

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

VANESSA DANIEL GROPPA ORTIZ

Efeito da radiação gama na conservação de suco de laranja
(*Citrus sinensis* L. Osbeck) das variedades Hamlin, Pera e Valência,
usadas na indústria

Piracicaba

2012

VANESSA DANIEL GROPPA ORTIZ

**Efeito da radiação gama na conservação de suco de laranja
(*Citrus sinensis* L. Osbeck) das variedades Hamlin, Pera e Valencia,
usadas na indústria**

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

**Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear
na Agricultura da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente**

**Orientadora: Profa. Dra. Marta Helena Fillet
Spoto**

Piracicaba

2012

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Ortiz, Vanessa Daniel Groppo

Efeito da radiação gama na conservação de suco de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) das variedades Hamlin, Pera e Valencia, usadas na indústria / Vanessa Daniel Groppo Ortiz; orientadora Marta Helena Fillet Spoto. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.

100 p.: il.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Análise sensorial de alimentos 2. Cobalto 60 3. Irradiação de alimentos 4. Microbiologia de alimentos 5. Pasteurização 6. Qualidade dos alimentos 7. Suco de frutas 8. Vida-de-prateleira I. Título

CDU 663.81 : 664.8.039.5

*Aos meus pais, Gerson e Ivani, ao
meu irmão Juliano e ao meu marido
Carlos pelo intenso amor,
companheirismo, apoio e confiança,
sempre me incentivando para a
realização dos meus objetivos.*

*Em especial, à minha querida filha
Maria Clara por me dar mais sentido,
prazer e alegria em viver.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me acompanhar e iluminar os meus caminhos.

Ao Conselho de pós-graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Prof^a. Dra. Marta Helena Fillet Spoto pela orientação, oportunidade, amizade e confiança na realização deste trabalho.

À empresa Citrosuco pelo fornecimento das amostras e colaboração na realização deste estudo.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/USP) pela irradiação das amostras.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.

A todos do Grupo de Extensão em Frutas e Hortaliças (GEFH) pela ajuda na realização das análises, pelo companheirismo, amizade e momentos de alegria.

Ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN/ESALQ) por proporcionar a infraestrutura necessária para a realização do trabalho.

Aos meus pais Gerson e Ivani pelo intenso estímulo e força em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão Juliano e ao colega Guilherme Mei Silva pelo apoio nas viagens de coleta das amostras.

Ao meu marido Carlos Roberto Ortiz pelo apoio e paciência.

Ao grupo de análise sensorial (Eva, Paula, Carol, Guilherme, Carlota, William, Renata, Fernanda e Jéssica) pela colaboração nas análises.

À companheira de trabalho e amiga Paula Porrelli Moreira da Silva pela presença constante nesse trabalho, pelo carinho, paciência, amizade, sempre atenciosa e prestativa.

À amiga Ana Carolina Leme Castelucci por me ajudar a construir esse trabalho, por se fazer tão especial em momentos importantes das nossas vidas.

Aos amigos do laboratório Evanilda T. Perissinotto Prospero, Rafaela R. Zillo, Maria Helena Costa, Renata Casemiro, Fernanda Juliano, Samuel Zanatta, William M. de Abreu, Juliana Prando, Jéssica T. da Silva, Jacqueline Oliveira, Thássia Cardoso, Edinéia D. Mooz pelo auxílio nas análises, companheirismo de muitos anos e incentivo durante o doutorado.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste estudo e me acompanharam nesta caminhada, sempre me ajudando e me dando forças, meu muito obrigado!

RESUMO

ORTIZ, V. D. G. **Efeito da radiação gama na conservação de suco de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) das variedades Hamlin, Pera e Valência, usadas na indústria.** 2012. 100 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

