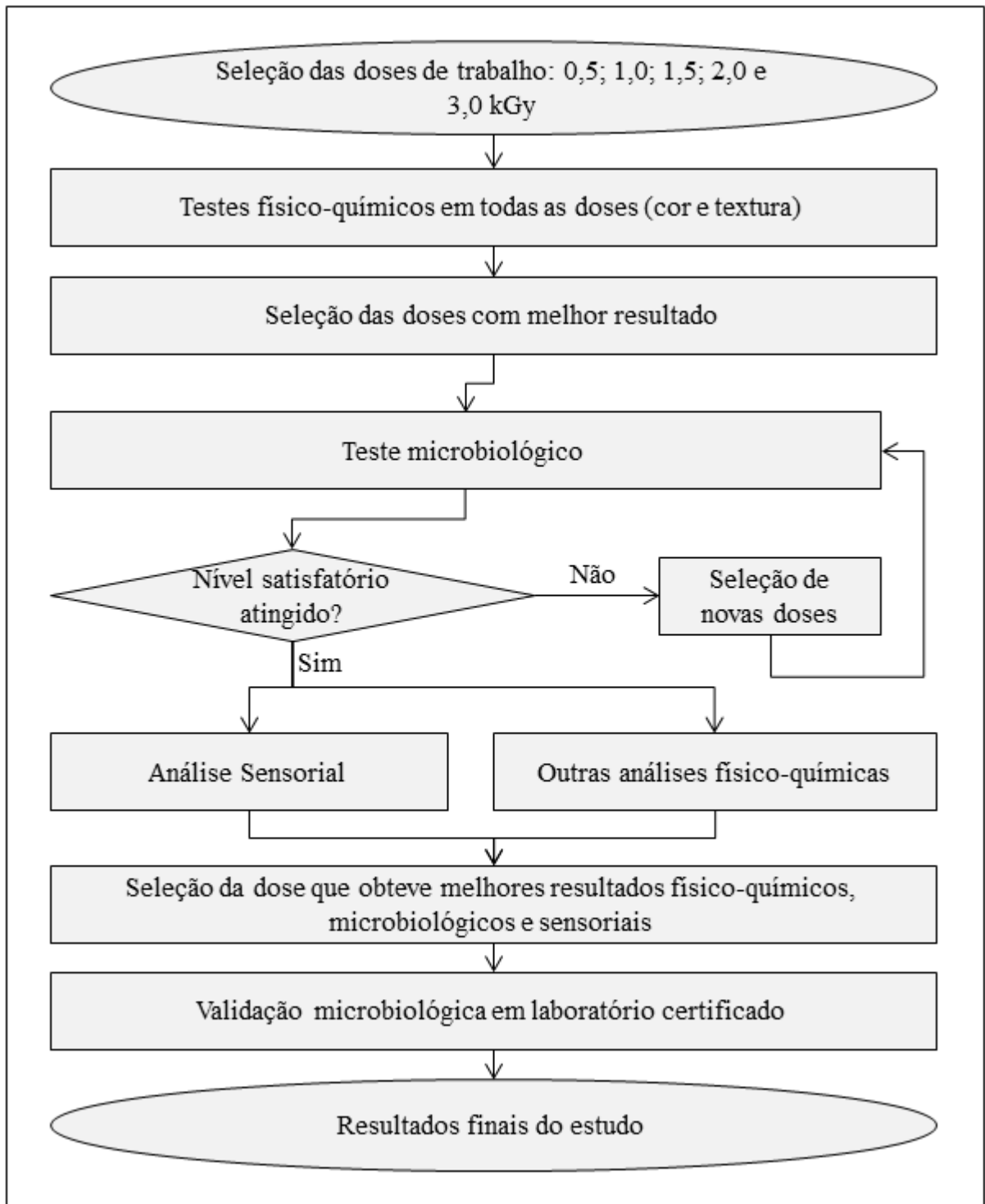


FIGURA 4 – Fluxograma de análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas

4.2.1 Irradiação, dosimetria e acondicionamento

As amostras foram irradiadas em fonte de ^{60}Co , no Irradiador Multipropósito do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), sendo a taxa de dose do Irradiador em torno de 5 kGy/hora. As doses utilizadas foram: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 kGy.

A dose distribuída foi controlada por dosímetros de rotina *Gammachrome YR Bath* 530nm, monitorada pelo Laboratório de Dosimetria em Processos de Irradiação do CTR.

Após a irradiação, todas as amostras (controle e irradiadas) foram mantidas em câmara fria entre $5 \pm 3^\circ\text{C}$ para a realização das análises (HUI, 2006). Todas as análises foram realizadas no dia seguinte após a irradiação. Somente as saladas de frutas e os abacaxis minimamente processados foram analisados no último dia de validade (5 dias após a irradiação), para validação e verificação da segurança microbiológica dos produtos.

4.2.2 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Irradiação de Alimentos, do Centro de Tecnologia das Radiações – IPEN/CNEN-SP, com exceção da análise de açúcares que foi realizada no Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF/USP).

4.2.2.1 Análise colorimétrica (cor)

A cor das amostras foi determinada pelo colorímetro *Minolta-Chromameter* CR-400. Para tanto, o sistema empregado foi o $L^* a^* b^*$, em que: L^* representa a luminosidade da cor (para a cor preta, $L^*=0$ e para a cor branca, $L^*=100$); a^* é uma coordenada cromatográfica que varia do verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* é outra coordenada cromatográfica que varia do azul ($-b^*$) para o amarelo ($+b^*$). Com o aumento dos valores de a^* e b^* , existe uma saturação da cor (KONICA MINOLTA, 1998).

Em virtude das propriedades intrínsecas de cada fruta, a cor foi avaliada sempre individualmente, ou seja, em cada cubo de fruta minimamente processada.

4.2.2.2 Análise de textura (firmeza)

O texturômetro é um equipamento utilizado para analisar a textura em função da resistência à deformação apresentada pelos alimentos. Tal resistência é um atributo sensorial importante, como a mastigação humana, podendo verificar o seu tipo e a sua intensidade.

As medições de textura foram realizadas em um texturômetro *Stable Micro Systems*, modelo TA-TX Plus, equipado com uma célula de carga de 50 kg e probe de 2 milímetros para determinar a resistência da fruta em relação à força aplicada pelo equipamento. Para permitir o posicionamento do cubo de cada fruta, foi acoplada uma base quadrada de apoio. Na realização de testes de penetração, o probe desce na direção da amostra posicionada no suporte, de cima para baixo a uma velocidade de 1,0 mm/s para 10 mm/s após a tensão da ruptura.

A unidade utilizada para medida de força utilizada pelo equipamento foi o Newton (N). Na FIG. 5 é mostrado um ensaio de textura sendo realizado em maçã minimamente processada.

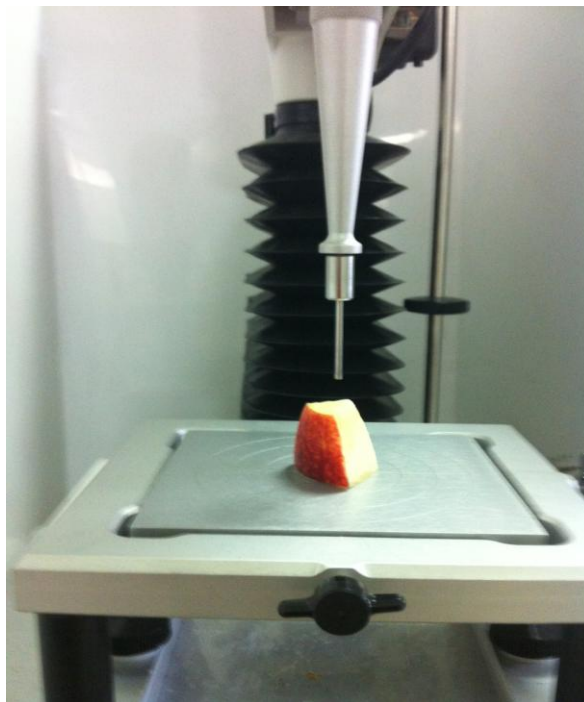


FIGURA 5 – Análise de textura em maçã minimamente processada

Fonte – A própria autora, 2012.

4.2.2.3 pH (acidez)

Os valores de pH foram obtidos com o auxílio do potenciômetro da marca Micronal, modelo B474, sendo calibrado com as soluções padrão de pH ácido e básico, antes do início das análises (AOAC, 1995). Foram pesadas 10g de salada de frutas previamente trituradas, com posterior diluição em 100 mL de água destilada e agitação magnética, com o eletrodo do potenciômetro inserido na amostra.

4.2.2.4 Acidez titulável total (% ácido cítrico)

As medidas de acidez titulável foram obtidas pelos mesmos procedimentos descritos no item 4.2.2.3, com a adição de solução de hidróxido de sódio 0,1N na amostra, até a viragem do pH em 8,1 (AOAC, 1995). Para tanto, utilizou-se bureta digital *Hirschmann Laborgerate*.

O conteúdo de acidez titulável foi expresso em porcentagem de ácido cítrico através da seguinte equação (2):

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{m} \quad (2)$$

Em que: V= volume, em mL de NaOH gasto na titulação; N= normalidade do NaOH (0,1 N); Meq= miliequivalente do ácido – 0,064 para o ácido cítrico; m= massa da amostra, em gramas.

4.2.2.5 Teor de sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis foi determinado pelo refratômetro de bancada *ABBE*, modelo *Q-767b*, de acordo com a metodologia estabelecida pela AOAC (1995) com correção do teor de sólidos solúveis em relação à temperatura. Para sua determinação a salada de frutas foi processada com o auxílio de um *mixer* marca Mondial. As medidas de sólidos solúveis foram obtidas diretamente ao adicionar algumas gotas da amostra processada ao prisma do refratômetro.

4.2.2.6 Açúcares solúveis

Para a análise de açúcar, as saladas de frutas foram congeladas em nitrogênio líquido, sendo posteriormente trituradas e pesadas (100 mg para cada amostra) para a realização da extração de açúcares. Os açúcares solúveis foram extraídos e posteriormente homogeneizados utilizando-se de aproximadamente 1 g da amostra em 1 mL de etanol 80%. O homogenato foi mantido sob agitação mecânica num misturador térmico, a 450 rpm em temperatura de 80°C por 20 minutos e centrifugado a temperatura ambiente à 1000 rpm por 5 minutos. A extração foi repetida três vezes, sendo que os sobrenadantes foram combinados e o volume completado com etanol 80% em balão volumétrico de 2 mL. As análises de glicose, frutose e sacarose foram feitas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), marca Dionex, utilizando-se um detector de pulso amperométrico e coluna CarboPac PA1(4X250mm), em uma corrida isocrática com fluxo de 1 mL/min. de NaOH (18Mm).

4.2.2.7 Atividade de água

A atividade de água (Aa) foi medida em equipamento digital, da marca *AquaLab*, modelo *Dew Point Moisture Analyzer 4TEDuo*. Todas as amostras foram lidas à temperatura ambiente (25°C), monitorada pelo próprio aparelho.

4.2.3 Análise sensorial

4.2.3.1 Teste de aceitação

A análise sensorial realizada foi baseada em um método sensorial afetivo, o teste de aceitação. O teste de aceitação foi realizado para verificar o grau de aceitação da fruta irradiada em relação a não irradiada. Para tanto, os painelistas não treinados utilizaram uma escala hedônica verbal estruturada em que o provador expressa o grau de gostar ou desgostar das amostras numa escala que vai de 1 a 9, conforme é mostrado na FIG. 6 (DUTCOSKY, 1996). Os parâmetros analisados foram: cor, sabor, aroma e aparência geral da fruta.

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Irradiação de Alimentos, do Centro de Tecnologia das Radiações – IPEN/CNEN-SP.

AMOSTRA _____			
COR	SABOR	AROMA	APARENCIA GERAL
9 – Gostei Muito	9 – Gostei Muito	9 – Gostei Muito	9 – Gostei Muito
8 – Gostei Moderadamente	8 – Gostei Moderadamente	8 – Gostei Moderadamente	8 – Gostei Moderadamente
7 – Gostei Ligeiramente	7 – Gostei Ligeiramente	7 – Gostei Ligeiramente	7 – Gostei Ligeiramente
6 – Gostei Pouco	6 – Gostei Pouco	6 – Gostei Pouco	6 – Gostei Pouco
5 – Não gostei / Nem Desgostei	5 – Não gostei / Nem Desgostei	5 – Não gostei / Nem Desgostei	5 – Não gostei / Nem Desgostei
4 – Desgostei Moderadamente	4 – Desgostei Moderadamente	4 – Desgostei Moderadamente	4 – Desgostei Moderadamente
3 – Desgostei Ligeiramente	3 – Desgostei Ligeiramente	3 – Desgostei Ligeiramente	3 – Desgostei Ligeiramente
2 – Desgostei Pouco	2 – Desgostei Pouco	2 – Desgostei Pouco	2 – Desgostei Pouco
1 – Não Gostei	1 – Não Gostei	1 – Não Gostei	1 – Não Gostei

FIGURA 6 – Ficha da análise sensorial utilizada

Fonte – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

4.2.3.2 Degustação em hospitais

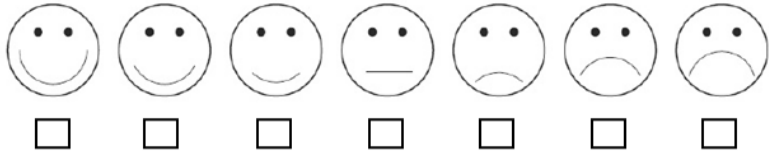
Durante um treinamento realizado no Hospital das Clínicas e uma palestra no Instituto Brasileiro de Controle do Câncer, foram conduzidas degustações para verificar o grau de aceitação de abacaxi minimamente processado irradiado na dose de 3 kGy.

Para tanto, foram utilizadas escalas hedônicas faciais para que os provadores identificassem o grau de gostar ou desgostar das amostras (FIG. 7). Além da degustação, os provadores foram questionados se comprariam ou não o abacaxi minimamente processado.

ABACAXI MINIMAMENTE PROCESSADO

ESCALA HEDÔNICA FACIAL

Assinale um “X” na figura que melhor descreve a sua opinião sobre o abacaxi:



Você compraria este produto? ()SIM ()NÃO Comentário: _____

FIGURA 7 – Ficha de degustação utilizada para abacaxis minimamente processados

Fonte – Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

4.2.4 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Irradiação de Alimentos, do Centro de Tecnologia das Radiações – IPEN/CNEN-SP.

A validação microbiológica dos resultados foi realizada pela TECAM Laboratórios. A TECAM é um laboratório de físico-química e microbiologia acreditado na ISO 17025 com Boas Práticas de Laboratório (BPL).

As análises microbiológicas realizadas foram estabelecidas de acordo com a RDC n°. 12 (ANVISA, 2001). Além disso, também foi verificada a presença de alguns microrganismos indicadores como o *S. aureus*, que indica ausência de boas práticas de fabricação e microrganismos responsáveis pela deterioração em frutas (MOHACSI-FARKAS, 2006).

4.2.4.1 Preparo das diluições decimais e descrição

As diluições decimais foram iniciadas com a pesagem de porções de 10g da amostra e homogeneização com 90 mL de água peptonada tamponada (0,1%) em *stomacher*. A partir desta suspensão foram preparadas as diluições decimais seriadas com o mesmo diluente (BAM/FDA, 2003). Para *Salmonella* de acordo com a legislação que exige ausência em 25 gramas (ANVISA, 2001), foram pesadas 25 g de saladas de frutas, e transferidos para 225 mL de água peptonada tamponada 0,1 %. A partir dessa diluição foram preparadas as diluições subsequentes (BAM/FDA, 2003).

As análises seguiram a metodologia 3M™ Petrifilm™ recomendada pela AOAC (2002) em que para bolores e leveduras foi inoculado 1 mL da amostra em 3M™ Petrifilm™ YM (*Yeast and Mold*) permanecendo à 25°C por 3 à 5 dias (método AOAC 997.02); para contagem de aeróbios foi inoculado 1 mL da amostra em 3M™ Petrifilm™ AC (*Aerobic Count*) permanecendo em estufa à 35°C por 48 horas (método AOAC 990.12); para *S. aureus* foi inoculado 1 mL da amostra em 3M™ Petrifilm™ STX (*Staphylococcus Express*) à 35°C por 24 horas (método AOAC 2001.05) e para coliformes e *E. Coli* foi inoculado 1 mL da amostra em 3M™ Petrifilm™ EC (*Coliforms and E. coli*) a 35°C por 24 horas (método AOAC 991.14). Para *Salmonella*, após a diluição (25g de amostra em 225 mL de água

peptonada) foi realizado o início do enriquecimento não seletivo a 35°C e posterior enriquecimento seletivo em caldo RV a 35°C e isolamento em ágar XLD incubado (3M™ TECRA™ *Salmonella* VIA) a 35°C (AOAC 998.09).

4.2.4.2 Validação microbiológica

Conforme o mencionado no item 4.2, durante o andamento do trabalho decidiu-se escolher uma fruta minimamente processada como uma alternativa paralela, em caso de resultados microbiológicos negativos para a salada de frutas. Com base em alguns resultados obtidos, selecionou-se o abacaxi. Cabe ressaltar ainda, que para a validação microbiológica, tanto o abacaxi minimamente processado quanto a salada de frutas foram obtidos pelo fornecedor com BPF.

Desta forma, a validação microbiológica estabeleceu-se em duas partes:

(i) repetição de todas as análises do item 4.2.4.1 para a salada de frutas e para o abacaxi minimamente processado em dois períodos: no segundo dia de fabricação e no último dia de validade para garantir a segurança microbiológica do produto.

(ii) inoculação de coliformes fecais e *Salmonella* spp em salada de frutas. A inoculação foi realizada com o objetivo de verificar o efeito da irradiação nestes microrganismos, dado que a ANVISA exige a ausência de ambos.

A preparação das amostras e as análises foram realizadas com base na AOAC (2011) e DOWNES et al. (2001).

4.2.5 Questionário com hospitais

Tomando-se por base a iniciativa da Hungria (IAEA, 2011) de realizar questionários em hospitais para tentar dimensionar a situação dos imunocomprometidos, foi criado e adaptado um questionário de 20 perguntas: “Questionário sobre as restrições alimentares e as práticas hospitalares para pacientes imunocomprometidos” (APÊNDICE A) para aumentar o conhecimento sobre a dieta e sobre os procedimentos utilizados para imunocomprometidos, considerando que não existe um guia oficial sobre o assunto no país.

Para tanto, as chefes de nutrição de um hospital particular e de um hospital público de São Paulo participaram respondendo os questionários.

4.2.6 Análise estatística

Os parâmetros das análises físico-químicas foram descritos de acordo com os tratamentos (doses de radiação e controle) com uso de média e desvio padrão e comparados por análise de variâncias (ANOVA), seguidos de comparações múltiplas de *Tukey* quando encontrada diferença significativa (NETER, et. al., 1996).

As análises sensoriais foram descritas segundo os tratamentos (doses de radiação e controle) e comparados por testes *Kruskal-Wallis* seguidos de comparações múltiplas de *Dunn* para verificar quais tratamentos diferiram entre si (NETER, et. al., 1996).