Apesar da citricultura brasileira deter a liderança mundial na produção de laranjas e de suco de laranja concentrado congelado (*FCOJ, frozen concentrated orange juice*), observa-se baixo consumo no mercado interno de frutos e de suco in natura, o preferido pelo consumidor brasileiro. Assim, há grande interesse no desenvolvimento de produtos, técnicas de produção e conservação específica para variedades de laranja. As indústrias que produzem suco de laranja a partir do processamento da fruta in natura, conhecido como suco pasteurizado não proveniente do suco concentrado, *Not From Concentrate* (NFC), enfrentam sérios problemas tecnológicos. As frutas apresentam variabilidade química e sensorial devido às características intrínsecas, podendo variar o sabor e aroma devido às diferentes variedades disponíveis ao longo do ano. O objetivo do presente trabalho foi otimizar o processo da radiação gama em suco de laranja, escolhendo a melhor dose, a fim de reduzir a contagem microbiana e não comprometer as características sensoriais e físico-químicas do suco. Definidas as doses, o objetivo foi avaliar as características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do suco de laranja proveniente de três variedades cítricas, submetido aos processos de pasteurização e irradiação e desenvolver uma terminologia descritiva e o perfil sensorial de suco de laranja. As amostras foram avaliadas por uma equipe treinada de nove provadores e avaliadas quanto à aceitação, com escala hedônica de sete pontos por cinquenta provadores. Tendo em vista os resultados obtidos, a radiação gama e a pasteurização contribuíram para a redução das contagens microbiológicas. No entanto, sensorialmente, os tratamentos com 4,5 e 6,0 kGy foram considerados abaixo do limite de aceitabilidade, quanto ao sabor e à impressão global. As doses estudadas mostraram reduzido impacto sobre as características físico-químicas, independente das variedades cítricas. O tratamento com 3,0 kGy resultou em suco com aroma e sabor acentuado de remédio e cozido, que provavelmente terão influência negativa na aceitabilidade do produto.

Palavras-chave: Cobalto 60; Pasteurização; Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).

ABSTRACT

ORTIZ, V. D. G. **Effect of gamma radiation on the preservation of Hamlin, Pera and Valência, varieties orange juice (*Citrus sinensis* L. Osbeck) used in industry.** 2012. 100 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

The Brazilian citrus is the global leader in production of oranges and frozen concentrated orange juice (FCOJ) there is low domestic consumption of fruits and fresh juice, preferred by Brazilian consumers. Thus, there is a great interest by development of products, processes and specific conservation to the cultivation of citrus varieties for the juice's production. The industries produce orange juice from the fresh fruit processing, known as pasteurized juice not from concentrate juice (NFC), have serious technological problems. The fruits have chemical and sensory variability due to intrinsic characteristics and can vary the flavor and smell of orange juice because the different varieties available throughout the year. The aim of this study was to optimize the process of gamma radiation in orange juice, picking the best dosage in order to reduce microbiological count and that doesn't compromise the sensory characteristics and physicochemical juice. Defined dosages, the objective was to evaluate the microbiological, physicochemical and sensory orange juice from different varieties subjected to pasteurization and irradiation and develop a descriptive terminology and sensory profile of orange juice. The sensorial attributes analysed in this study were appearance, smell, flavor and texture. The samples were evaluated by a trained panel of nine tasters and evaluated for acceptance, with seven-point hedonic scale for fifty tasters. In view of these results, gamma radiation and pasteurisation contributed to the reduction of microbiological counts. However, sensory, treatments with 4.5 and 6.0 kGy were considered the limit of acceptability for flavor and overall impression. The doses studied showed little impact on the physical and chemical characteristics, independent of the citrus varieties. Treatment with 3.0 kGy resulted in juice with aroma and sharp taste of medicine and baked, which will probably have a negative influence on the acceptability of the product.

Keywords: Cobalto 60; Pasteurization; Quantitative Descriptive Analysis (QDA).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	9
1.1 Objetivos	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Características do suco de laranja.....	11
2.2 Variedades cítricas	15
2.3 Pasteurização	17
2.4 Irradiação	18
2.5 Análise Sensorial	22
2.5.1 Métodos descritivos.....	22
2.5.2 Métodos afetivos	24
Referências.....	26
3 OTIMIZAÇÃO DAS DOSES DA RADIAÇÃO GAMA EM SUCO DE LARANJA.....	32
Resumo.....	32
Abstract	32
3.1 Introdução.....	33
3.2 Material e Métodos.....	34
3.3 Análises Microbiológicas	36
3.4 Análises Físico-Químicas	36
3.4.1 pH	37
3.4.2 Teor de Sólidos Solúveis (TSS).....	37
3.4.3 Acidez Titulável (AT).....	37
3.4.4 Relação sólidos solúveis/acidez titulável (<i>ratio</i>)	37
3.4.5 Cor	37
3.5 Análise Sensorial - Teste Hedônico	38
3.6 Análise Estatística.....	39
3.7 Resultados e Discussão	39
3.8 Conclusão	43
Referências.....	43
4 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA CONSERVAÇÃO DE SUCO DE LARANJA (<i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck) DAS VARIEDADES HAMLIN, PERA E VALÊNCIA.....	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46