Para comparação das texturas de determinadas frutas minimamente processadas em relação à salada de frutas utilizou-se a ANOVA com controle do tratamento de irradiação. A mesma análise foi realizada para comparação dos parâmetros físico-químicos em abacaxi minimamente processados, embalagem PET e embalagem a vácuo.

Os testes foram realizados adotando-se o nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises físico-químicas

5.1.1 Cor

Os resultados obtidos para a análise colorimétrica estão apresentados na TAB. 6

TABELA 6 – Valores médios de análise colorimétrica em frutas minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama.

Fruta	Parâmetros	Dose					
		Controle	0,5 kGy	1,0 kGy	1,5 kGy	2,0 kGy	3,0 kGy
Banana	L*	78,0 ± 2,9 ^a	74,2 ± 5,7 ^a	74,4 ± 2,4 ^a	67,7 ± 3,3 ^b	64,9 ± 6,3 ^b	57,4 ± 6 ^c
	a*	1,3 ± 1 ^a	3 ± 1,5 ^b	2,4 ± 1 ^{ab}	4,6 ± 1,6 ^c	4,6 ± 1,4 ^c	6,9 ± 0,8 ^d
	b*	23,7 ± 2,4 ^a	26,1 ± 2,2 ^{ab}	28,1 ± 2,2 ^{bc}	27,6 ± 2,5 ^{bc}	29,1 ± 2,4 ^c	27 ± 3,1 ^{bc}
Mamão	L*	51,6 ± 6,5 ^a	51,2 ± 5,4 ^a	50,8 ± 5 ^a	52,4 ± 6,4 ^a	49,8 ± 6,7 ^a	48,4 ± 3,5 ^a
	a*	23,5 ± 3,4 ^a	24 ± 4,1 ^a	25,1 ± 3,5 ^a	22,6 ± 5,3 ^a	22,7 ± 4,6 ^a	25,2 ± 3,6 ^a
	b*	42 ± 4,9 ^a	40,9 ± 2,8 ^a	43,5 ± 5,5 ^a	40,5 ± 3,5 ^a	40,3 ± 5,2 ^a	41,8 ± 3,3 ^a
Melão	L*	65,4 ± 2,3 ^a	62,6 ± 3,2 ^{ab}	62,1 ± 2,8 ^{ab}	64,3 ± 4 ^a	63,4 ± 4,4 ^a	58,8 ± 3,6 ^b
	a*	-3,3 ± 1,1 ^a	-4,7 ± 2,5 ^a	-4,1 ± 1,4 ^a	-4,6 ± 2,1 ^a	-3,7 ± 1,1 ^a	-2,7 ± 1,1 ^a
	b*	11 ± 2,3 ^{ab}	14 ± 5,3 ^a	12,8 ± 2,4 ^{ab}	14 ± 4,6 ^a	11,4 ± 2,2 ^{ab}	9,4 ± 2,2 ^b
Maçã	L*	75 ± 2,2 ^a	73,2 ± 3,1 ^a	73,7 ± 1,2 ^a	75,2 ± 1,3 ^a	75 ± 1,4 ^a	73,8 ± 2,4 ^a
	a*	0 ± 0,5 ^a	0,6 ± 1,2 ^a	0,7 ± 0,4 ^a	-0,1 ± 0,5 ^a	0,1 ± 0,7 ^a	0,5 ± 0,8 ^a
	b*	28 ± 1,6 ^a	30,9 ± 2,4 ^b	30 ± 1,7 ^{ab}	27,8 ± 2,3 ^a	28,1 ± 2,3 ^a	29,5 ± 2,2 ^{ab}

Valores médios ± desvio padrão (n=12). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p<0,05).

Todas as frutas apresentaram uma tendência ao escurecimento com o aumento da dose, de acordo com os resultados de luminosidade (L*). Entretanto, apenas a banana e o melão apresentaram diferença estatisticamente significativa (p < 0,05).

As bananas minimamente processadas apresentaram média estatisticamente maior para as amostras do Controle, 0,5 kGy e 1 kGy quando comparadas às amostras de 1,5 kGy, 2,0 kGy e 3,0 kGy (p < 0,05). Já em melão o parâmetro L* foi em média estatisticamente menor para as amostras de 3 kGy, do que para amostras Controle, 1,5 kGy e 2 kGy (p < 0,05),

o que reforça uma tendência de escurecimento com o aumento da dose. Para a maçã e para o mamão, o parâmetro L^* foi em média estatisticamente igual entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Em relação à coordenada cromatográfica a^* , apenas as amostras de banana apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Tais amostras apresentaram uma tendência em direção à cor vermelha com o aumento da dose, sendo menores nos tratamento Controle, 0,5 kGy, e 1,0 kGy, quando comparadas às doses de 1,5 kGy, 2,0 kGy e 3,0 kGy ($p < 0,05$). Isto pode ser justificado por não ter sido realizado nenhum pré-tratamento antes da irradiação, bem como doses mais altas costumam causar uma maior quebra dos polissacarídeos de parede, ou ainda degradação de antocianinas, gerando um maior escurecimento.

Em contrapartida, a coordenada cromatográfica b^* só não apresentou diferenças estatisticamente significativas para os mamões minimamente processados ($p > 0,05$). Para as bananas, o parâmetro b^* foi menor para o grupo controle quando comparada aos demais grupos, com exceção do grupo irradiado na dose de 0,5 kGy ($p < 0,05$). Tal resultado evidencia uma ligeira perda da coloração amarela com o aumento da dose.

Em melões minimamente processados o parâmetro b^* foi menor para o grupo de 3 kGy quando comparados aos grupos de 0,5 kGy e 1,5 kGy. Ao passo que em maçãs do grupo de 0,5 kGy apresentaram média estatisticamente maior comparadas ao controle, 1,5 kGy e 2,0 kGy. Tais resultados indicam uma perda da cor amarela para as amostras de melão de 3,0 kGy, o que não é observado para as maçãs, que não apresentam diferença estatística para o grupo de maior dose ($p > 0,05$).

Os resultados da análise colorimétrica podem ser observados nas FIG. 8, 9 e 10.

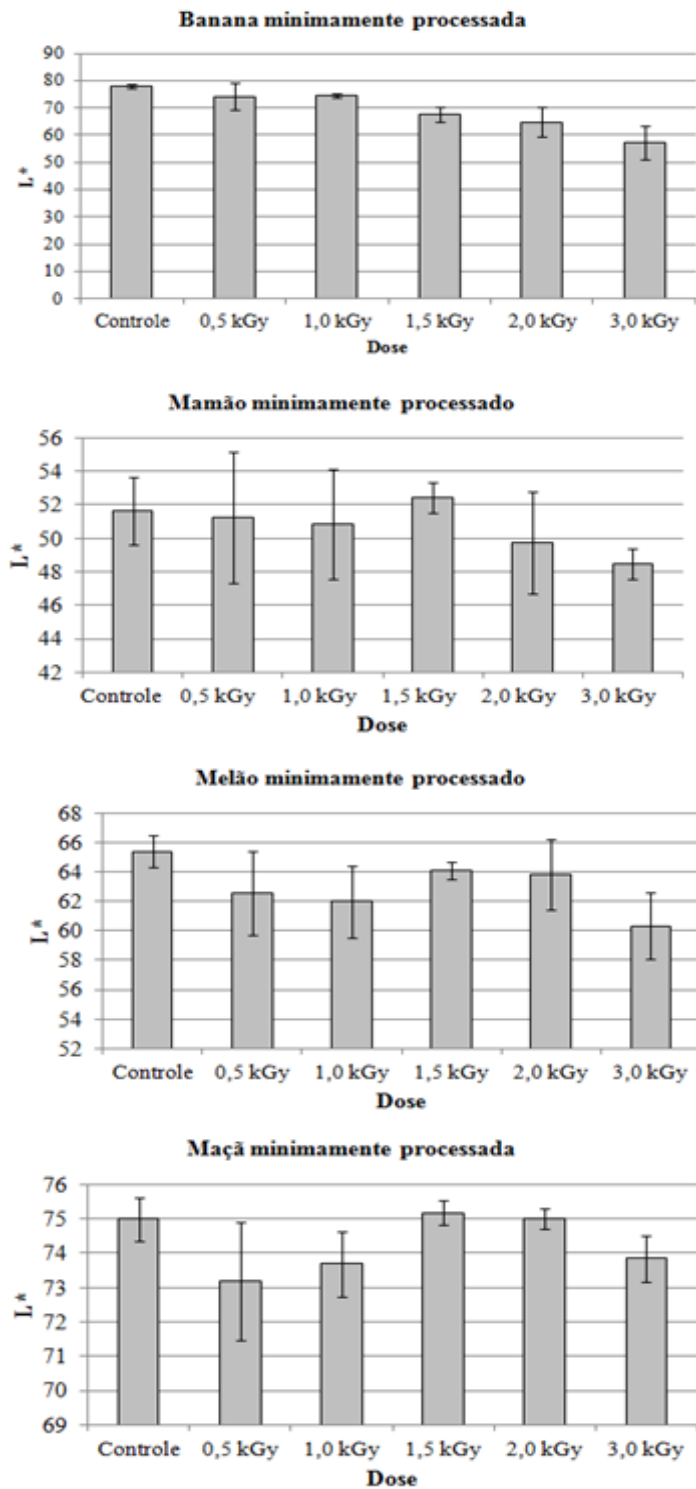


FIGURA 8 – Gráficos dos valores médios obtidos para o parâmetro luminosidade (L^*) referentes às análises colorimétricas em banana, mamão, melão e maçã minimamente processadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama

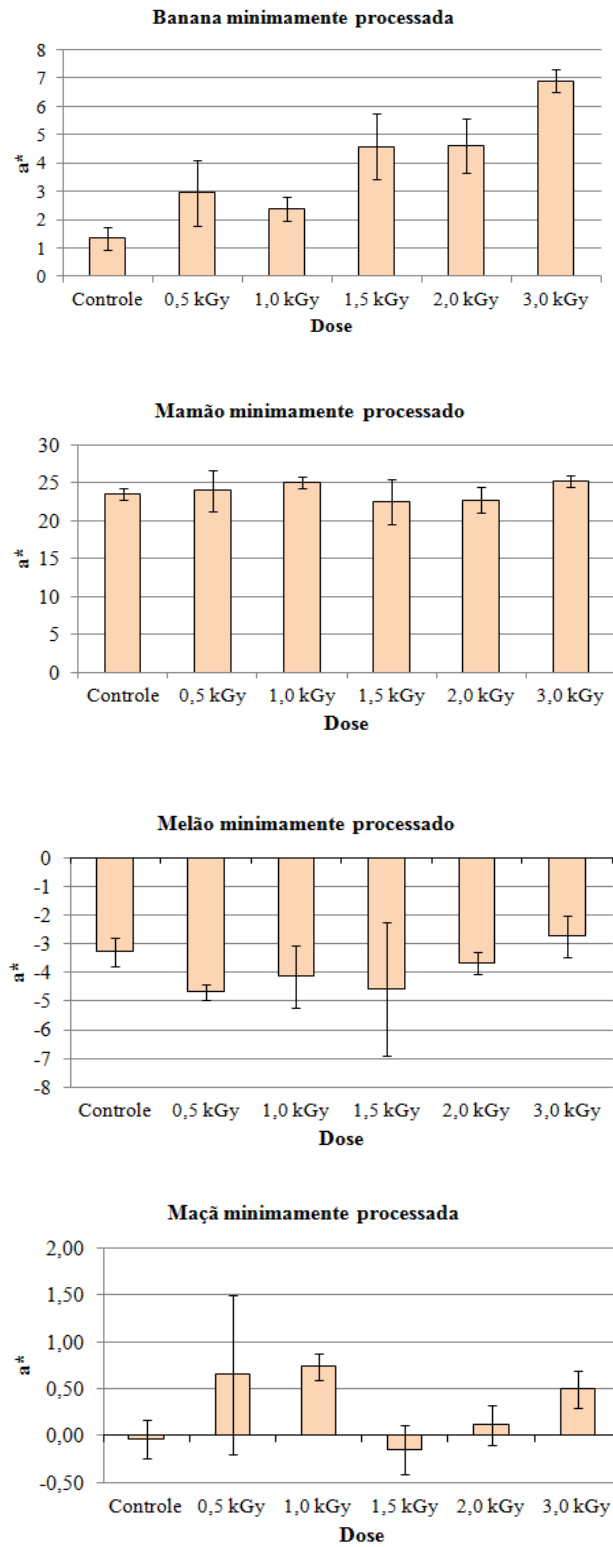


FIGURA 9 – Gráficos dos valores médios obtidos para a coordenada cromatográfica (a^*) referente às análises colorimétricas em banana, mamão, melão e maçã minimamente processadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama

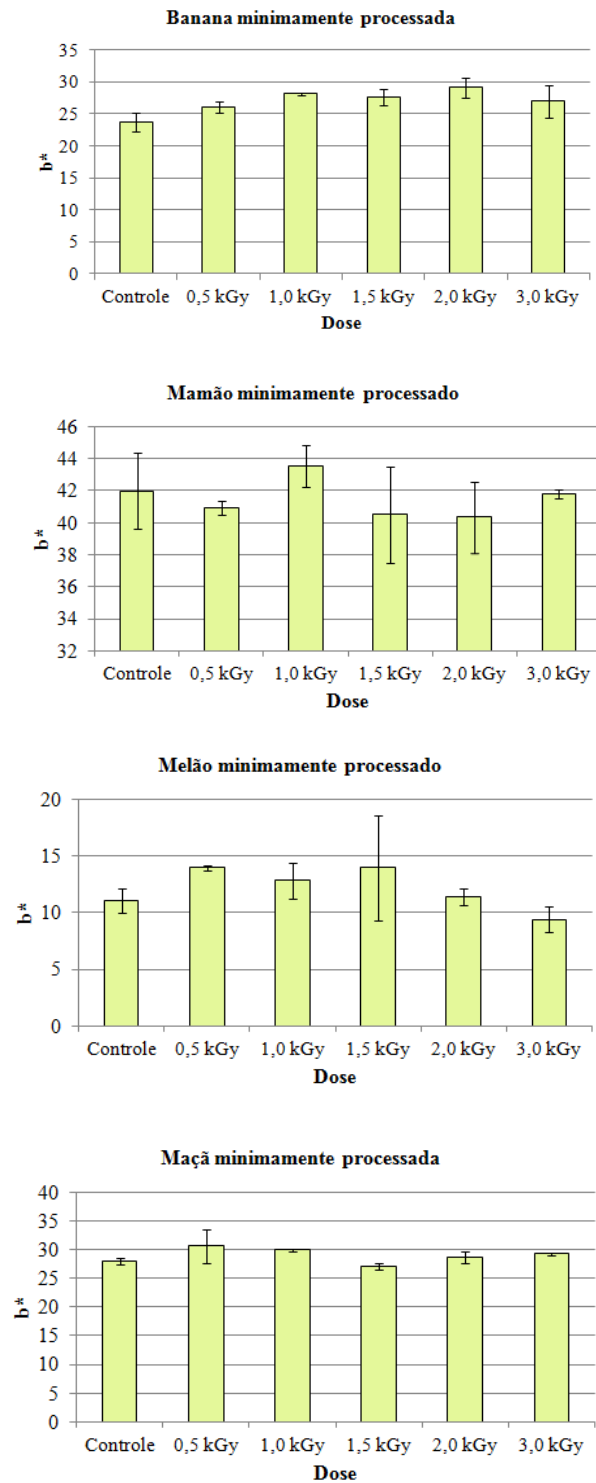


FIGURA 10 – Gráficos dos valores médios obtidos para a coordenada cromatográfica (b^*) referente às análises colorimétricas em banana, mamão, melão e maçã minimamente processadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama

Um fato observado foram as diversas oscilações nas medições que podem ser justificadas por pontos de maturação diferentes das frutas, bem como suas próprias características intrínsecas, que respondem diferentemente aos estímulos da irradiação (HUI, 2006). Pequenas oscilações podem gerar diferenças estatísticas, que não estão necessariamente relacionadas com o tratamento e sim, com as características da própria fruta (FABBRI, 2009).

ZAMAN et al. (2007) estudaram bananas irradiadas com doses de 0,3kGy, 0,4kGy e 0,5kGy e concluíram que todos os tratamentos ajudaram a atrasar o amadurecimento da banana por um período de 20 dias. De acordo com WALL (2007) a conversão de amido em açúcares durante o amadurecimento não foi prejudicada pela irradiação. O escurecimento em frutas frescas é um dos maiores problemas em minimamente processadas (QUEVEDO et al., 2009). D'INNOCENZO et al. (2001) conseguiram atrasar em dois dias o início do tempo de maturação de mamões irradiados a 0,5 kGy, sendo que estes mantiveram a cor, a firmeza e o teor de açúcares durante todo o período de armazenamento. PALEKAR et al. (2004) obtiveram resultados positivos para a textura e a cor de melões irradiados a 0,7 kGy e 1,4 kGy e embalados com atmosfera modificada.

Desta forma, apesar da coloração ter demonstrado um escurecimento gradativo com a utilização de doses mais altas, tal alteração não inviabiliza o consumo das mesmas. Considerando que o presente trabalho destina-se a imunocomprometidos que não consomem nenhum tipo de fruta, acredita-se que ligeiras alterações na cor, não seriam um problema para este público.

5.1.2 Textura

Os resultados obtidos para a textura das frutas minimamente processadas encontram-se apresentadas na TAB. 7. Nesta análise foram incluídas algumas frutas a mais para a verificação da firmeza, uma vez que alterações na composição da salada de frutas são frequentes por motivos de sazonalidade.

TABELA 7 – Valores médios de firmeza (N) em diversas frutas minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama

Fruta	Dose					
	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy	1,5 kGy	2,0 kGy	3,0 kGy
Banana	0,47 ± 0,12 ^a	0,4 ± 0,06 ^{ac}	0,39 ± 0,12 ^{ac}	0,27 ± 0,07 ^b	0,34 ± 0,07 ^{bc}	0,4 ± 0,08 ^{ac}
Mamão	0,25 ± 0,09 ^a	0,29 ± 0,07 ^a	0,3 ± 0,08 ^a	0,29 ± 0,08 ^a	0,22 ± 0,04 ^a	0,25 ± 0,07 ^a
Melão	1,12 ± 0,28 ^{ab}	1,27 ± 0,52 ^a	1,01 ± 0,19 ^{ab}	1,05 ± 0,37 ^{ab}	0,88 ± 0,19 ^b	0,9 ± 0,18 ^{ab}
Maçã	3,21 ± 0,61 ^a	3,22 ± 0,72 ^a	2,98 ± 0,54 ^a	2,78 ± 0,57 ^{ab}	2,2 ± 0,25 ^{bc}	1,9 ± 0,23 ^c
Pera	0,49 ± 0,14 ^a	0,41 ± 0,02 ^{ab}	0,45 ± 0,19 ^{ab}	0,37 ± 0,09 ^{ab}	0,27 ± 0,05 ^{ab}	0,22 ± 0,09 ^b
Uva	2,66 ± 0,92 ^{ab}	3,49 ± 0,43 ^{ab}	3,11 ± 0,76 ^{ab}	3,82 ± 0,86 ^a	2,19 ± 0,35 ^b	2,03 ± 0,54 ^b
Abacaxi	1,1 ± 0,51 ^a	0,8 ± 0,1 ^{ab}	0,53 ± 0,14 ^{ab}	0,62 ± 0,14 ^{ab}	0,7 ± 0,3 ^{ab}	0,47 ± 0,12 ^b
Melancia	0,49 ± 0,16 ^a	0,44 ± 0,05 ^a	0,49 ± 0,1 ^a	0,55 ± 0,08 ^a	0,6 ± 0,17 ^a	0,47 ± 0,12 ^a
Manga	0,43 ± 0,11 ^a	0,37 ± 0,13 ^a	0,37 ± 0,14 ^a	0,23 ± 0,05 ^a	0,25 ± 0,05 ^a	0,22 ± 0,11 ^a
Morango	0,91 ± 0,4 ^a	0,63 ± 0,38 ^a	0,61 ± 0,15 ^a	0,41 ± 0,11 ^a	0,43 ± 0,11 ^a	0,68 ± 0,2 ^a
Acerola	2,83 ± 0,39 ^a	2,38 ± 0,45 ^a	2,82 ± 0,43 ^a	2,33 ± 0,15 ^a	2,15 ± 0,49 ^a	2,5 ± 0,74 ^a

Valores médios ± desvio padrão (n=4). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p<0,05).