4.1 Introdução	47
4.2 Material e Métodos.....	48
4.3 Análises Microbiológicas	49
4.4 Análises Físico-Químicas	49
4.4.1 Compostos fenólicos	49
4.4.2 Ácido Ascórbico	49
4.5 Análise Sensorial	50
4.5.1 Teste de aceitação - Escala Hedônica.....	50
4.5.2 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	50
4.6 Análise Estatística.....	59
4.7 Resultados e Discussão	59
4.7.1 Análises microbiológicas	59
4.7.2 Análises físico-químicas.....	65
4.7.2.1 pH	65
4.7.2.2 Teor de Sólidos Solúveis (TSS).....	66
4.7.2.3 Acidez Titulável (AT)	68
4.7.2.4 Índices de Cor	69
4.7.2.5 Compostos Fenólicos	73
4.7.2.6 Teor de Ácido Ascórbico.....	74
4.7.2.7 Relação TSS/AT (Ratio)	75
4.8 Análise Sensorial - Teste Hedônico	77
4.8.1 Aroma	77
4.8.2 Sabor	78
4.8.3 Textura	79
4.8.4 Impressão Global.....	80
4.9 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	81
4.9.1 Aparência	81
4.9.2 Textura	85
4.9.3 Aroma.....	86
4.9.4 Sabor	90
4.10 Conclusão	95
Referências.....	96

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o líder mundial na produção de laranja e exportação de suco concentrado e congelado (*FCOJ, frozen concentrate orange juice*) tendo produzido na safra de 2009, 18.331.978 toneladas de laranja (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010).

Um dos principais problemas da cadeia comercial da laranja brasileira é o baixo consumo no mercado interno de frutos e do suco in natura; no ano de 2009, apenas 30% do total de frutos produzidos foram vendidos no mercado interno. O consumo médio de suco de laranja pelos brasileiros é de 20 litros por habitante ao ano, sendo que desse total, pouco mais de um litro é de suco industrializado (IBGE, 2010).

Neves e Lopes (2005) propõem uma agenda de ações necessárias para o desenvolvimento do setor citrícola. Uma ação importante seria o fomento ao consumo de alimentos in natura com uso de *marketing* intenso, assim como o compromisso do envolvimento de todos os componentes da cadeia produtiva no desenvolvimento de produtos e técnicas específicas para o cultivo de variedades cítricas que são utilizadas para consumo in natura ou para a produção de suco. Neste sentido, a citricultura brasileira, que já tem apresentado nos últimos anos notável desenvolvimento do setor de frutas para processamento industrial (suco), deveria também adotar novas tecnologias de condução dos pomares, com o uso de mudas de melhor qualidade e novos materiais genéticos específicos para a comercialização da fruta fresca.

Apesar de ser um produto com grande demanda para a exportação, o FCOJ utiliza 72% da produção nacional de laranjas, mas não é um produto que apresenta um consumo acentuado em âmbito nacional. O suco reconstituído nada mais é do que o suco congelado adicionado de água e outros aditivos, comercializado pronto para beber, geralmente em caixas cartonadas e sem necessidade de refrigeração. O suco pasteurizado também é vendido pronto para beber, mantido sob refrigeração. Este suco apresenta o diferencial de ser submetido a processamento térmico mais brando, fazendo com que suas características sensoriais sejam mais próximas as do produto fresco (GOMES, 2006).