Apesar de algumas flutuações terem sido identificadas para acerola, morango, manga, melancia e mamão, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas em função da dose de radiação para estas amostras (p > 0,05), diferentemente das amostras de banana, melão, maçã, pera, uva e abacaxi.

Na TAB. 7 observa-se que a textura da banana em 1,5 kGy foi estatisticamente menor que quase todos os demais tratamentos (p < 0,05). Já o melão apresentou valores significativamente menores para o grupo de 2,0 kGy quando comparado ao de 0,5 kGy.

Em maçãs as doses mais altas (2,0 kGy e 3,0 kGy) causaram uma redução da firmeza quando comparados aos demais tratamentos. Em relação às peras e abacaxis foram identificados valores menores de firmeza quando submetidos à dose de 3,0 kGy e comparados ao controle (p < 0,05).

As amostras de uva mostraram-se estatisticamente mais firmes com a dose de 1,5 kGy ($p < 0,05$) quando comparada às doses de 2,0 e 3,0 kGy.

Nas FIG. 11, 12 e 13 são mostradas essas oscilações de firmeza nas frutas minimamente processadas.

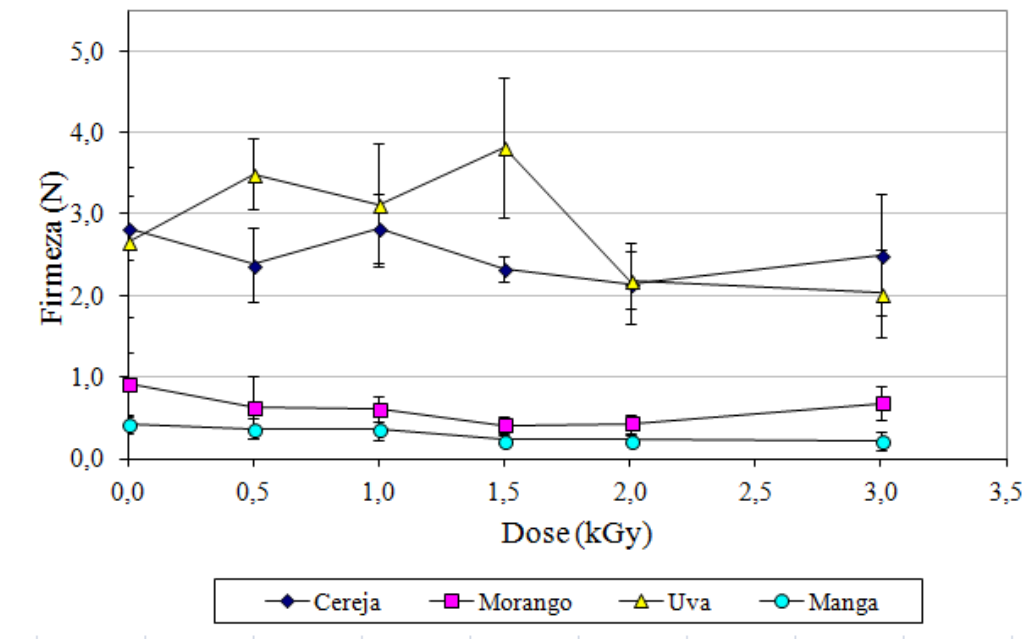


FIGURA 11 – Gráfico dos valores médios de firmeza (N) para cereja, morango, uva e manga minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama

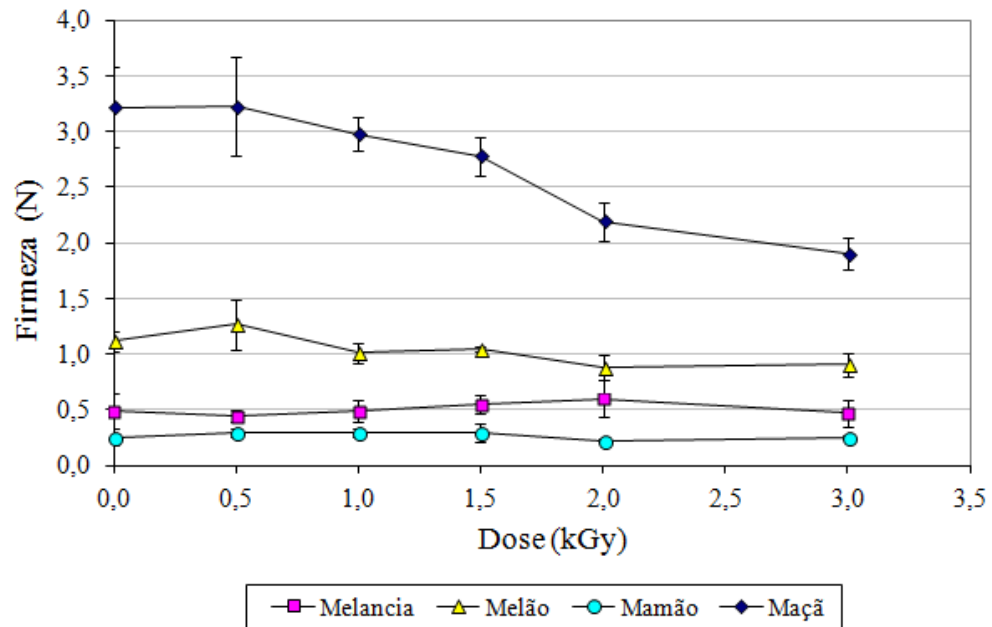


FIGURA 12 – Gráfico dos valores médios de firmeza (N) para melancia, melão, mamão e maçã minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama

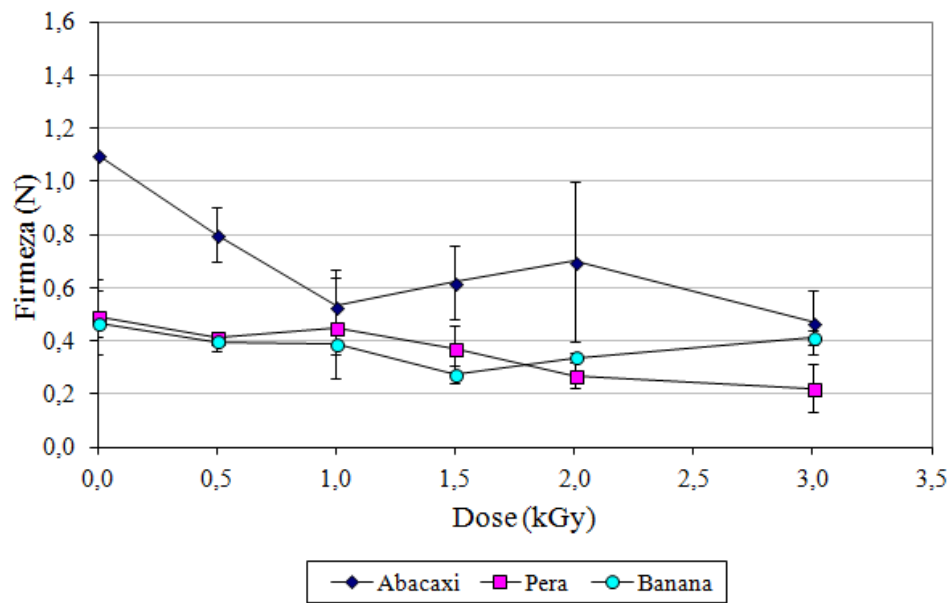


FIGURA 13 – Gráfico dos valores médios de firmeza (N) para abacaxi, pera e banana minimamente processadas submetidas a diferentes doses de radiação gama

Observando os resultados de firmeza das bananas minimamente processadas foi possível notar um maior amolecimento da superfície das fatias a partir das doses de 1,5 kGy. Entretanto, tal fato não se mantém com o aumento da dose, visto que as amostras submetidas a 3,0 kGy apresentaram-se mais firmes. Isso pode ser justificado pelos próprios fatores intrínsecos dos frutos que variam em função de seu ponto de maturação ou cultivar (FABBRI et al., 2012).

Quanto à textura das maçãs houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos de 2,0 e 3,0 kGy quando comparados aos demais tratamentos. Tal resultado também foi verificado por FABBRI et al. (2011) em um estudo de textura por 10 dias, em que as amostras de maçãs irradiadas a partir de 2,0 kGy apresentaram perda de firmeza. De acordo com HUI (2006) a investigação da influência da radiação sobre maçãs cortadas é fundamental para viabilizar esta tecnologia nos alimentos minimamente processados. Em uma pesquisa com as maçãs fatiadas, doses superiores a 0,34 kGy reduziram estatisticamente a firmeza das maçãs. Este fato foi justificado pelos autores para uma possível associação da irradiação com o aumento da pectina solúvel em água e diminuição do oxalato de pectina solúvel (GUNES et al., 2001).

De acordo com VILAS BOAS (2002), as alterações na pressão de turgor das células e nos teores de carboidratos de reserva, como o amido, bem como modificações dos constituintes da parede celular, levam a alterações na textura passíveis de serem detectadas pelo tato e até mesmo pela audição, no momento de uma mordida.

DRAKE et al. (1998) estudaram a irradiação em cerejas, damascos, pêssegos e não encontraram diferenças para cor e textura até 0,3 kGy, sendo encontradas pequenas alterações acima da dose de 0,6 kGy. Tal resultado diverge do presente estudo uma vez que cerejas não apresentaram alterações na firmeza, mesmo com doses de 3,0 kGy.

Já as amostras de uva, mostraram-se mais firmes com a dose de 1,5 kGy, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$) das amostras de 2,0 e 3,0 kGy. Tal fato pode ser atribuído à amostra e não necessariamente à dose de radiação. O uso de radiação proveniente de outras fontes tais como a empregada por FAVA et al. (2011) sugeriram a utilização da radiação

UV-C para descontaminação da uva em função do impacto baixo sobre as propriedades mecânicas de sua textura, mantendo a qualidade.

BIBI et al. (2006) ao realizarem análise sensorial e análise de textura em melão da variedade *Cucumis melo*, concluíram que doses de até 2,5 kGy mantêm as qualidades sensoriais e a firmeza dentro de limites aceitáveis durante os sete dias de armazenamento (5°C).

Sendo assim, os resultados obtidos no presente trabalho, possibilitaram uma maior gama de utilização de frutas que mantém a qualidade mesmo com doses de radiação mais altas. Desta forma, mesmo que a textura esteja “menos firme”, o fato de consumir uma salada de frutas, já proporcionaria uma sensação de bem estar, conforme DEMILLE et al. (2006). Segundo os autores, muitos pacientes identificaram o apetite e o peso como variáveis dentro de seu próprio controle, sendo a alimentação vista como uma área reconfortante na vida.

5.1.2.1 Análise comparativa de textura

Com o objetivo de verificar se poderia haver uma perda de firmeza das frutas pelo contato de uma com as outras, ou ainda, pela presença da água liberada pelos tecidos das frutas, foi realizada uma análise comparativa de textura: frutas minimamente processadas embaladas individualmente, comparadas com as mesmas frutas, porém, dentro de uma composição de salada de frutas.

Sendo assim, foram utilizados os resultados de firmeza de melão, maçã, manga e uva (item 5.1.2) e comparados com as frutas da composição da salada de frutas (melão, maçã, manga e uva).

Os resultados encontram-se apresentados na TAB. 8.

TABELA 8 – Valores médios de firmeza (N) para as frutas minimamente processadas comparadas com mesmas frutas na presença de outras (em uma salada de frutas), ambas submetidas a diferentes doses de radiação gama

Fruta	Dose					
	Controle		1,5 kGy		3,0 kGy	
	Minimamente Processada (individual)	Salada de Frutas (em contato com as outras frutas)	Minimamente Processada (individual)	Salada de Frutas (em contato com as outras frutas)	Minimamente Processada (individual)	Salada de Frutas (em contato com as outras frutas)
Melão	1,12 ± 0,09 ^a	0,93 ± 0,23 ^a	1,04 ± 0,03 ^a	0,92 ± 0,25 ^a	0,90 ± 0,11 ^a	1,15 ± 0,38 ^a
Maçã	3,22 ± 0,33 ^a	2,86 ± 0,86 ^{ab}	2,78 ± 0,17 ^{ab}	2,29 ± 0,67 ^{ab}	1,90 ± 0,14 ^b	2,30 ± 0,36 ^{ab}
Manga	0,43 ± 0,11 ^a	0,43 ± 0,07 ^a	0,23 ± 0,05 ^b	0,41 ± 0,09 ^a	0,22 ± 0,11 ^b	0,50 ± 0,16 ^a
Uva	2,66 ± 0,92 ^{ab}	2,30 ± 0,39 ^{ab}	3,82 ± 0,86 ^b	1,74 ± 0,32 ^a	2,03 ± 0,54 ^a	1,60 ± 0,62 ^a

Valores médios ± desvio padrão (n=4). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p<0,05).

De acordo com os resultados, mangas minimamente processadas dos grupos de 1,5kGy e 3,0kGy estavam menos firmes do que as mangas da salada de frutas com as mesmas doses (p < 0,05). Este resultado demonstra uma boa adaptação da manga na composição de salada de frutas.

Em relação aos melões minimamente processados, os valores não apresentaram diferenças estatísticas (p > 0,05) quando comparados em uma salada de frutas. A firmeza manteve-se constante e não foram observadas diferenças nas amostras controle e irradiada.

Por outro lado, as maçãs minimamente processadas e irradiadas tiveram sua firmeza reduzida quando comparadas às maçãs minimamente processadas no grupo controle (p < 0,05). Já as maçãs na salada de frutas não apresentaram alterações, mantendo a firmeza mesmo na presença de outras frutas, não apresentando diferença significativa.

Os resultados das uvas, tanto embaladas individualmente quanto na salada de frutas, mostraram uma diminuição da firmeza em ambos os casos, para a dose de 3,0 kGy.

Tal fato pode ser justificado pelo mix de frutas climatéricas (manga, melão e maçã) e não climatéricas (uva). O primeiro grupo continua a produzir o hormônio do etileno durante o processo de respiração (maturação). Ao passo que a uva, não produz e sofre mais a influência desse hormônio quando comparada às demais (FENNEMA et al., 2010). Este pode ser um fator colaborativo para essa perda de firmeza das uvas.

Sendo assim, os resultados desta análise de textura comparativa apesar de apresentarem algumas pequenas variações de valores (a maioria não foi significativa), demonstraram uma boa aplicação prática da irradiação na salada de frutas como um processo, conseguindo manter uma boa textura no produto pronto para o consumo.

5.1.3 pH, SST, ATT e Aa

Os resultados para os parâmetros físico-químicos de pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT) são apresentados na TAB. 9.

TABELA 9 – Valores médios das medições de pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável total (% ácido cítrico) em salada de frutas submetidas a diferentes doses de radiação gama

Parâmetro	Dose		
	Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
pH	4,3 ± 0,07 ^a	4,2 ± 0,01 ^b	4,2 ± 0,02 ^{ab}
SST (°Brix)	13,2 ± 0,1 ^a	12,9 ± 0,4 ^a	13,3 ± 0 ^a
Acidez titulável total (% de ácido cítrico)	7,6 ± 0,23 ^a	8,8 ± 0,018 ^b	8,2 ± 0,13 ^c

Valores médios ± desvio padrão (n=3). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p<0, 05).

O pH da salada de frutas foi estatisticamente menor em dose de 1,5 kGy quando comparado ao controle (p <0,05), porém este último não diferiu das amostras submetidas à 3,0 kGy. De acordo com MANICA et al. (2001), normalmente durante o amadurecimento há a diminuição da acidez com conseqüente aumento do pH. Entretanto, os valores que foram medidos neste trabalho, ocorreram em datas próximas à fabricação da salada de frutas (com o

objetivo de fornecimento imediato, e não extensão de *shelf-life*) e talvez por isso, não foram encontradas essas variações mencionadas pela literatura.

Apesar do pH representar um indicativo do tipo de microrganismo que vai se desenvolver em frutas minimamente processadas, a combinação de barreiras é importante e pode garantir maior segurança ao produto (BASTOS, 2007).

SANTOS et al., (2014) concluíram que houve um evidente decréscimo nos teores dos quatro ácidos avaliados ao longo do período de estocagem, evidenciando-se a perda do frescor das polpas de fruta. Com isso é necessário que o consumo desse produto seja o mais rápido possível, para que não haja perda dos nutrientes com um longo período de estocagem.

Ainda de acordo com os resultados apresentados na TAB. 9 não foram encontradas diferenças significativas para os resultados de sólidos solúveis totais em salada de frutas ($p > 0,05$). O teor de sólidos solúveis totais (SST), medido em °Brix, normalmente é feito com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, incluindo pectinas, sais e ácidos. Em geral, o teor de SST nos frutos aumenta com o amadurecimento, sendo os seus principais constituintes os açúcares solúveis. Entretanto, de acordo com os resultados desta análise não foi possível observar nenhuma alteração em função da dose de radiação (LIMA, 1997).

Em relação aos resultados de ATT, apesar de parecem extremamente próximos, encontraram-se diferenças estatísticas entre todas as doses estudadas ($p < 0,05$). As amostras do grupo controle se apresentaram mais ácidas, quando comparadas às amostras de 1,5 kGy e 3,0 kGy. Diferentemente de VANAMALA et al. (2007) que submeteram toranjas a doses de 0,15 e 0,3kGy e armazenaram a 10°C durante 36 dias, seguido por 20 dias adicionais em 20°C. Os autores verificaram que a irradiação ou armazenamento não resultaram em alterações consideráveis para sólidos solúveis totais, no entanto frutos expostos a dose 0,3 kGy apresentaram maior acidez em relação ao controle.

Notadamente, CASTRICINI et al. (2002) observaram que tomates submetidos ao processo de radiação apresentaram valores constantes de acidez durante a condução do experimento, permanecendo a amostra controle sempre com a maior porcentagem de ácido

cítrico, diferentemente deste trabalho em que a amostra de 3,0 kGy apresentou maior teor de ácido cítrico nas frutas.

Quanto à análise de atividade de água, os resultados encontram-se apresentados na TAB. 10.

TABELA 10 – Valores médios de atividade de água para frutas da composição da salada de frutas, submetidas a diferentes doses de radiação gama e analisadas a temperatura de 25°C

Fruta	Dose		
	Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Maçã	0,982 ± 0,0001 ^a	0,977 ± 0,0001 ^b	0,982 ± 0,0001 ^c
Melão	0,985 ± 0,0001 ^a	0,981 ± 0 ^b	0,983 ± 0,0003 ^c
Manga	0,981 ± 0,0001 ^a	0,983 ± 0 ^b	0,977 ± 0,0004 ^c
Uva	0,960 ± 0,0003 ^a	0,952 ± 0 ^b	0,964 ± 0,0003 ^c

Valores médios ± desvio padrão (n=4). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p < 0,001).

Para a maçã e para o melão, a atividade de água foi estatisticamente maior para as amostras do grupo controle do que para os demais grupos (p < 0,001). Já para a manga, a atividade de água foi estatisticamente maior em doses de 1,5 kGy que nos demais tratamentos (p < 0,001), com os valores das amostras do controle sendo maiores que as amostras submetidas à 3,0 kGy (p < 0,001). Em uvas, a atividade de água foi estatisticamente maior no grupo de 3,0 kGy que nos demais tratamentos (p < 0,001) e foi maior no grupo controle do que no grupo de 1,5 kGy (p < 0,001).

Todos os valores de atividade de água obtidos foram acima de 0,9. Segundo FENNEMA et al. (2010), valores acima de 0,9 podem formar de soluções diluídas com componentes dos alimentos que servirão de substrato para os microrganismos poderem crescer. Valores de atividade de água a partir de 0,85 já permitem a presença de *S. aureus*. Entretanto *Salmonella*, *E. Coli* e *Shigella* requerem uma Aa entre 0,98 – 0,99 (HUI, 2006).

Apesar de terem sido encontradas diversas diferenças estatísticas para todos os resultados dessa análise, deve-se considerar que não existiram mudanças efetivas nos

resultados, uma vez que tais diferenças podem ter sido detectadas mais pela precisão da análise estatística que identifica pequenas oscilações como diferenças, do que propriamente por alterações significativas nas frutas.

Sendo assim, pode-se considerar que os parâmetros pH, SST, ATT e Aa permaneceram constantes independente da dose de radiação aplicada.

5.1.4 Açúcares solúveis

Os resultados da análise de açúcares solúveis foram obtidos em cromatogramas, conforme é mostrado na FIG. 14, sendo posteriormente interpretados e tabulados, de acordo com o apresentado na TAB. 11.

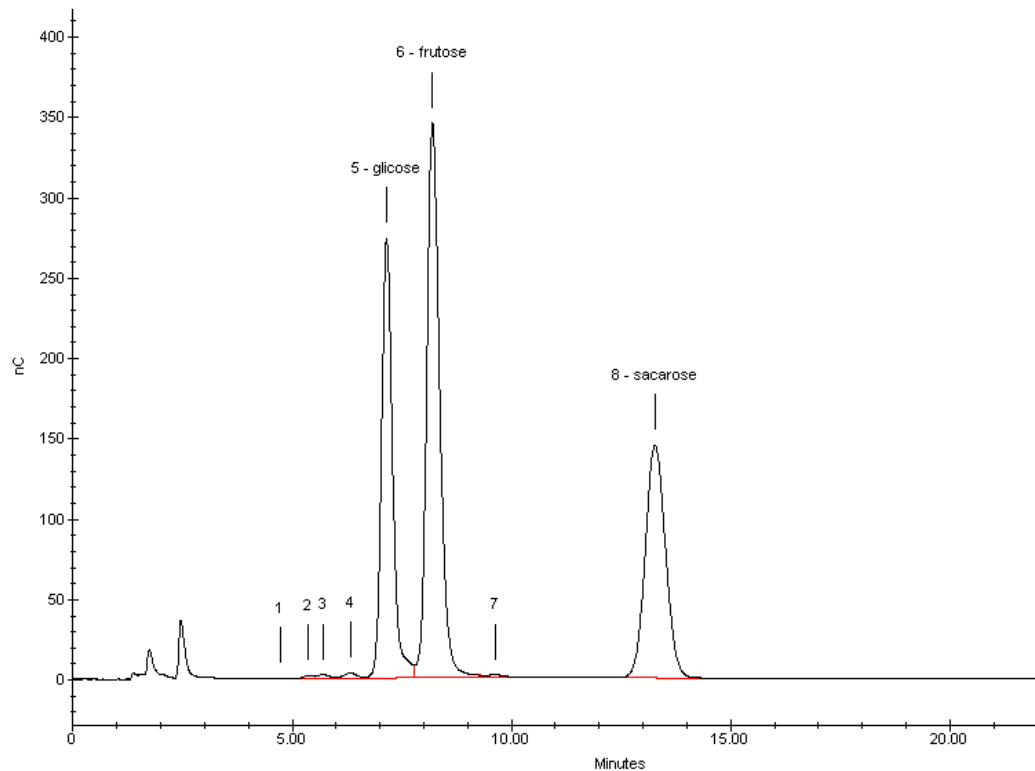


FIGURA 14 – Perfis cromatográficos por CLAE de açúcares solúveis (frutose, sacarose e glicose) para salada de frutas irradiada na dose de 1,5 kGy

TABELA 11 – Valores médios de açúcares solúveis para salada de frutas submetidas a diferentes doses de radiação gama

Açúcares Solúveis	Dose		
	Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Glicose (mg/g)	14,3 ± 0,3 ^a	13,2 ± 0,2 ^b	15 ± 0,5 ^a
Frutose (mg/g)	26,9 ± 0,5 ^a	27,9 ± 0,6 ^{ab}	29,8 ± 1,1 ^b
Sacarose (mg/g)	28,8 ± 0,6 ^a	27 ± 0,2 ^b	29,4 ± 0,9 ^a

Valores médios ± desvio padrão (n=3). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p<0,05).

Os resultados apresentam um decréscimo estatisticamente significativo dos valores de glicose e sacarose para as saladas de frutas tratadas com 1,5 kGy (p < 0,05). Ao passo que a frutose foi estatisticamente maior para o grupo de 3,0 kGy quando comparado ao controle (p < 0,05).

De acordo com BERNARDES-SILVA et al. (2003) e GOMEZ et al. (1999) a relação de frutose/glicose costuma ser equimolar em diversos frutos como banana, mamão e uva, em consequência da hidrólise da sacarose pelas invertases.

Entretanto, tal proporcionalidade entre a frutose e a glicose não foi observada neste trabalho, uma vez que os teores de frutose foram superiores aos de glicose. Tal fato já foi evidenciado por CRUZ et al. (2012) e, segundo esses autores, possivelmente ocorre em função da utilização da glicose como substrato durante a respiração das frutas ocasionando em conteúdos superiores de frutose e inferiores de glicose.

Segundo VILAS BOAS (2002) mesmo após a colheita, as frutas mantêm seu estado vivo em função de seu próprio metabolismo. A respiração aeróbica (glicose + oxigênio → energia + dióxido de carbono + água) consiste na oxidação de substratos, principalmente açúcares, ou seja, quanto maior a taxa respiratória das frutas, maior sua perecibilidade.

SUSHEELA et al. (1997) não encontraram nenhuma perda significativa de açúcar e de acidez em abacaxis irradiados a 0,15 kGy. KUBOLA et al. (2011) estudaram frutas típicas da Tailândia e concluíram que a soma de açúcares (sacarose, glicose, frutose e

galactose) variaram de 33 a 430 mg/g de fruta, sendo predominantemente formadas por glicose (variando 7,5 - 244 mg /g) e frutose (variando 5,3 -193 mg /g).

Estudos em açúcares solúveis já são reportados desde 1976 por GUTIERREZ et al. (1976), em que oito tipos de frutos maduros, manga bourbon (*Mangifera indica*), banana nanicão (*Musa cavendish*), limão galego (*Citrus aurantifolia*), romã (*Punica granatum*), laranja pera (*Citrus sinensis*), abacaxi amarelo (*Ananas comosus*), jabuticaba (*Myrciaria cantiflora*) e cabeludinha (*Eugenia tomentosa*) foram analisados quanto aos teores de carboidratos solúveis totais, glicose, frutose e sacarose. Nos diversos frutos estudados, aproximadamente 80% dos carboidratos solúveis totais foram constituídos por glicose, frutose e sacarose. A sacarose foi o açúcar predominante nos seguintes frutos: manga, jabuticaba, abacaxi, laranja e banana. O teor mais elevado em carboidratos solúveis totais (20,44%) foi encontrado para a banana.

Apesar de muitos autores referenciam métodos como principais causa de variações de resultados de açúcares em frutas, BUREAU et al. (2012) não identificaram alterações nos resultados do teor de açúcares quando utilizaram diferentes condições de preparo das amostras.

De acordo com FELLOWS (2006), os carboidratos são hidrolisados e oxidados a compostos mais simples e, dependendo da dose recebida podem ser despolimerizados, tornando-os mais susceptíveis à hidrólise enzimática. No entanto, o grau de utilização dos carboidratos não é alterado, não havendo assim, redução do valor nutricional.

Estudos indicam que a irradiação de alimentos pode produzir alterações nas características sensoriais do alimento, dependendo da dose aplicada (MARTINS et al., 2008). No entanto, em alguns casos, dependendo do vegetal, o processo pode ainda melhorar algumas características, como a doçura (DIEHL, 1995).

Considerando que a frutose possui um maior grau de doçura que a sacarose e que a glicose, as saladas de frutas irradiadas com doses de 3,0 kGy, apresentaram a tendência de ficar mais doces que as amostras controle, uma vez que a frutose foi encontrada em maior quantidade para este grupo.

5.1.5 Testes físico-químicos em abacaxis (alternativa para imunocomprometidos)

Conforme mencionado no item 4.2 foram iniciados paralelamente às análises de salada de frutas, alguns testes físico-químicos e microbiológicos em abacaxis, para maximizar a alternativa de fornecimento de ao menos uma fruta aos imunocomprometidos.

Sendo assim, os resultados físico-químicos são apresentados na TAB. 12.

TABELA 12 – Valores médios obtidos de análise de pH, textura e sólidos solúveis totais para abacaxis minimamente processados submetidos a diferentes doses de radiação gama.

Análise	Condições da amostra (embalagem)	Dose		
		Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Firmeza (N)	PET ¹	1,10 ± 0,40 ^a	1,50 ± 0,60 ^a	1,30 ± 0,50 ^a
	Vácuo ²	1,40 ± 0,70 ^a	1,60 ± 0,50 ^a	1,70 ± 0,40 ^a
pH	PET ¹	3,80 ± 0,01 ^a	3,80 ± 0,01 ^a	3,80 ± 0,01 ^a
	Vácuo ²	3,90 ± 0,02 ^a	4,00 ± 0,06 ^a	3,90 ± 0,06 ^a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	PET ¹	13,2 ± 0,30 ^a	12,3 ± 0,10 ^a	13,20 ± 0,40 ^a
	Vácuo ²	10,5 ± 0,10 ^a	13,8 ± 0,00 ^b	9,80 ± 0,10 ^c

Valores médios ± desvio padrão (n=3). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de Tukey (p < 0,05).

* Tanto as amostras de abacaxi em embalagem PET, quanto as amostras em embalagem a vácuo foram enviadas pelo fornecedor com BPF.

¹ Descrição da embalagem no item 4.2.

² Abacaxi embalado a vácuo (inteiro) cortado com auxílio de uma faca de aço inoxidável em cubos de 2cm x 2cm em laboratório para a realização das análises.

De acordo com a TAB. 12, não foram encontradas diferenças estatísticas para a textura e para o pH dos abacaxis, independente da embalagem (p > 0,05). Já os sólidos solúveis totais não apresentaram diferença estatística para as amostras de abacaxi da embalagem PET, ao passo que as amostras a vácuo sofreram uma oscilação, que provavelmente pode ser justificada pelas características da fruta e não do tratamento, uma vez que a alteração não obteve um comportamento gradativo em função do aumento de dose (HUI, 2006).

O abacaxi é uma fruta não climatérica da classe de produção de etileno baixa durante o processo de maturação ($0,1-1,0\mu\text{LC}_2\text{H}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$) e costuma apresentar bons resultados aos estímulos da irradiação (FENEMMA, 2010).

Desta forma, para efeitos comparativos foram selecionados os dados de textura de abacaxis minimamente processados acondicionados em sacos de PEBD, apresentados na TAB. 7, e comparados com os dados de textura da TAB. 12. Os resultados desta comparação são mostrados na FIG. 15.

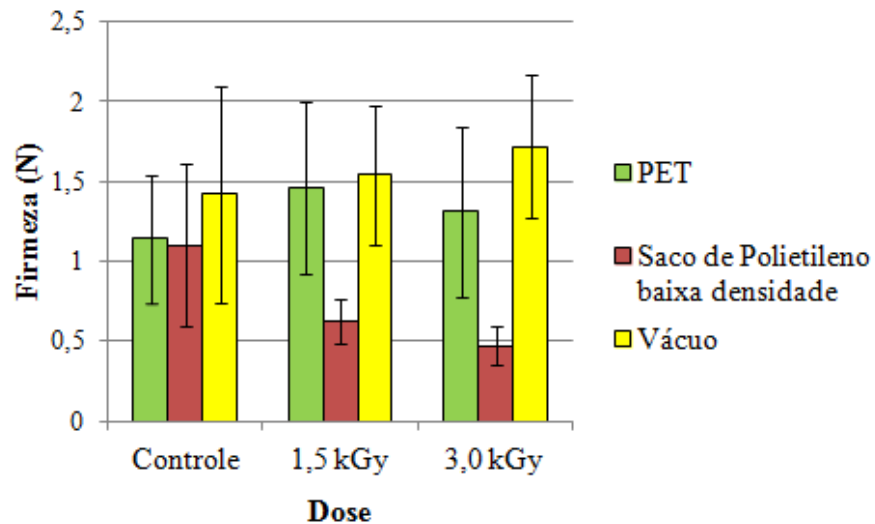


FIGURA 15 – Valores médios comparativos de firmeza (N) para abacaxis acondicionados em diferentes embalagens (PET, saco de PEBD e a vácuo) submetidos a diferentes doses de radiação gama

De acordo com os resultados, os abacaxis embalados em sacos de PEBD apresentaram firmeza reduzida quando comparados aos abacaxis embalados a vácuo e na embalagem PET.

Considerando que das três opções de embalagens comparadas, a única que se enquadraria ao público alvo do trabalho seria o abacaxi da embalagem PET, selecionou-se esta amostra para a realização da validação microbiológica, juntamente com a salada de frutas.

5.2 Análise sensorial

5.2.1 Teste de aceitação

Os resultados do teste de aceitação são apresentados na TAB. 13.

Apesar da diferença estatística encontrada para todos os parâmetros avaliados na análise sensorial de morangos ($p < 0,05$), os resultados foram muito favoráveis com médias superiores a 7,2.

Já as amostras de abacaxis irradiados não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação às amostras controle para todos os parâmetros estudados, apresentando médias entre 7,1 e 8,1.

As maçãs minimamente processadas não apresentaram diferenças estatísticas para o aroma, cor e aparência geral. Entretanto, para o parâmetro sabor, foram identificadas algumas diferenças entre as amostras de controle e 3,0 kGy ($p < 0,05$). Apesar desta diferença, todos os parâmetros demonstraram boa aceitação com médias entre 7 (gostei ligeiramente) e 6 (gostei pouco).

As bananas não apresentaram diferença estatística para qualquer parâmetro ($p > 0,05$), com médias entre 5 (não gostei/ nem desgostei) e 6 (gostei pouco) para o parâmetro de cor, enquanto que para o sabor, as médias ficaram entre 6,7 e 7,5.

Os melões minimamente processados obtiveram resultados médios entre 8 (gostei moderadamente) e 6 (gostei pouco), com diferença estatística entre os grupos controle e os irradiados com doses de 3,0 kGy para os parâmetros sabor e aparência geral. Ao passo que os mamões minimamente processados só apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) para o parâmetro sabor quando comparados aos grupos de amostras controle com o grupo de 1,5 kGy.

Os resultados deste estudo estão de acordo com BANDEKAR et al. (2003) que não observaram alterações significativas na aparência, cor, textura, aroma, sabor e aparência geral de abacaxis submetidos a doses de 2,5 kGy.

TABELA 13 – Valores médios obtidos para o teste de aceitação em frutas minimamente processadas (morango, abacaxi, maçã, banana, melão, mamão) submetidas a diferentes doses de radiação gama

Fruta	Parâmetro	Dose		
		Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Morango	Cor	8,2 ± 1,3 ^{ab}	8,6 ± 0,8 ^a	7,7 ± 1,5 ^b
	Sabor	7,7 ± 1,4 ^{ab}	8,1 ± 1,4 ^a	7,2 ± 1,5 ^b
	Aroma	7,8 ± 1,4 ^{ab}	8,2 ± 1,1 ^a	7,5 ± 1,4 ^b
	Aparência geral	8,0 ± 1,3 ^a	8,4 ± 0,8 ^a	7,4 ± 1,4 ^b
Abacaxi	Cor	7,9 ± 1,6 ^a	8,1 ± 1,2 ^a	8,0 ± 1,3 ^a
	Sabor	7,6 ± 1,5 ^a	7,3 ± 2,2 ^a	7,1 ± 2,2 ^a
	Aroma	7,5 ± 1,5 ^a	7,4 ± 2,0 ^a	7,2 ± 1,9 ^a
	Aparência geral	7,6 ± 1,6 ^a	7,6 ± 2,1 ^a	7,5 ± 1,7 ^a
Maçã	Cor	7,0 ± 1,4 ^a	7,0 ± 1,8 ^a	6,5 ± 1,7 ^a
	Sabor	7,4 ± 1,3 ^a	6,5 ± 2,2 ^{ab}	6,4 ± 1,8 ^b
	Aroma	6,4 ± 2,0 ^a	6,4 ± 2,0 ^a	6,3 ± 1,9 ^a
	Aparência geral	7,1 ± 1,3 ^a	6,7 ± 2,0 ^a	6,3 ± 1,7 ^a
Banana	Cor	5,9 ± 2,0 ^a	6,0 ± 2,1 ^a	5,1 ± 2,1 ^a
	Sabor	7,5 ± 1,5 ^a	6,8 ± 2,0 ^a	6,7 ± 2,0 ^a
	Aroma	7,2 ± 2,1 ^a	6,8 ± 2,0 ^a	6,4 ± 2,1 ^a
	Aparência geral	6,5 ± 1,9 ^a	6,4 ± 1,8 ^a	5,7 ± 2,1 ^a
Melão	Cor	8,3 ± 0,9 ^a	8,2 ± 1,3 ^a	8,1 ± 1,1 ^a
	Sabor	7,9 ± 1,6 ^a	7,1 ± 2,0 ^b	6,1 ± 2,3 ^b
	Aroma	7,6 ± 1,7 ^a	7,4 ± 1,6 ^a	7,1 ± 1,6 ^a
	Aparência geral	8,2 ± 1,1 ^a	7,5 ± 1,8 ^{ab}	7,2 ± 1,7 ^b
Mamão	Cor	7,7 ± 1,6 ^a	7,2 ± 1,9 ^a	7,3 ± 2,0 ^a
	Sabor	7,5 ± 1,7 ^a	6,4 ± 2,0 ^b	6,9 ± 2,2 ^{ab}
	Aroma	7,7 ± 1,6 ^a	7,1 ± 1,9 ^a	7,2 ± 1,9 ^a
	Aparência geral	7,4 ± 1,8 ^a	6,6 ± 2,1 ^a	7,0 ± 2,3 ^a

Valores médios ± desvio padrão de morango e abacaxi (n=46); maçã e banana (n=41); melão e mamão (n=39). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn (p<0,05).