O crescimento do setor de bebidas, baseado tanto no aumento do volume de produção quanto no aumento do consumo *per capita*, tem despertado interesse da indústria para a

produção de novos tipos de produtos (REINOLD, 2000). Em 2010, o consumo mundial de bebidas não alcóolicas foi de 1.611 bilhões de litros correspondentes às bebidas carbonatadas, sucos, néctares, refrescos, o suco de laranja representam 1,5% do consumo total das bebidas consumidas (CITRUSBR, 2012). Nesse mesmo ano, o consumo mundial de suco de laranja representou 21.219 milhões de litros. Os EUA ocupa o 1º lugar no ranking do consumo mundial de suco de laranja, com 809 mil toneladas de FCOJ, no entanto, o Brasil ocupa o 10º lugar, consumindo 45 mil toneladas de FCOJ (CITRUSBR, 2012).

Uma vez que o Brasil é o maior produtor e exportador de suco de laranja, estudos nessa área são necessários para que o país não somente permaneça neste *ranking*, como também possa ser fonte de novas tecnologias na produção de sucos. Neste contexto, o presente trabalho visa estudar o efeito da radiação gama no suco de variedades de laranja como forma de conservação do suco.

1.1 Objetivos

- Otimizar o processo da radiação gama em suco de laranja, escolhendo a melhor dose, a fim de reduzir a contagem microbiana e que não comprometa as características físico-químicas e sensoriais;
- Avaliar as características microbiológicas, físico-químicas de sucos de laranja provenientes das variedades de laranja Hamlin; Pera e Valência submetido aos processos de pasteurização e irradiação;
- Desenvolver uma terminologia descritiva e avaliar a aceitabilidade do suco de laranja irradiado e pasteurizado obtido de diferentes variedades de laranjas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características do suco de laranja

A exportação brasileira de suco de laranja movimentou US\$ 178,6 milhões em 2012, alta de 63,85% sobre os US\$ 109 milhões faturados em 2011 (CITRUSBR, 2012). Não há nenhum outro produto industrializado em que a presença do Brasil seja tão marcante. Esse crescimento teve uma base tecnológica permanente, nas técnicas de plantio e de defesa sanitária, no processamento e na logística de transporte (AGROANALYSIS, 2012).

Apesar de possuir predominância produtiva, tecnológica e competitiva na atividade econômica, os desafios do setor exportador de sucos cítricos no Brasil não são pequenos. Desde 2001, o consumo mundial de suco caiu 17%. Nos Estados Unidos e na Europa Ocidental, a queda foi de 29% e 10%, respectivamente. A concorrência com outras bebidas, como refrigerantes, isotônicos e águas aromatizadas, fica cada vez mais acirrada e abala o mercado de suco de laranja. Além disso, os hábitos de consumo mundial mudam e as exigências por produtos mais próximos do natural, principalmente na Europa, forçam as empresas brasileiras a desenvolver tecnologias e logísticas para comercialização de suco integral (NFC). Desde 2003, quando começou a ser exportado, o NFC tornou-se o produto mais valorizado no mercado internacional. Ainda assim, é necessário grande esforço do setor para retomar o consumo mundial de suco de laranja (AGROANALYSIS, 2012).

Os vários tipos de sucos existentes no mercado são definidos pelo processamento após a extração, podendo ser produzidos em pequena escala para consumo imediato; embalados sem tratamento térmico, para consumo em algumas horas, ou ser produzidos em escala comercial para distribuição mais ampla, desde que um processo de preservação seja utilizado (SPOTO, 2007). O suco de laranja é um dos sucos mais consumidos e apreciados em todo o mundo e constitui num produto complexo, formado por uma mistura aquosa de vários componentes orgânicos voláteis e instáveis, responsáveis pelo seu sabor e aroma, além de açúcares, ácidos, sais minerais, vitaminas e pigmentos (SALADO; SILVA; NOGUEIRA, 1988; CORRÊA NETO; FARIA, 1999; ALMEIDA et al., 2003).

Os frutos cítricos constituem boas fontes de vitaminas C tendo seu valor nutritivo aumentado pelos aminoácidos, sais minerais, carboidratos e outros compostos. A cor é proporcionada pelos pigmentos carotenóides, clorofila e flavonóides e o aroma, pelos óleos essenciais voláteis encontrados na casca (SALADO; SILVA; NOGUEIRA, 1988).