De acordo com AZEREDO (2012), muitos testes químicos podem ser feitos para medir o grau de oxidação, mas a medida mais confiável ainda é a sensorial (AZEREDO, 2012). O escurecimento de frutas frescas é um dos maiores problemas de frutas minimamente processadas (QUEVEDO et al., 2009). Entretanto os resultados deste trabalho foram considerados extremamente satisfatórios, obtendo boa aceitação para todas as frutas de todos os tratamentos.

MARTINS et al. (2008) obtiveram boa aceitação para as amostras de abacaxi e melancia irradiadas até a dose de 2,5 kGy, não apresentando diferença estatística entre as amostras controle e as irradiadas.

Segundo FELLOWS (2006) os compostos aromáticos voláteis também são produzidos pela ação do calor, da radiação ionizante, da oxidação ou da atividade enzimática em proteínas, gorduras e carboidratos. Entretanto, ao analisar os comentários obtidos da análise sensorial (APÊNDICE B), percebe-se que muitos provadores não conseguiram identificar os aromas das frutas. Tal fato foi relatado para os abacaxis dos grupos controle, com doses de 1,5 kGy e 3,0 kGy, para os morangos e as maçãs do grupo controle e 1,5kGy, bananas do grupo 3,0 kGy e para as amostras de melão com dose de 1,5 kGy.

Entretanto, apesar dos comentários em relação ao aroma, a média dos resultados da análise sensorial para este parâmetro variou de 6,2 a 8,4 para todas as frutas, demonstrando aceitabilidade independente do tratamento.

Em relação à textura, surgiram comentários como “mais mole”, “fruta passada” e “textura macia” para amostras de morango, mamão e maçã submetidas a dose de 3,0 kGy. Contudo, quando a textura destas frutas foi analisada em texturômetro (TAB. 7), apenas a maçã apresentou diferença estatística para a dose de 3,0 kGy.

Quanto ao sabor, as amostras de banana de 1,5 kGy e 3,0 kGy e maçãs de 1,5 kGy foram descritas como “mais doces” que as demais. Tal fator corrobora com os resultados de açúcares apresentados no item 5.1.4.

Desta forma, os resultados sensoriais obtidos encontram-se em conformidade com a literatura e com os outros resultados deste trabalho.

5.2.2 Degustação

Os resultados da degustação de abacaxi minimamente processados realizados no IBCC e no HC são mostrados na FIG. 16.

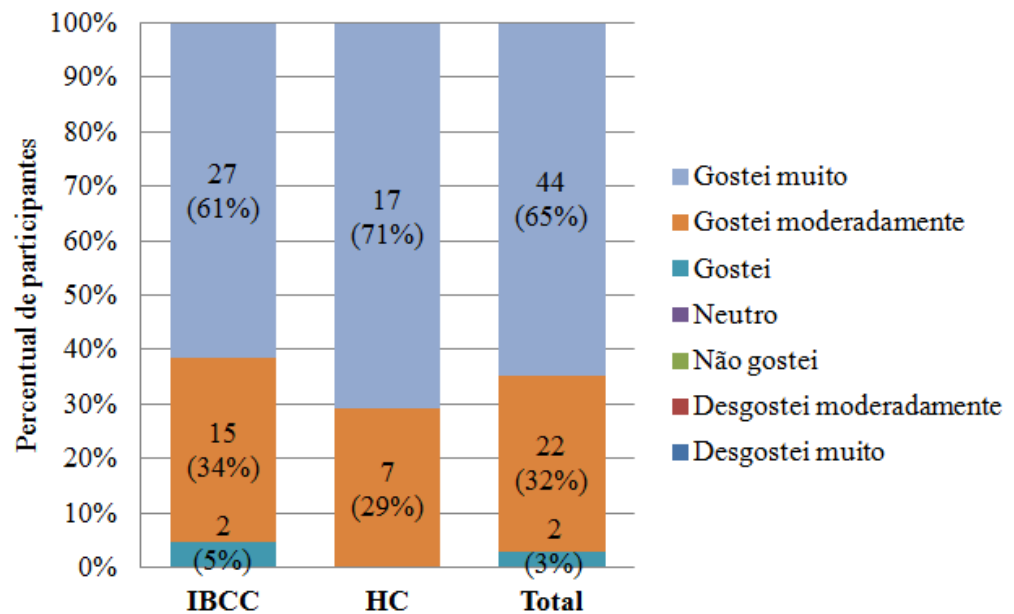


FIGURA 16 – Resultados da degustação sensorial de abacaxis minimamente processados submetidos à dose de radiação de 3,0 kGy, realizada no IBCC (n=44) e no HC (n=24).

Os resultados do teste de aceitação foram extremamente positivos. Tanto no IBCC quanto no HC, nenhum participante opinou negativamente e, além disso, só foram descritos aspectos positivos sobre as propriedades dos abacaxis (TAB. 14). Dos participantes do IBCC, 61% gostaram muito, 34% gostaram moderadamente e 5% simplesmente gostaram. Igualmente aos resultados do HC em que 71% gostaram muito e 29% gostaram.

Em relação à pesquisa de intenção de compra realizada no HC, 98% dos participantes comprariam o produto se o mesmo fosse comercializado no mercado e 2% não responderam. Já no IBCC, 63,6% comprariam e 36,4% não responderam à pergunta. Em ambos locais, nenhum participante assinalou a opção “não compraria”, o que indica que a grande maioria compraria o produto se o mesmo fosse comercializado no mercado.

TABELA 14 – Comentários dos provadores do HC e IBCC em degustação sensorial de abacaxis minimamente processados submetidos à dose de 3,0 kGy.

Local	Número de comentários	Comentários
	3	Muito bom
	1	Bom
	1	Doce
IBCC	1	Mais doce e menos ácido
	1	Perfeito (sabor)
	1	Aparência mais saudável
	1	Preservação da saúde
	1	Ótimo sabor, aparência e textura
HC	1	Não notei diferença para o não irradiado
	1	Todas as características normais

ROSADO et al. (2008) realizaram uma pesquisa para ver o consumo e a aceitação da salada de frutas e obtiveram o resultado de que aproximadamente 80% dos entrevistados consomem salada de frutas caseira e apenas 20% não possuem esse hábito. Dos 20% que não consomem esse tipo de produto, os principais motivos são: não gostam de preparar (61,5%) e não gostam desse tipo de alimento (38,5%). De acordo com o trabalho, em geral, os consumidores de salada de frutas caseira utilizam, no seu preparo, diversos tipos de frutas, especialmente: banana (87,2%), laranja (86,2%); maçã (63,5%); mamão (56,1%) e abacaxi (41,4%). Os autores concluíram que a salada de fruta pronta para o consumo tem indicativos promissores, visto que 70% dos entrevistados teriam interesse na compra do produto.

Tomando-se por base as informações anteriores, é evidenciada a preferência por uma das sobremesas preferidas do brasileiro, a salada de frutas. Desta forma, cresce a importância de se garantir um produto seguro microbiologicamente, em vista da limitação no consumo de alimentos frescos que os imunocomprometidos possuem.

5.3 Análises microbiológicas

5.3.1 Análises microbiológicas iniciais para definição de dose de radiação

Nas análises microbiológicas, vários testes foram realizados para atingir os limites microbiológicos mínimos necessários, e desta forma, a dose de radiação para atingir o objetivo do trabalho.

Inicialmente, tomando-se por base alguns resultados físico-químicos foram selecionadas as doses de 0,5 kGy e 1,0 kGy para a realização de análises de contagem total de aeróbios, bolores e leveduras. Os resultados obtidos são mostrados na FIG. 17.

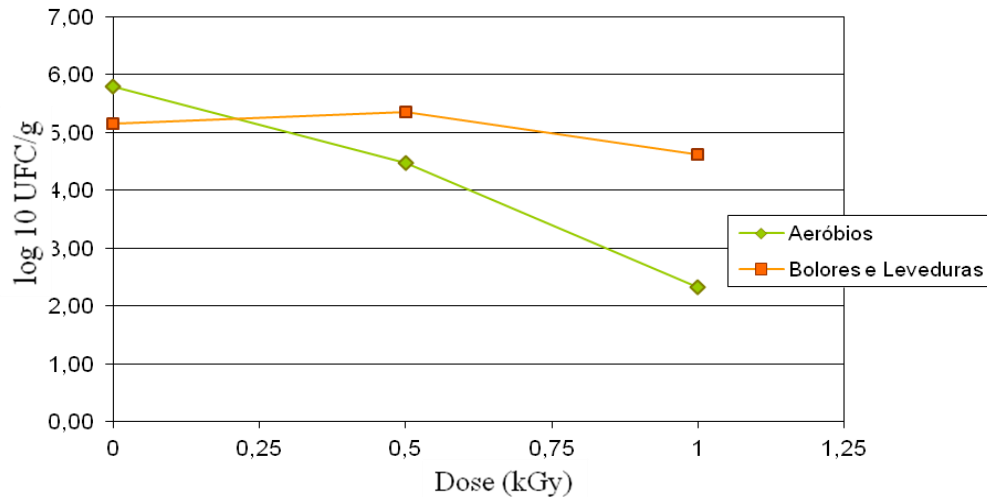


FIGURA 17 – Análise microbiológica em salada de frutas adquirida no varejo e submetidas às doses de 0,5 kGy e 1,0 kGy.

Os resultados dos testes microbiológicos indicaram uma redução de 1 ciclo logarítmico para o tratamento com dose de 0,5 kGy na contagem de bactérias totais e uma melhor redução (3 logs) com a dose de 1,0 kGy.

Entretanto, para bolores e leveduras, as amostras tratadas com a dose de 0,5 kGy mantiveram-se na mesma casa decimal e com 1,0 kGy apresentaram redução de apenas 1 ciclo logarítmico.

A legislação RDC n. 12 (ANVISA, 2001) não estabelece limites para contagem total ou bolores e leveduras nas frutas e vegetais frescos ou preparados. Essa microbiota, entretanto, participa ativamente da deterioração das frutas e hortaliças e sabe-se que os vegetais minimamente processados são, em geral, mais perecíveis do que as matérias-primas. Isso acontece em função da presença de tecidos lesados e, também, em razão do maior teor de umidade nas embalagens fechadas (SANTOS et al. 2010).

De acordo com a RDC n. 12 (ANVISA, 2001) para frutas frescas processadas a exigência é ausência em 25 gramas de *Salmonella* e tolerância de 5×10^2 coliformes a 45°C/g . Entretanto para imunocomprometidos, existe um item específico na RDC, que determina ausência para coliformes; ausência para *Salmonella*; e os limites de: 5×10 bolores e leveduras/g e 10 *estaf. coagulase* positiva/g.

Sendo assim, novos testes foram necessários para atingir a redução microbiológica satisfatoriamente, tendo em vista a legislação dos imunocomprometidos. De acordo com os resultados físico-químicos as doses até 3,0 kGy mantiveram as propriedades organolépticas. Portanto, doses acima de 1,0 kGy e abaixo de 3,0 kGy foram testadas, desta vez em salada de frutas do fornecedor com BPF. Os resultados estão apresentados na TAB. 15.

TABELA 15 – Resultados obtidos para a análise microbiológica em salada de frutas obtidas do fornecedor e submetidas a diferentes doses de radiação gama

Dose	Aeróbios UFC/g	<i>S.aureus</i> UFC/g	Leveduras UFC/g	Bolores UFC/g	Coliformes Totais	<i>E. Coli</i>
Controle	$1,87 \times 10^4$	$3,95 \times 10^2$	5×10^1	$2,5 \times 10^2$	ND	ND
1,5 kGy	5×10^1	$2,5 \times 10^1$	5×10^1	8×10^2	ND	ND
2,0 kGy	2×10^1	ND	$4,5 \times 10^1$	5×10^1	ND	ND
3,0 kGy	ND	ND	6×10^1	$4,5 \times 10^1$	ND	ND

* UFC: Unidades Formadoras de Colônias.

** Não detectada (ND) nos limites estabelecidos RDC nº12, item 1B: <3 para coliformes totais e *E. Coli*; < 1×10 para aeróbios; < 1×10^2 para *E. coagulase* positiva; < 1×10^2 para bolores e leveduras.

As amostras de salada de frutas controle apresentaram $1,87 \times 10^4$ UFC de aeróbios/g de salada de frutas. Ao passo que as amostras de 3,0 kGy obtiveram redução de 4 ciclos logarítmicos para aeróbios, apresentando ausência destes microrganismos.

Tal resultado era esperado visto que os testes realizados com doses de 1,0 kGy já haviam reduzido 3 ciclos logarítmicos. Além disso, de acordo com a IAEA (2011) pesquisadores da Hungria obtiveram dados similares para frutas frescas processadas submetidas às doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy 1,5 kGy e 2,0 kGy. Houve uma redução de 3 ciclos logarítmicos em amostras tratadas com 2,0 kGy. Sendo assim, os resultados do presente trabalho está de acordo com os estudos na área, em que doses de 3,0 kGy se mostraram eficazes para eliminação de aeróbios da salada de frutas.

Em relação à análise de *S. aureus*, as amostras controle apresentaram $3,95 \times 10^2$ UFC/g. Quando submetidas a 1,5 kGy obtiveram uma redução de 2 ciclos logarítmicos, e a partir da dose de 2,0 kGy não foi detectada a presença de *S. aureus*. Apesar de não constar nenhuma exigência referente a este microrganismo na legislação, este resultado foi considerado importante porque a radiação demonstrou ser uma alternativa potencial para sua eliminação. Tal aspecto é requerido pelas empresas por indicar um fator de qualidade nas boas práticas de fabricação, que no caso de imunocomprometidos, é fundamental.

Para as análises de leveduras, foram encontrados os valores de 5×10^1 UFC/g de salada de fruta para as amostras dos grupos controle e 1,5 kGy, oscilando para $4,5 \times 10^1$ UFC/g para o grupo de 2,0 kGy e $6,0 \times 10^1$ UFC/g para o grupo de 3,0 kGy. Tais resultados estão de acordo com a IAEA (2011), em que doses de 2,0 kGy obtiveram valores aproximados às amostras controle. Tal fato se deve, principalmente, às leveduras serem mais radioresistentes. Os valores obtidos estão próximos aos limites estabelecidos pela ANVISA (2001).

No que concerne à análise de bolor, foram encontrados os valores de $2,5 \times 10^2$ UFC/g de salada de fruta para as amostras controle com redução de 1 ciclo logarítmico a partir do grupo de 2,0 kGy.

Todas as amostras de salada de frutas estavam de acordo com o estabelecido pela ANVISA (2001), não sendo detectada a presença de coliformes totais e *E.Coli* para todos os tratamentos submetidos. Tal resultado indica uma boa qualidade do produto, visto que as amostras controle também não estavam contaminadas.

Desta forma, com base nos resultados microbiológicos, foi selecionada a dose de trabalho de 3 kGy para atingir os objetivos propostos.

5.3.2 Análises microbiológicas com dose estabelecida

Os resultados para as análises microbiológicas encontram-se apresentados na TAB. 16.

TABELA 16 – Resultados obtidos para análise microbiológica em salada de frutas obtidas do fornecedor e submetidas à dose de 3,0 kGy.

Lote	Grupo	Aeróbios UFC/g	<i>S.aureus</i> UFC/g	Bolores e Leveduras UFC/g	Coliformes Totais NMP/g	<i>E. Coli</i> NMP/g	<i>Salmonella</i> 25g
1	Controle	5 x 10	ND	1,5 x 10 ³	ND	ND	Ausência
	3,0 kGy	ND	ND	ND	ND	ND	Ausência
2	Controle	1 x 10 ⁴	ND	2,2 x 10 ⁴	ND	ND	Ausência
	3,0 kGy	ND	ND	ND	ND	ND	Ausência
3	Controle	4 x 10	ND	1,1 x 10 ³	ND	ND	Ausência
	3,0 kGy	ND	ND	ND	ND	ND	Ausência

NMP: Número mais provável; UFC: Unidades formadoras de colônias.

* Não detectada (ND) nos limites estabelecidos RDC nº12, item 1B: <3 para coliformes totais e *E.Coli* <1x10 para aeróbios; <1x10² para *E. coagulase* positiva; <1x10² para bolores e leveduras.

As análises foram realizadas em lotes diferentes para verificar as possíveis variáveis de contaminação, simulando o fornecimento da salada de frutas em uma situação real: foram utilizadas saladas de frutas prontas para o consumo (do fornecedor que só trabalha com frutas); a empresa entregou as amostras (mantidas refrigeradas em caminhão frigorífico

até a chegada ao Instituto) e foram imediatamente irradiadas para serem analisadas no dia seguinte.

Os resultados apresentados foram bem satisfatórios, dado que novamente não foi detectada a presença de coliformes e *estaf. coagulase* positiva (*S. aureus*) (nem nas amostras controle), o que continua indicando as boas práticas de fabricação da empresa.

A presença de coliformes nos alimentos é de grande importância para a confirmação de contaminação durante o processo de fabricação. Segundo FRANCO et al. (1996), os microrganismos indicadores são grupos ou espécies que, quando presentes em um alimento, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação fecal, sobre a presença de patógenos ou sobre a degradação de um alimento, além de poder indicar que o processamento, a conservação ou o armazenamento ocorreram em más condições sanitárias.

5.3.3 Validação microbiológica

5.3.3.1 Inoculação

De acordo com o cronograma inicial (item 4.2.4.2) após a realização de várias análises microbiológicas, estabeleceu-se a inoculação de dois microrganismos – *Salmonella* e Coliformes fecais. A escolha baseou-se em resultados apresentados na TAB. 16 (ausência de *Salmonella* e não detecção de coliformes, ou seja, baixa/ nenhuma contaminação) para verificar se no caso de um surto de contaminação a irradiação seria efetiva ou não. Além disso, essa decisão visa atender a exigência da RDC nº 12 (ANVISA, 2001) para “frutas minimamente processadas” que determina ausência de *Salmonella* e valores de coliformes totais abaixo de 5×10^2 (coliformes/grama).

Os resultados estão apresentados na TAB. 17.

TABELA 17 – Resultados microbiológicos de salada de frutas provenientes do fornecedor, e inoculadas com coliformes fecais e *Salmonella*, sendo analisadas antes e após a irradiação na dose de 3,0 kGy

Lote	Condição	Coliformes Totais NMP/g	<i>Salmonella</i> 25g
1	Amostras antes da irradiação	ND	Ausência
	Amostras inoculadas	2,1x10 ⁶	Presença
	Amostras inoculadas e irradiadas (3,0 kGy)	ND	Presença
2	Amostras antes da irradiação	ND	Ausência
	Amostras inoculadas	1,1x10 ⁶	Presença
	Amostras inoculadas e irradiadas (3,0 kGy)	ND	Presença
3	Amostras antes da irradiação	ND	Ausência
	Amostras inoculadas	1,1x10 ⁶	Presença
	Amostras inoculadas e irradiadas (3,0 kGy)	ND	Presença

.* NMP: Número Mais Provável. Não detectado (ND) nos limites estabelecidos RDC nº12, ANVISA (2001).

Segundo os resultados apresentados na TAB. 17 a irradiação na dose de 3,0 kGy foi eficaz para eliminar os coliformes fecais de todas as amostras analisadas. Entretanto, no caso de um surto elevado de *Salmonella*, a dose aplicada não seria eficaz. A ausência de *Salmonella* é uma exigência e sua presença no alimento pode levar a óbito. Os resultados obtidos foram apenas indicativos para abordar todos os aspectos necessários ao conhecimento do produto. A dose não foi aumentada para garantir uma “possível” eliminação desse microrganismo, uma vez que tal mudança provavelmente inviabilizaria a comercialização da salada de frutas (amolecimento dos tecidos). A literatura recomenda a aplicação de 10 kGy para reduzir o número de microrganismos viáveis, eliminando patógenos não formadores de esporos como a *Salmonella* spp em alimentos (GAVA et al., 2008).

5.3.3.2 Repetição de análises microbiológicas em salada de frutas e verificação de alternativa de consumo: abacaxis minimamente processados

Os resultados das análises microbiológicas para a validação em salada de frutas, bem como a análise microbiológica para os abacaxis minimamente processados são apresentados nas TAB. 18 e 19.

TABELA 18 - Resultados da validação microbiológica em salada de frutas obtidas do fornecedor e submetidas à dose de 3 kGy, sendo analisadas após 2 e 7 dias de fabricação (validade)

Análises	Unidade	RDC	Salada de Frutas			
		Nº12/01 Item 26 B	Controle dia 2	3,0 kGy dia 2	Controle dia 7	3,0 kGy dia 7
<i>Estafilococos coagulase</i> positiva	UFC/g	<1x10 ¹	<1x10 ¹	ND	<1x10 ¹	ND
Contagem de bolores e leveduras	UFC/g	<5x10 ¹	1,6x10 ³	ND	4,6x10 ³	ND
Contagem de bactérias aeróbias mesófilas	UFC/g	--	9,3x10 ³	ND	5,8x10 ³	ND
<i>Salmonella</i> spp	25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes totais	NMP/g	Ausência	2,4x10 ²	ND	2,3x10 ¹	ND
E. coli	NMP/g	--	ND	ND	ND	ND

*ND: Não detectado de acordo a RDC nº12, item 26B: ausência para coliformes; ausência para *Salmonella*; e os limites de: <5x10 bolores e leveduras/g e < 1x10 *estaf. coagulase* positiva/g. ANVISA(2001).

**Dia 2: Referente às amostras analisadas após 2 dias de fabricação (1 dia após a irradiação).

***Dia 7: Referente às amostras analisadas após 7 dias de fabricação, ou seja, no último dia do prazo de validade (6 dias após a irradiação).

TABELA 19 - Resultados da validação microbiológica em abacaxis minimamente processados obtidos do fornecedor e submetidos à dose de 3,0 kGy, sendo analisados após 2 e 7 dias de fabricação (validade)

Análises	Unidade	RDC	Abacaxi Minimamente Processado			
		Nº12/01 Item 26 B	Controle dia 2	3,0 kGy dia 2	Controle dia 7	3,0 kGy dia 7
<i>Estafilococos coagulase positiva</i>	UFC/g	<1x10 ¹	<1x10 ¹	ND	<1x10 ¹	ND
Contagem de bolores e leveduras	UFC/g	<5x10 ¹	1,6x10 ³	ND	3,2x10 ³	ND
Contagem de bactérias aeróbias mesófilas	UFC/g	--	1,4x10 ⁴	2x10 ³	5,4x10 ⁵	ND
<i>Salmonella</i> spp	25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes totais	NMP/g	Ausência	2,3x10 ¹	ND	4,3x10 ¹	ND
E. coli	NMP/g	--	ND	ND	ND	ND

*ND: Não detectado de acordo a RDC nº26, item 1B: ausência para coliformes; ausência para *Salmonella*; e os limites de: <5x10 bolores e leveduras/g e < 1x10 *estaf. coagulase* positiva/g. ANVISA(2001).

**Dia 2: Referente às amostras analisadas após 2 dias de fabricação (1 dia após a irradiação).

***Dia 7: Referente às amostras analisadas após 7 dias de fabricação, prazo de validade (6 dias após a irradiação).

Os resultados apresentados pela validação microbiológica para a salada de frutas foram extremamente satisfatórios, uma vez que confirmaram os resultados obtidos neste trabalho (TAB. 16), eliminando a presença de todos os microrganismos encontrados e mantendo-os nos níveis recomendados pelo item 26 B na RDC nº 12 (ANVISA, 2001).

Além disso, verificou-se que a irradiação na dose de 3,0 kGy manteve a segurança microbiológica no período de sete dias de validade da salada de frutas. Esse dado foi considerado de extrema importância, uma vez que assegura o produto, caso o paciente imunocomprometido não venha a consumir a salada de frutas imediatamente, durante os primeiros dias de sua fabricação.

Em relação aos abacaxis minimamente processados, o resultado foi semelhante, visto que todos os microrganismos exigidos pelo item 26 B da RDC nº12 (ANVISA, 2001) foram eliminados com a irradiação, tanto no dia 2, quanto no dia 7.

O único fator destoante observado para os abacaxis foi que a contagem de bactérias aeróbias apresentou uma redução de apenas 1 ciclo logarítmico quando submetido à dose de 3,0 kGy e comparado ao controle, no dia 2. Tal fato não se evidenciou no sétimo dia, dado que a contagem do controle foi superior aos valores encontrados para a amostra controle do dia 2, e mesmo assim, a irradiação foi efetiva, eliminando as bactérias aeróbias com a dose de 3,0 kGy.

De acordo com OMS-OLIU et al. (2010), algumas mudanças na população microbiana de produtos minimamente processados eram esperadas. As condições de umidade alta dentro da embalagem e a presença de uma área de superfície de corte grande, que fornecem uma rica fonte de nutrientes, criam um ambiente propício para o crescimento de microrganismos. A taxa de crescimento e o tipo dos microrganismos presente será bastante influenciada pela temperatura do produto ao longo do tempo, umidade relativa, atmosfera e fatores intrínsecos, tais como pH, teor de água, e nutrientes (OMS-OLIU et al., 2010).

A presença de microrganismos aeróbios, não inviabiliza o consumo dos abacaxis representando apenas um indicativo de processo. Por isso não é um requisito exigido nem para o item 1B (frutas processadas) e nem para o item 26 B (imunocomprometidos) da RDC nº12. Tal indicativo só se tornaria problemático em contagens acima de 10^6 UFC/g que poderiam indicar exposição à contaminação ambiental, permanência por tempo prolongado em temperatura abusiva, armazenamento em temperatura inadequada de refrigeração, bem como manipulação excessiva (ALVES et al., 2010).

Iniciativas regulamentares específicas para produtos minimamente processados ainda estão em desenvolvimento, embora os Estados Unidos e a maioria dos países europeus já tenham regulamentos pertinentes (OMS-OLIU et al., 2010). A maioria deles limitam as contagens de microrganismos aeróbios a 10^6 UFC/g na data de validade do produto (OMS-OLIU et al., 2010).

Sendo assim, os resultados obtidos neste trabalho para a contagem de aeróbios no abacaxi minimamente processado encontram-se em conformidade com a literatura, não apresentando risco ao consumo, uma vez que não atingiu os níveis mínimos necessários para isso.

De acordo com ARVANITOYANNIS et al. (2009), diversas pesquisas têm utilizado a irradiação com o objetivo de redução de carga microbiana em frutas. MOHÁCSI-FARKAS et al. (2006) concluíram que doses de 1,0 a 3,0 kGy são capazes de promover grandes reduções em microrganismos patógenos.

TOURNAS et al. (2006) investigaram bolores e leveduras em salada de frutas compostas por melão, frutas cítricas, abacaxi e morangos e encontraram 97% das amostras contaminadas com leveduras (em níveis maiores de 10^6 UFC/g). Segundo os autores, quando as frutas não são processadas são encontrados valores menores que 10^3 UFC/g de fruta, ou seja, provavelmente o crescimento de leveduras encontrado por eles ocorreu durante a preparação ou comercialização da mesma. A presença de leveduras na salada de frutas reduz a qualidade organoléptica em razão de odores indesejáveis e descolorações dos produtos. Além disso, algumas espécies de leveduras podem deteriorar os produtos e ter um efeito adverso para a saúde, especialmente para as pessoas com o sistema imunológico debilitado. Os autores ainda reforçam que a adesão de BPF durante a preparação e comercialização resultaria em produtos com níveis de levedura baixos, e assim de melhor qualidade. Os pesquisadores ainda concluíram que não houve crescimento de bolores, possivelmente em função de um crescimento mais rápido das leveduras, que os inibiram os fungos filamentosos.

BIBI et al. (2006) observaram que a contagem total de microrganismos aeróbios em amostras controle de melões, aumentaram de $4,8 \times 10^5$ para $6,7 \times 10^7$ UFC/ g após sete dias de armazenamento a temperatura de 5°C , ao passo que nas amostras irradiadas na dose de 3,0 kGy foram encontradas pouquíssimas colônias durante o período. Os autores ainda mantiveram uma redução completa de fungos e coliformes durante os 7 dias de armazenamento, com a utilização da dose de 1,0 kGy.

Igualmente TRIGO et al. (2006) investigaram o efeito da irradiação em mirtilos. Os frutos foram embalados em sacos poliméricos, selados e irradiados nas doses de 0 a 3,0

kGy, com intervalos de 0,5 kGy entre as doses, sendo armazenados a 4°C. Os autores concluíram que as amostras de 1,0 kGy tiveram maior *shelf-life* quando comparados ao controle e que a dose proporcionou a redução de 1 ciclo logarítmico para contagem de aeróbios totais e 5 ciclos logarítmicos para coliformes.

Segundo FARKAS (1998), as boas práticas de higiene podem reduzir o nível de contaminação, mas os agentes patogênicos mais importantes não podem ser eliminados da maioria dos produtos agrícolas, e nem é possível eliminá-los por meio do processamento primário. Vários métodos de descontaminação existem, mas o tratamento mais versátil entre eles é o processamento com radiação ionizante, particularmente como um procedimento de descontaminação final do produto (FARKAS, 1998).

Desta forma, os resultados microbiológicos, sensoriais e físico-químicos indicam que tanto a salada de fruta, como o abacaxi minimamente processado são indicados para o consumo de imunocomprometidos quando tratados com a dose de 3,0 kGy e respeitados os critérios de produção que requerem qualidade desde a matéria-prima até o produto final, com um controle rigoroso de processamento valendo-se das Boas Práticas de Fabricação, em todas as etapas.

5.4 Questionários com hospitais

As respostas dos questionários com hospitais encontram-se nos APÊNDICES C e D.

De acordo com as respostas fornecidas é possível perceber que a causa do sistema imunológico comprometido é originária principalmente de disfunções sanguíneas (hematologia) e quimioterápicas, além de Transplantes de Medula Óssea (TMO).

No caso do hospital público são atendidos em torno de 57 pacientes/mês (março/2013), sendo que destes, 46 passaram por TMO e 11 apresentaram problemas hematológicos. O hospital privado não soube informar o número de pacientes atendidos.

Em relação a dieta dos imunocomprometidos é importante ressaltar que no hospital público a dieta destes pacientes é realizada de acordo com um manual do próprio

hospital, que exclui os alimentos “crus”, de acordo com a orientação das nutricionistas. O mesmo procedimento também é realizado no hospital particular, entretanto, em nenhum momento foi mencionado a existência de algum manual para consulta.

As refeições em geral são adaptadas, não havendo diferenciação no preparo e nem implementação de medidas adicionais para a redução da carga microbiana, apenas a cocção de alimentos crus (hospital público) e a desinfecção de frutas e legumes (hospital privado). Entretanto, uma preocupação em comum evidenciada pelos hospitais foi a forma de servir o alimento aos imunocomprometidos. No hospital público, as refeições são servidas em embalagens descartáveis, ao passo que no particular, utiliza-se uma louça “diferenciada”.

Além disso, ambos os hospitais realizam um histórico dietético do paciente, com orientação nutricional periódica e suplementação vitamínica sempre que necessário. Após receberem alta hospitalar, os imunocomprometidos recebem uma orientação de dieta padrão para o domicílio.

Quando questionados sobre quais fatores ajudam ou interferem no trabalho nutricional, a nutricionista, chefe do departamento de nutrição do hospital público, mencionou que seria interessante possuir alimentos com teor de fibras alto (frutas e vegetais) que atendessem aos níveis microbiológicos de segurança.

Esta resposta foi considerada de grande importância, uma vez que o resultado deste trabalho demonstra ser de interesse não só dos pacientes, mas das nutricionistas também.

Outro fator de igual importância, reportado desta vez pela coordenadora nutricional do hospital privado, é que quando os pacientes e familiares são bem informados isso reflete diretamente na adesão ao tratamento e à dieta.

Considerando que nenhum dos hospitais possui em suas refeições alimentos irradiados, o conhecimento dos benefícios da irradiação precisa ser propagado também nestes ambientes, para que dessa forma, os pacientes e os médicos ajudem a divulgar a informação, uma vez que esta foi citada como coadjuvante na adesão do tratamento.

A busca por referências de práticas hospitalares para imunocomprometidos foi listada como uma dificuldade pelo hospital público, que é referência no Brasil. No país, além de não existir legislação específica para cada grupo alimentar da dieta dos imunocomprometidos, também não existe um guia de orientações oficial para hospitais. Grande parte do que existe, é criado pelas próprias nutricionistas dos hospitais, como uma medida de prevenção e controle de infecções hospitalares, como o evidenciado com os resultados deste questionário.

De acordo com JUBELIRER (2011), não há dúvida de que mais pesquisas são necessárias para apoiar o uso da dieta neutropênica. O autor ainda sugere que visitas em clínicas e hospitais para conhecimento de como funcionam as situações na prática, precisam ser consideradas.

LUND et al. (2011) analisaram a ocorrência de infecção por patógenos de origem alimentar em grupos de indivíduos imunocomprometidos e estudaram medidas para prevenir infecções. Os autores concluíram que as dietas não são muito bem estabelecidas e os níveis microbiológicos dessas dietas variam muito. Desta forma, o que acaba sendo sugerido é que essas pessoas excluam alimentos de risco e adquiram da comunidade o máximo de informações sobre a segurança alimentar.

Muitas das divergências e das dúvidas do que pode ou não ser consumido por imunocomprometidos poderiam ser minimizadas se houvesse algum guia ou protocolo padrão nos hospitais para a concepção e realização das dietas.

Desta forma, pode-se concluir que para a obtenção de um resultado efetivo nesta área de dietas para imunocomprometidos são necessárias além de pesquisas alternativas de consumo, o estabelecimento de protocolos oficiais que auxiliem tanto os médicos, quanto os pacientes.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- A irradiação na dose de 3,0 kGy demonstrou ser a mais eficaz na eliminação de microrganismos da salada de frutas garantindo a segurança microbiológica dentro dos níveis exigidos pela legislação. Entretanto, no caso de um surto microbiológico de *Salmonella* e coliformes esta dose não seria suficiente, uma vez que a literatura reporta doses acima de 10 kGy para esses casos;

- Alterações colorimétricas e de textura foram observadas com o aumento da dose de radiação. Contudo, quando essas frutas foram analisadas sensorialmente, obtiveram boa aceitação para todos os parâmetros avaliados, demonstrando boa aceitação sensorial;

- Resultados de pH, acidez, sólidos solúveis totais e atividade de água apresentaram flutuações de valores principalmente em função dos fatores intrínsecos da fruta, não estando associado somente às doses de radiação;

- Saladas de frutas irradiadas com doses de 3,0 kGy, apresentaram uma tendência de ficar mais doces que as amostras controle, fato evidenciado pelos comentários obtidos na análise sensorial;

- Abacaxis minimamente processados corresponderam bem aos estímulos da irradiação apresentando bons resultados físico-químicos, microbiológicos e sensoriais, demonstrando inclusive intenção de compra positiva em caso de comercialização;

- Resultados dos questionários realizados em hospitais demonstraram a necessidade de incorporar alimentos frescos à dieta nutricional dos imunocomprometidos, bem como a criação ou o estabelecimento de protocolos nutricionais no país para essa área.

Sendo assim, com base nos resultados microbiológicos, físico-químicos e sensoriais pode-se concluir que a salada de frutas pode ser indicada para o consumo de imunocomprometidos desde que tratada com a dose de 3,0 kGy e que sejam respeitados os

critérios de produção desde a matéria-prima até o produto final, com um controle rigoroso de processamento valendo-se das Boas Práticas de Fabricação, em todas as etapas.

APÊNDICE A – Questionário sobre as restrições alimentares e as práticas hospitalares para pacientes imunocomprometidos.

Perguntas
1. Qual o departamento do Hospital que cuida de pacientes imunocomprometidos?
2. Estimativa de pacientes imunocomprometidos/mês:
3. Existe um responsável para o planejamento da dieta dos pacientes IMC? Qual o cargo?
4. É utilizado algum tipo de protocolo dietético para estes pacientes?
4.1. Se a resposta da pergunta 4 foi SIM , por favor, liste quais os principais itens deste protocolo:
4.2. Se a resposta da pergunta 4 foi NÃO , por favor, descreva quais os critérios que são considerados para fornecimento da dieta:
5. São preparadas refeições diferentes para pacientes IMC?
6. São utilizadas diferentes técnicas de preparação para a refeição são dos pacientes?
7. São utilizadas medidas adicionais para reduzir a carga microbiana dos alimentos?
8. Como são servidas as refeições aos pacientes?
9. É realizado um histórico dietético dos pacientes durante a internação hospitalar (por exemplo, as refeições consumidas)?
10. A alimentação fornecida é personalizada para cada paciente?
11. São realizados cálculos diferenciados de nutrientes para estes pacientes (por ex., reforço vitamínico)?
12. Se sim, como são estes realizados?
13. São utilizados alimentos orgânicos ou irradiados na dieta? Se sim, discrimine qual e com que frequência.
14. Que procedimentos são utilizados para esterilizar as refeições?
15. O equipamento utilizado para a esterilização:
16. Liste as refeições mais frequentes para pacientes, que não podem ser esterilizados:
17. Quantas vezes e como é fornecido o aconselhamento dietético para pacientes IMC enquanto eles estão no hospital?
18. Os pacientes recebem recomendações dietéticas para ajudar a sua dieta em casa, depois de deixarem o hospital?
19. Por favor, liste os fatores que ajudam ou interferem no seu trabalho.
20. Que tipo de métodos, equipamentos e <i>guidelines</i> ajudariam em seu trabalho? Existe algum tipo de dificuldade para encontrar informações auxiliares para IMC?

Fonte – Adaptado de IAEA (2011).

APÊNDICE B – Relação de comentários obtidos em teste de aceitação de abacaxi, morango, maçã, banana, melão e mamão.

Fruta	Provador	Comentários sobre as amostras		
		Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Abacaxi	1	Todas as amostras estavam boas, mas esta estava melhor.		
	2	Pareceu-me fruta um pouco passada	O aroma lembrou-me de fruta <i>diet</i>	
	3			Aroma pouco perceptível
	4			Gosto aguado
	5	Aroma não está ótimo	Achei um pouco aguado e não apresenta um aroma forte de abacaxi	Gostei muito do sabor, nem muito azedo, nem muito doce. Apenas o aroma não está ótimo.
	6	O sabor não estava muito ruim, porém a fruta tinha aparência muito ruim.		
	7	Parecia um pouco mais verde (menos maduro)		
	8	Estava com gosto de fruta passada	Estava com gosto de fruta passada	
Morango	1		Este morango só parece ser um pouco passado, mais pela consistência do que pelo sabor.	
	2	Aroma quase imperceptível	que	Não tem sabor de morango bem definido
	3			Textura mole. Desgostei
	4		Pode ser pelo morango não estar muito fresco, eu não senti muito seu aroma	Estava um pouco passado, textura um pouco mole demais
	5			Não sei ao certo se o sabor diferente foi por conta que a fruta estava amassada, ou outra razão
	6	Essa amostra pareceu mais crocante		
	7			Muito mole

Fruta	Provedor	Comentários sobre as amostras		
		Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Maçã	1	Aroma quase imperceptível	Aroma quase imperceptível	Aroma perceptível e bom
	2	Não gostei muito da textura, e está um pouco sem sabor (sem graça)	Textura melhor do que a amostra de controle, mas continua com pouco sabor	Textura como da amostra de controle e com pouco sabor
		Não senti aroma algum em todas as amostras (referente a todas as três amostras: Controle, 1,5 kGy e 3,0 kGy)		
	3	Amostras irradiadas apresentam textura diferente da amostra de controle (referente às amostras: Controle e 1,5 kGy)		
	4	Amostra mole		
	5	Amostras com textura diferente da maçã comum, mais macia		
	6	Amostra estava macia demais, não caracterizando a textura normalmente encontrada nas maçãs nacionais. Estava bem parecida com as maçãs argentinas		
	7	Sabor bem mais doce		
8	Amostras com pouco aroma. Oxidação das amostras parece camuflar tanto a cor como parte do odor (referente a todas as três amostras: Controle, 1,5 kGy e 3,0 kGy)			
Banana	1	Aroma pouco perceptível		
	2	Gostei mais dessa amostra, pois estava mais adocicada	Estava com menos sabor que as demais	
	3	Não gostei da aparência de todas elas; aparentam estar passadas (referente a todas as três amostras: Controle, 1,5 kGy e 3,0 kGy)		
	4	Aroma de banana em temperatura ambiente por muito tempo	Apresenta mais gosto de fruta	
	4	Amostra mais doce		
		Amostras oxidadas (referente a todas as três amostras: Controle, 1,5 kGy e 3,0 kGy)		

Fruta	Provedor	Comentários sobre as amostras		
		Controle	1,5 kGy	3,0 kGy
Melão	1	Aroma fraco		
	2	Aparentemente cortada mais rente à casca. Crocante		
Mamão	1	Amostra com uma textura muito mole		
	2	Aroma levemente marinho, maior na amostra de controle. Cheiro de algas ou peixe (referente a todas às amostras: Controle e 1,5 kGy)		
	3	Este pedaço estava muito maduro		
	4	A amostra estava muito madura		

APÊNDICE C – Respostas referentes ao “Questionário sobre as restrições alimentares e as práticas hospitalares para pacientes imunocomprometidos” fornecidas pela chefe de nutrição de um Hospital Público em São Paulo, SP.

Pergunta	Respostas – Hospital Público
1	Serviço de Transplante de Medula Óssea (TMO) e Hematologia
2	Março(2013)= TMO=46, HEMATO=11
3	Sim, nutricionista responsável pelo recebimento.
4	Padrão de dietas que contam no Manual DND (Divisão de Nutrição e Dietética)
4.1	OBSERVAÇÃO: Programação baseada dieta geral, excluindo alimentos crus, introduzindo para sobremesas e parte líquida do cardápio, produtos industrializados.
4.2	Nada a declarar (em branco).
5	Não. Poderão ser requisitados além do padrão estabelecido, itens industrializados, para adaptação da aceitação.
6	Não. Preparações do cardápio parte quente e líquidos, desjejum e lanches, seguem procedimentos estabelecidos para todas as dietas.
7	Não.
8	As refeições são porcionadas em embalagem descartável.
9	Sim. Recordatório breve inserido na admissão do paciente.
10	Sim. Confrontando resultados da anamnese, padrão de dietas e condição clínica.
11	De acordo com dieta orientada e se necessário será recomendado um equilíbrio de macronutrientes.
12	Nada a declarar (em branco).
13	Não.
14	Nada a declarar (em branco).
15	Não são utilizados equipamentos.
16	Nada a declarar (em branco).
17	Na admissão, visita preconizada por níveis (predominantemente terciários por apresentar risco nutricional), na alta e por solicitação do paciente.
18	Sim, na alta hospitalar, com impressão padronizada.
19	Alimentos com fibras que atendam requisito de segurança microbiológica – grupo legumes e frutas.
20	Referências sobre práticas em hospitais brasileiros. O que se obtém é através de <i>benchmarking</i> sobre utilização de produtos.

APÊNDICE D – Respostas referentes ao “Questionário sobre as restrições alimentares e as práticas hospitalares para pacientes imunocomprometidos” fornecidas pela chefe de nutrição de um Hospital Privado em São Paulo, SP.

Pergunta	Respostas – Hospital Privado
1	Por ser um hospital oncológico temos pacientes imunocomprometidos em todas as unidades de internação, com ênfase no ambulatório de quimioterapia e TMO.
2	Não possui a informação.
3	Sim, nutricionistas e equipe de produção
4	Utilizamos a dieta "sem crus" para estes pacientes.
4.1	Na dieta é excluído todo o alimento cru não pasteurizado, caso o paciente apresente leucócitos menor ou igual a 1300 e neutrófilos menor ou igual a 500.
4.2	Nada a declarar (em branco).
5	Não.
6	Não.
7	Somente o cozimento de todos os alimentos crus. Do mais seguimos todos os padrões de higienização igual a dos outros pacientes.
8	São servidas em louça, porém diferenciada dos demais pacientes.
9	Não só especificamente deste grupo de pacientes, realizamos avaliação a ingestão oral de todos os pacientes internados.
10	Seguimos um padrão, porém os pacientes recebem visita diária da nutricionista, onde existe a possibilidade de adequação de dieta conforme, preferências, condição clínica e aceitação do paciente.
11	Em alguns casos prescrevemos uso de glutamina e suplemento nutricional oral.
12	Nada a declarar (em branco).
13	Não.
14	Desinfecção de frutas, verduras e legumes e cozimento dos alimentos.
15	Nada a declarar (em branco).
16	Nada a declarar (em branco).
17	As orientações são diárias, durante a visita, porém fazemos orientação com entrega de manual no momento da admissão do paciente.
18	Sim.
19	Pacientes e familiares bem orientados, favorecem a adesão ao tratamento e dieta. Profissionais desmotivados atrapalham na montagem e padronização da dieta sem crus.
20	Nada a declarar (em branco).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAR, I. T; MASSANTINI, R; HESS-PIERCE, B; KADER, A. A. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *J. Food Sci.*, v. 64, p. 433-440, 1999.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle*. Disponível em:
<<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/appcc.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Portaria SVS/MS n. 326 de 30 de julho de 1997*. Disponível em:
<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/cf430b804745808a8c95dc3fbc4c6735/Portaria+SVS-MS+N.+326+de+30+de+Julho+de+1997.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 19 nov. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Resolução CNNPA n. 12 de 30 de março de 1978*. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Resolução RDC n. 21 de 26 de janeiro de 2001*. Disponível em:
<http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm>. Acesso em: 10 mar. 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Resolução RDC n. 275 de 21 de outubro de 2002*. Disponível em:
<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/dcf7a900474576fa84cfd43fbc4c6735/RDC+N%C2%BA+275,+DE+21+DE+OUTUBRO+DE+2002.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 19 nov. 2013.
- ALVES, M.G.; UENO, M. Restaurantes *self-service*: segurança e qualidade sanitária dos alimentos servidos. Campinas, SP, *Rev. Nutr.*, v. 23, n. 4, p. 573-580, 2010.
- ARVANITOYANNIS, I.S; STRATAKOS, A.C; TSAROUHAS, P. Irradiation applications in vegetables and fruits: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v. 49, n. 5, p. 427-462, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– AOAC. *Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas*. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. (NBR 14141)
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. v. 2, 16.ed. Arlington, VA, USA, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. *Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International*. 18. ed. rev., Gaithersburg, MD, USA, 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. *Official methods–Vidas Salmonella* (SLM). Easy Salmonella Method, 2011. (2011.03)

AUPEE, M.; VAUTRAVERS, M. J.; FETTER, A.; GOETZ, M. L.; BIENTZ, M.. Bacteriological control of food for immunocompromised host. *Agressologie: revue internationale de physio-biologie et de pharmacologie appliquées aux effets de l'agression*, v. 33, p. 87-90, 1992.

AZEREDO, H.M.C. *Fundamentos de estabilidade de alimentos*. 2. ed. Brasília, D.F: EMBRAPA, 326p., 2012.

BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL – BAM. *Food Sampling and Preparation of Sample Homogenate*. 8. ed. rev. USA: Food and Drug Administration, FDA, 2003.

BALBACH, A.; BOARIM, D.S.F. *As frutas na medicina natural*. 1.d. São Paulo: Vida Plena, 308 p., 1993.

BANDEKAR, J.R.; JADHAV, S.S.; SHASHIDHAR, R.; HAJARE, S.; SHARMA, A. *Use of irradiation to ensure hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin*. Report of 2nd FAO/IAEA Research Co-ordination Meeting (RCM): The Coordinated Research Project on Use of Irradiation to Ensure Hygienic Quality of Fresh, Pre-cut Fruits and Vegetables and other Minimally Processed Food of Plant Origin. Belfast, Ireland, 14–18 April 2003, p. 43–51, 2003.

BARREIRO, P.; ORTIZ, C.; RUIZ-ALTISENT; M., SCHOTTE S.; ANDANI, Z.; WAKELING, I.; BEYT, P. K. Comparison between sensory and instrumental measurements for mealiness assessment in apples: a collaborative test. *J. Text. Stud.*, v. 29, n. 5, p. 509-525, 1998.

BARRETT, D.M.; GARCIA, E., WAYNE, J.E. Textural modification of processing tomatoes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v. 38, n. 3, p. 173–258, 1998.

BASTOS, MARIA SOCORRO ROCHA. *Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 59p. 2007. (Documentos, 103)

BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit. *Postharvest Biol. Tec.*, v. 63, p. 129-140, 2012.

BERBARI, S.A.G.; PASCHOALINO, J.E.; SILVEIRA, N.F.A. Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.21, n.2, p. 197-201, 2001.

- BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, v. 23, p. 116-120, 2003.
- BIBI, N.; KHATTAK, M.K.; BADSHAD, A.; CHAUDRY, M.A. ***Radiation treatment of minimally processed fruits and vegetables for ensuring hygienic quality***. Use of Irradiation to Ensure the Hygienic Quality of Fresh, Pre-Cut Fruits and Vegetables and Other Minimally Processed Food of Plant Origin. Proceedings of a final research coordination meeting organized by the Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Islamabad, Pakistan, 22-30 July 2005, p. 205-204, 2006.
- BOYTON, B.B.; WELT, B.A.; SIMS, C.A.; BALABAN, M.O.; BRECHT, J.K.; MARSHALL, M.R. Effects of low-dose electron beam irradiation on respiration, microbiology, texture, color, and sensory characteristics of fresh-cut Cantaloupe stored in modified-atmosphere, *J. Food Sci.* v.71, n.2, p. 149–155, 2006.
- BUREAU, S; SCIBISZ, I; LE BOURVELLEC, C.; RENARD, C.M.G.C. Effect of sample preparation on the measurement of sugars, organic acids, and polyphenols in apple fruit by mid-infrared spectroscopy *J. Agric. Food Chem.*, v. 60, n. 14, p. 3551–63, 2012.
- BUTTERWECK, J. S. Sterile diets for the immuno-compromised: Is there a need? *Rad. Phys. Chem.*, v. 46, n.4-6, p. 601-604, 1995.
- CALEGARIO, F.F.; R. PUSCHMANN, F.L.; FINGER, A.; F.S.COSTA. Relationship between peel color and fruit quality of papaya (*Carica papaya L.*) harvested at different maturity stages. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society*, 1997 (110:228–231).
- CAMARGO, R. J.; TADINI, C. C.; SABATO, S. F. Physical–chemical analyses of irradiated papayas (*Carica papaya L.*). *Rad. Phys. Chem.*, v. 76, n. 11-12, p. 1866-1868, 2007.
- CASTRICINI, A.; MEDEIROS, S.F.; CONEGLIAN, R.C.C.; VITAL, H.C. Uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum Mill*) em estágio maduro. *Rev. Univ. Rural*, v. 24, n. 1, p. 85-91, 2002.
- CHERVIN, C.; BOISSEAU, P. Quality maintenance of ready-to-eat shredded carrots by gamma irradiation. *J. Food Sci.*, v. 59, p. 359-362, 1994.
- CLARK, R.C. Flavour and texture factors in model gel systems. Europe: London, 1990. p. 271-277. A. Turner (Ed). Food Technology International Europe.
- CLEMENTE, E.; PASTORE, G. M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, v. 32, n. 2 p. 167- 171, 1998.
- COULTATE, T.P. ***Food - The chemistry of its components***. Series of the Royal Society of Chemistry Paperbacks, 3.ed.London: Royal Society of Chemistry, 1996.

- CRAWFORD, L. M. (2001). *Challenges and opportunities for food irradiation in the 21st century*. Irradiation for food safety and quality. Lancaster, Basel: Technomic Publ. Co., Inc, p. 9-16, 2001.
- CRUZ, J. N.; SOARES, C. A.; FABBRI, A. D. T.; CORDENUNSI, B. R.; SABATO, S. F.. Effect of quarantine treatments on the carbohydrate and organic acid content of mangoes (cv. Tommy Atkins). *Rad. Phys. Chem.*, v. 81, n. 8, p. 1059-1063, 2012.
- DEMILLE, D.; DEMING, P.; LUPINACCI, P.; JACOBS, L. A. The effect of the neutropenic diet in the outpatient setting: a pilot study. *Oncol. Nurs. Forum*, v. 33, p. 337-343, 2006.
- DIEHL, J.F. *Safety of Irradiated Foods*. New York: Marcel Dekker Inc. 2 ed. 189p., 1995.
- D'INNOCENZO, M. AND LAJOLO, F. M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. *J. Food Biochem.*, v. 25, n. 55, p. 425-438, 2001.
- DOWNES, F.P.; ITO, K. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. American Public Health Organization, 676 p., 2001.
- DRAKE, R.; NEVEN, L. G. Irradiation as an alternative to methyl bromide for quarantine treatment of stone fruits. *J. Food Quality*, v.21, n. 6, p.529–538, 1998.
- DUIZER, L. M.; JAMES, B.; CORRIGAN, V. K.; FENG, J.; HEDDERLEY, D. I.; HARKER, F. R.. Use of a Panel Knowledgeable in Material Science To Study Sensory Perception of Texture. *J. Text. Stud.* v. 42, n. 4, 309–318, 2011.
- DUTCOSKY, S.D. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba, PR, Editora Champagnat, 1996.
- EIROA, M.N.U. Microorganismos deteriorantes de suco de frutas e medidas de controle. *Bol. SBCTA*, Campinas, v. 23, n. 3/4, p. 141-160, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Processamento mínimo de frutas*. 1.ed., Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 38p., 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de Boas Práticas Agrícolas e Sistema APPCC*. Brasília: EMBRAPA/ Sede, 101p., 2004.
- EUSTICE, R. E.; BRUHN, C. M. *Consumer acceptance and marketing of irradiated foods*. Food irradiation research and technology. Oxford: Blackwell Publ., Ltda., p. 63-83, 2006.
- FABBRI, A.D.T. *Estudo da radiação ionizante em tomates in natura (Lycopersicum esculentum Mill) e no teor de licopeno do molho*. 2009. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

- FABBRI, A. D. T.; SAGRETTI, J.M.A.; NUNES, T. C. F.; ROGOVSCHI, V. D.; SABATO, S. F. *Effect of Ionizing Radiation on the Texture of Minimally Processed Apples for Fruit Salad*. 2011 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2011 Belo Horizonte, MG, Brazil, October 24-28, 2011.
- FABBRI, A.D.T.; SAGRETTI, J.M.A.; NUNES, T.C.F.; ROGOVSCHI, V.D.; SABATO, S.F. Study of irradiation on texture and sensory properties of minimally processed fruits. *WASET*, v. 66, p. 1848-1851, 2012.
- FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food. A review. *Int. J. Food Microbiol.*, v. 44, n. 3, p. 189-204, 1998.
- FARKAS, J. Irradiation for better foods. *Trends Food Sci. and Technol.*, v. 17, p. 148-152, 2006.
- FARKAS, J.; MOHÁCSI-FARKAS, C. History and future of food irradiation. *Trends Food Sci. and Technol.*, v. 22, n. 2-3, p. 121-126, 2011.
- FAVA, J.; HODARA, K.; NIETO, A.; GUERRERO, S.; ALZAMORA, S. M.; CASTRO, M. A. Structure (micro, ultra, nano), color and mechanical properties of *Vitis labrusca* L. (grape berry) fruits treated by hydrogen peroxide, UV-C irradiation and ultrasound. *Food Res. Internat.*, v. 44, n. 9, p. 2938-2948, 2011.
- FELICIANO, C.P.; GUZMAN, Z.M.; TOLENTINO, L.M.M.; COBAR, M.L.; ABRERA, G.B. Radiation-treated ready-to-eat (RTE) chicken breast Adobo for immuno-compromised patients. *Food Chem.* (In press, accepted manuscript), 2014.
- FELLOWS, P.J. *Tecnologia do Processamento de Alimentos – Princípios e Prática*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 602p., 2006.
- FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. *Química de Alimentos de Fenemma*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- FOLEY, D.; EUPER, M.; CAPORASO, F.; PRAKASH, A. Irradiation and chlorination effectively reduces *Escherichia coli* O157:H7 inoculated on cilantro (*Coriandrum sativum*) without negatively affecting quality. *J. Food Prot.* v.67, p. 2092-2098, 2004.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *Codex alimentarius commission: Code of hygienic practice for fresh fruits and vegetables*. 48p., 2003. (CAC/RCP53-2003)
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *FAO Statistical Yearbook (2013)*. Disponível em: <<http://issuu.com/faoftheun/docs/syb2013issuu/156>> Acesso em: 29 set. 2013

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. *Analysis and evaluation of preventive control measures for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh-cut produce*. Disponível em: < <http://vm.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-toc.html>>. Acesso em: 29 set. 2013.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. Center for Food Safety and Applied Nutrition. *Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables*. Washington, D.C, 1998.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. *Fresh fruits and vegetables*. Codex Alimentarius. Disponível em: < ftp://ftp.fao.org/codex/publications/Booklets/FreshFruitsVeg/FFV_2007_EN.pdf> 1ed. Rome, 2007. Acesso: 10 jan. 2014.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION UNITED STATES – FDA. *Packaging materials listed in 21 CFR 179.45 for use during irradiation of prepackaged foods* (2007). Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/IrradiatedFoodPackaging/ucm074764.htm>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia de alimentos*. São Paulo: Editora Atheneu, 182p., 1996.

GALATI, P.C.; CHIARELLO, P.G.; BRANDÃO, E.; SIMÕES, B.P.; MARTINS, E.C.P.; SOUZA, V. M. Dieta neutropênica: segurança microbiológica e qualidade nutricional. *Nutrire*, v. 36, p. 272-272, 2011.

GARDNER, A.; MATTIUZZI, G.; FADERL, S.; BORHAKUR, G.; GARCIA-MANERO, G.; PIERCE, S.; BRANDT, M.; ESTEY, E. Randomized comparison of cooked and noncooked diets in patients undergoing remission induction therapy for acute myeloid leukemia. *J. Clin. Oncol.*, v. 26, n. 35, p.5684-5688, 2008.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G. *Tecnologia de Alimentos*. 4. ed. Nobel, São Paulo – SP, 2008.

GOMEZ, M.L.A.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya cv. Solo*):Influência da radiação gama. *Ciênc. Tecnol. Alimento.*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 246-252, 1999.

GÓMEZ, P. L., ALZAMORA, S. M., CASTRO, M. A., SALVATORI, D. M. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. *J. Food Engin.*, v. 98, n. 1, p. 60-70, 2010.

GONÇALVES, B; SILVA, A. M.-P. J.; ROSA, E; MEYER, A.S. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of color and anthocyanins in cherries (*Prunus avium L.*). *Food Chem.*, p. 976-984, 2007.

- GOULARTE, L.; MARTINS, C.G.; MORALES-AIZPURUA, I.C.; DESTRO, M.T.; FRANCO, B.D.G.M.; FRANCO, D.M. Combination of minimal processing and irradiation to improve the microbiological safety of lettuce (*Lactuca sativa*, L.), *Rad. Phys. Chem.*, v. 71, p. 157-161, 2004.
- GOULD, W.A. *Tomato production, processing and technology*. 3.ed., CTI Pub. Inc: Baltimore, 1992.
- GUNES, G.; HOTCHKISS, J.H.; WATKINS, C.B. Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed apple slices. *J. Food Sci.*, v. 66, n. 1, p. 63-67, 2001.
- GUTIERREZ, L.E.; CEZAR JR, W.P.; FERRARI, S.E.; GUIMARÃES, G.L. Carboidratos solúveis em frutos: romã, manga, banana, jabuticaba, limão, abacaxi, laranja e cabeludinha. *Anais da ESALQ*, v. 33 p. 167-172, 1976.
- HAGENMAIER, R.D.; BAKER, R.A. Low-dose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging, *J. Agr. Food Chem.*, v. 45, n. 8, p. 2864-2868, 1997.
- HASSAN, P.; ZAMAN, W.; PAUL, D.; ALAM, K.; IBRAHIM, M. Shelf life extension of banana (*musa sapientum*) by gamma radiation. *J. Bio-Sci.*, v.15, p. 47-53, 2007.
- HUI, Y.H. *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, 1. ed., Wiley-Blackwell Publishing, 712p., 2006.
- HUI, Y.H. *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, 1. ed., Wiley-Blackwell Publishing, 712p., 2006, apud: JAY, J.M. Spoilage of fruits and vegetables. *Modern Food Microbiology*. New York: Chapman and Hall, 4. ed., p.187–198, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE CONTROLE DO CÂNCER – IBCC. *Quimioterapia*. Disponível em: <<http://www.ibcc.org.br/duvida/tratamentos/quimioterapia/4/42/>>. Acesso em: 14 abr. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF. *Comparativo das exportações e importações brasileiras de frutas frescas* (2013). Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 06 mar., 2014.
- INSTITUT OF FOOD TECHNOLOGISTS – IFT. Radiation preservation of foods. A scientific status summary by the institute of food technologists expert panel on food safety and nutrition, Chicago, III, *Food Tech.*, v. 37, n. 2, p. 55-61, 1983.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. *Irradiated foods for immunocompromised patients and other potential target groups (IAEA – CRP D62009)*, 22nd RCM on immuno-compromised patients, Philippines, 2011.
- INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. Collection of ICGFI documents on codes of good irradiation practice for treatment of various food

commodities. *Training manual on operation of food irradiation facilities*. n. 14. Vienna, 1992.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION – IFPA. *Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry*. 4. ed., 213 p., 2001.

JUBELIRER, S. J. The benefit of the neutropenic diet: fact or fiction? *Oncologist*, v. 16, n. 5, p. 704-707, 2011.

KAMAT, A.; PINGULKAR, K.; BHUSHAN, B.; GHOLAP, A; THOMAS, P. Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. *Food Control*, v. 14, n. 8, p. 529–537, 2003.

KANBAKNA, U.; CON, A.H.; AYAR, A. Determination of microbiological contamination sources during ice cream production in Denizli, Turkey. *Food Control*, v. 15, p. 463-470, 2004.

KIM, K.-H., YOON, H.-S. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). *Rad. Phys. Chem.*, v. 78, n. 6, p. 414-421, 2009.

KIRKWOOD, B. R.; STERNE, J. A. C. *Essential medical statistics*. 2. ed. Massachusetts, USA: Blackwell Science, 502p., 2006.

KONICA MINOLTA. *Comunicação precisa da cor. Controle da qualidade da percepção à instrumentação*. Konica Minolta Sensing, Inc., 1998.

KUBOLA, J.; SIRIAMORNPNUN, S.; MEESO, N. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chem.*, v. 126, n. 3, p. 972-981, 2011.

LATORRE, M. E.; NARVAIZ, P.; ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physico-chemical parameters of fresh-cut red beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) root. *J. Food Engin.*, v. 98, n. 2, p. 178-191, 2010.

LAURILA, E.; KERVINEN, R. Y; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharv. N. Inform.*, v. 9, n. 4, p. 53-66, 1998.

LEE, J.-H.; KIM, J.-K.; PARK, J.-N.; YOON, Y.-M.; SUNG, N.-Y.; KIM, J.-H.; SONG, B.-S.; YOON, H.-S.; KIM, B.-K.. Evaluation of instant cup noodle, irradiated for immunocompromised patients. *Rad. Phys. Chem.*, v. 81, n. 8, p. 1115-1117, 2012.

LIMA, L.D. de O. *Tecido esponjoso em mangas cv. Tommy Atkins: transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento*. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LUND, B.M.; O'BRIENZ, S.J. The occurrence and prevention of food borne disease in vulnerable people. *Foodborne Pathogens and Disease*, v.8, n.9, p. 961-973, 2011.

- MANICA, I. *O pomar doméstico*. Rio de Janeiro: Globo, 157 p., 1987.
- MANICA, I.; ICUMA, I.M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V.H.V.; OLVEIRA, M.E.; CUNHA, M.M.; JUNQUEIRA, N.T.V. *Tecnologia, produção, agroindústria e exportação da manga*. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre – RS, 2001.
- MARIANI, N. C. T.; DA COSTA, R. C.; DE LIMA, K. M. G.; NARDINI, V.; CUNHA JÚNIOR, L. C.; TEIXEIRA, G. H. D. A. Predicting soluble solid content in intact jaboticaba [*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg] fruit using near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Food Chem.*, v. 159, n. 15, p. 458–462, 2014.
- MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut fruits. *Stewart Posthar. Review.*, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2006.
- MARTINS, C. G.; ARAGON-ALEGRO, L. C.; BEHRENS, J. H.; SOUZA, K. L.O.; VIZEU, D.M.; HUTZLER, B. W.; DESTRO, M. T. Acceptability of minimally processed and irradiated pineapple and watermelon among Brazilian consumers. *Rad. Phys. Chem.*, v. 77, n. 6, p. 825-829, 2008.
- McCULLAGH, P.; NELDER, J. A. *Generalized linear models*. 2. ed., New York, USA: Chapman and Hall, 511p., 1989.
- MOHACSI-FARKAS, C.S.; FARKAS, J.; ANDRASSY, E.; POLYAK-FEHER, K.; BRUCKNER, A.; KISKO, G. AGOSTON, R. *Improving the microbiological safety of some fresh pre-cut and prepackaged chilled produce by low-dose gamma irradiation*. Use of Irradiation to Ensure the Hygienic Quality of Fresh, Pre-Cut Fruits and Vegetables and Other Minimally Processed Food of Plant Origin. Proceedings of a final research coordination meeting organized by the Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Islamabad, Pakistan, 22-30 July 2005, p. 130-169, dec., 2006.
- MONTEIRO, C.S.; BALBI, M.E.; MIGUEL, O.G.; PENTEADO, P.T.P.S.; HARACEMIV, S.M.C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. *Alim. Nutr.*, v.19, n.1, p. 25-31, 2008.
- MOODY, K.; CHARLSON, M. E.; FINLAY, J. The neutropenic diet: what’s the evidence? *J. Pediatr. Hematol. Oncol.*, v. 24, n. 9, p. 717-721, 2002.
- MOODY, K.; FINLAY, J.; MANCUSO, C.; CHARLSON, M. Feasibility and safety of a pilot randomized trial of infection rate: neutropenic diet versus standard food safety guidelines. *J. Pediatr. Hematol. Oncol.*, v. 28, n. 3, p. 126-133, 2006.
- MORAES, I.R. de. O uso da radiação ionizante no controle e prevenção de doenças transmitidas por alimentos. *Rev. Hig. Alim.*, v. 14, n.75, p. 36-39, ago., 2000.

- MOURA, L.M.; FINGER, F.L.; MIZOBUTSI, G.P.; GALVÃO, H.L. Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate santa clara e do “mutante firme”. *Hort. Bras.*, v. 23, n.1, 2005.
- MOSTAFAVI, H. A.; MIRMAJLESSI, S. M.; MIRJALILI, S. M.; FATHOLLAHI, H.; ASKARI, H. Gamma radiation effects on physico-chemical parameters of apple fruit during commercial post-harvest preservation. *Rad. Phys. Chem.*, v. 81, n. 6, p. 666-671, 2012.
- NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. *Applied Linear Statistical Models*. Illinois: Richard D. Irwing, 4. ed., 1408p., 1996.
- NIELSEN, S.S. *Food analysis*. 2.ed. Gaithersberg: Aspen. 630p., 1998.
- NIEMIRA, B.A.; SOMMERS, C.H.; FAN, X. Suspending lettuce type influences recoverability and radiation sensitivity of Escherichia coli O157:H7, *J. Food Prot.*, v. 65, p. 1388–1393, 2002.
- OLIVEIRA, G.A.; CASTILHOS, F.; RENARD, C.M.C.; BUREAU, S. Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit. *Food Res. Int.*, v. 60, p 154-162, 2014.
- OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; GONZÁLEZ, L. A.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M. I. H.; MUNUERA, I. P. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biol. Tec.*, v. 57, n. 3, p. 139-148, 2010.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Segurança Alimentar*. Disponível em: < http://www.who.int/foodsafety/foodborne_disease/en/> Acesso em: 15 jan. 2014a.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Global and regional food consumption patterns and trends*. Disponível em: < http://www.who.int/nutrition/topics/3_foodconsumption/en/>. Acesso em: 5 mar. 2014b.
- OSTERHOLM, M.T.; NORGAN, A.P. The role of irradiation in food safety. *N. Engl. J. Med.* v. 350, n.18, p. 1898-1901, 2004.
- PALEKAR, M.P.; DIAZ-CABRERA, E.; KALBASI-ASHTARI, A.; MAXIM, J.E.; MILLER, R.K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; CASTILLO, A. Effect of electron beam irradiation on the bacterial load and sensorial quality of sliced cantaloupe. *J. Food Sci.*, v. 69, n. 9, 2004.
- PANGBORN, R.M. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. *J. Food Sci.*, v. 28, n.6, 726-733, 1963.
- PATTNI, S.; HANLON, C. *Clinical guideline for dietary management of neutropenic patients*. Trust Ref. Number: B38/2008, 2008.

- PINHEIRO, N. M. de S.; FIGUEIREDO, E. A. T. de; FIGUEIREDO, R. W. de; MAIA, G. A. e SOUZA, P. H. M. de . Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. *Rev. Bras. Frut.*, v. 27, n. 1, p. 153-156, 2005.
- PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. *Bol. CEPPA*, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118, 2001.
- QUEVEDO, R; DIAZ, O.; RONCEROS, B. PEDRESCHI, F.; AGUILERA, J.M. Description of the kinetic enzymatic browning in banana (*Musa cavendish*) slices using non-uniform color information from digital images. *Food Res. Int.*, v. 42, p. 1309–1314, 2009.
- RISI G. F.; TOMASCAK V. (1998). Prevention of infection in the immunocompromised host. *Am. J. Infect. Control*, v. 26, n. 6, 594-604, 1998.
- RIVERA, E. V. *A review of chemical disinfection methods for minimally processed leafy vegetables*. 2005. Thesis (M. S.) – Kansas State University, Manhattan, Kansas - U.S.A.
- ROSADO, P.L.; PIRES, M.M.; PEREZ, R. *Frutas processadas sob a forma de salada: preferências dos consumidores e suas implicações no mercado*. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.
- SABATO, S. F.; SILVA, J. M.; CRUZ, J. N.; BROISLER, P. O.; RELA, P. R.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Advances in commercial application of gamma radiation in tropical fruits at Brazil. *Rad. Phys. Chem.*, v. 78, n. 7-8, p. 655-658, 2009.
- SANTOS, A.B.; OZEKI, F.L.; OLIVEIRA, B.M.G.; KIMURA, M. Precisão de escalas de mensuração utilizadas em testes de aceitação. *Alim. Nutr.*, v. 20, n.4, p. 633-639, 2009.
- SANTOS, J. S.; SANTOS, M.L.P.; AZEVEDO, A.S. Validação de um método para determinação simultânea de quatro ácidos orgânicos por cromatografia líquida de alta eficiência em polpas de frutas congeladas. *Quim. Nova*, v. 15, p. 1-5, 2014.
- SANTOS, T.B.A.; SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; PEREIRA, J.L. Microrganismos indicadores em frutas e hortaliças minimamente processadas. *Braz. J. Food Techn*, v. 13, n. 2, p. 141-146, 2010.
- SMITH, L.H.; BESSER, S.G. Dietary restrictions for patients with neutropenia: a survey of institutional practices. *Oncol. Nurs. Forum*, v. 27, n.3, p.515-520, 2000.
- SOLIVA-FORTUNY, R.C., GRIGELMO-MIGUEL, N., HERNANDO, I., LLUCH, M.A., MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on the texture and structural properties of fresh-cut pears. *J. Sci. Food Agric.*, v. 82, p. 1682-1688, 2002.

- SUSHEELA, K.; DAMAYANTI, M.; SHARMA, G. J. Irradiation of Ananas comosus: Shelf life improvement, nutritional quality and assessment of geno- toxicity. *Biomed. Letters*, v. 56, n. 223-224, p. 135-144, 1997.
- SZCZESNIAK, A. Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.*, v.13, p. 215-225, 2002.
- TEIXEIRA, G.H.A; DURIGAN, J.F.; FERRAUDO, A.S.; ALVES, R. E.; O'HARE, T.J. Multivariate analysis of fresh-cut carambola slices stored under different temperatures. *Postharvest Biol. Tec.*, v. 63, p. 91–97, 2012.
- TOFANELLI, M.B.; FERNANDES, M.S.; CARRIJO, N.S.; MARTINS, F. Mercado de frutas frescas no município de Mineiros – Goiás. *Rev. Bras. Frut.* v.29, n.2, 2007.
- TOMSÍKOVÁ, A. Risk of fungal infection from foods, particularly in immunocompromised patients. *Epidemiologie mikrobiologie imunologie casopis Spolecnosti pro epidemiologii a mikrobiologii Ceske lekarske spolecnosti. JE Purkyne*, v. 51, n. 2, p. 78-81, 2002.
- TOURNAS, V. H.; HEERES, J.; BURGESS, L. Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. *Food Microbiol.*, v. 23, n. 7, p. 684-688, 2006.
- TRIGO, M.J; SOUSA, M.B; SAPATA, M. M.; FERREIRA, A.; CURADO, T.; ANDRADA, L.; FERREIRA, E. S.; ANTUNES, C.; HORTA, M. P.; PEREIRA, A. R.; BOTELHO, M. L.; VELOSO G. Quality of gamma irradiated blueberries. *Acta Horti.*, v.715, p. 573–577, 2006.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. *Introduction to the microbiology of food processing*. Small Plant. Food Safety and Inspection Service, 63p., 2012.
- VANAMALA, J.; COBB, G.; LOAIZA, J.; YOO, K.; PIKE, L. M.; PATIL, B. S. Ionizing radiation and marketing simulation on bioactive compounds and quality of grapefruit (*Citrus paradisi* c.v. Rio Red). *Food Chem.*, v. 105, p. 1404–1411, 2007.
- VIEITES. R.L. *Conservação pós-colheita do tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente*. 1998. Tese de Livre-Docência – Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu.
- VILAS BOAS, E. V. B. *Qualidade de alimentos vegetais*. Lavras: UFLA/FAEPE. G. Campbell-Platt, Food Sci. Tech., 59p. , 2009
- VILAS BOAS, E. V. B. *Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi*. Lavras: UFLA/FAEPE. 7p., 2002.
- WALL, M. M. Postharvest Quality and Ripening of Dwarf Brazilian Bananas (*Musa* sp.) after X-ray Irradiation Quarantine Treatment. *Hort. Sci.*, v. 42, n. 1, p. 130-134, 2007.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biol. Tec.*, v. 15, n. 3, p. 201–205, 1999.

WILEY, R.C. *Métodos de conservación de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Zaragoza: Editorial Acribia, 1997. Wiley, R.C. (Ed.). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. p. 65-129.

YADAV, M. K.; PATEL, N. L. Optimization of irradiation and storage temperature for delaying ripening process and maintaining quality of Alphonso mango fruit (*Mangifera indica* L.) *Afr. J. Agric. Res*, v. 9, n. 5, p. 562-571, 2014.

ZAMAN, W.; PAUL, D.; ALAM, K.; IBRAHIM, M. HASSEN, P. Shelf life extension of banana (*musa sapientum*) by gamma radiation. *J. Bio-sci.*, v. 15, p. 47-53, 2007.

ZHAO, M.; MOY, J.; PAUL, R. E. Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin. *Postharvest Biol. Tech.*, v. 8, p. 209-222, 1996.