Entre os carboidratos presentes destacam-se a sacarose, glicose e frutose. O conteúdo de açúcares pode variar de 1 a 15%, dependendo da espécie e da variedade da laranja, bem como do clima, solo e grau de maturação (SALADO; SILVA; NOGUEIRA, 1988). Os sólidos solúveis são compostos formados essencialmente pelos ácidos orgânicos e açúcares. A acidez dos sucos é caracterizada pelo ácido cítrico (70-90%), seguido pelo ácido málico e oxálico e quantidades reduzidas de succínico, malônico e tartárico (DAVIES; ALBRIGO, 1994).

A qualidade do suco de laranja é influenciada por fatores microbiológicos, enzimáticos e químicos, que comprometem suas características sensoriais (aroma, sabor, cor, consistência, estabilidade da turbidez, separação de fases) e nutricionais (vitaminas). Esses fatores, em conjunto com as alterações durante o acondicionamento, distribuição e estocagem irão influenciar a vida útil do produto (GRAUMLICH; MARCY; ADAMS, 1986).

Processos alimentares que retardam a deterioração dos alimentos e prolongam sua vida útil prestam importante contribuição à segurança mundial dos alimentos ao fornecerem aos consumidores alimentos cuja segurança e qualidade nutricional são inquestionáveis. Deve-se assegurar que os consumidores recebam alimentos seguros e nutritivos e que as leis e regulamentações que administram os alimentos e a segurança alimentar baseiem-se em ciência apropriada. É a ciência, aplicada à produção, processamento, embalagem e distribuição dos alimentos, é o que permite fabricar produtos seguros, integrais e nutritivos. Um objetivo principal do processamento de alimentos é retardar sua deterioração e prolongar sua vida útil (OLIVEIRA, 2007).

Várias mudanças podem ocorrer nos alimentos durante o processamento e a estocagem. As alterações na qualidade de bebidas à base de frutas envolvem mudanças físico-químicas, microbiológicas e sensoriais geralmente relacionadas ao tratamento térmico, composição química, temperatura de armazenamento, embalagem, entre outros fatores. As alterações sensoriais afetam a cor, o aroma, o sabor e a consistência da bebida, enquanto as principais alterações físico-químicas relacionam-se às reações oxidativas e as microbiológicas, ao crescimento de bolores e leveduras (SINGH, 1994).

A industrialização de alimentos visa à obtenção de produtos com características sensoriais e nutricionais próximas ao in natura e que sejam seguros sob o ponto de vista microbiológico. Nas operações de processamento e durante o armazenamento de suco de frutas ocorrem transformações, que podem resultar em perdas no sabor ou aparecimento de sabor desagradável, devido a várias reações bioquímicas complexas entre os seus constituintes (GAVA, 1985).

Os sucos prontos para beber, pasteurizados e comercializados sob refrigeração, constituem um segmento que desperta grande interesse nos fabricantes desse produto, por se acreditar que esse seja um mercado promissor, devido à tendência do consumidor moderno em preferir o alimento refrigerado (PRATI, 2004).

Dentre os fatores que podem afetar a qualidade de um produto processado termicamente pode-se considerar o desenvolvimento microbiano, a temperatura de estocagem, a disponibilidade de oxigênio, bem como a característica de barreira do sistema de embalagem. A estabilidade ou vida útil de um produto alimentício é o período de tempo no qual, em condições definidas (temperatura, umidade relativa), há uma tolerável diminuição da qualidade deste produto embalado (PIERGIOVANNI, 1998).

A embalagem pode também ser responsável por alterações sensoriais e físico-químicas no suco. O oxigênio pode estar dissolvido no produto, no espaço livre da embalagem ou pode permear pelo material da embalagem, favorecendo reações de oxidação, provocando perda de vitamina C e produção de pigmentos escuros devido ao escurecimento não enzimático (QUEIROZ; MENEZES, 2005; TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006).

A utilização de garrafas plásticas para o envase de sucos tem aumentado nos últimos anos, pois, quando comparadas a outros materiais convencionais, apresentam vantagens, como peso reduzido, facilidade de descarte, menor fragilidade à quebra, resistência à corrosão, fácil enchimento, boas condições de transporte, comodidade de manuseio, além da fabricação requerer menores investimentos em equipamentos e instalações (CARASCHI; LEÃO, 2002; EVANGELISTA, 1994).

Alterações sensoriais que ocorrem no suco de laranja durante o processamento do suco, levam à perda do aroma e sabor natural característico e formação de sabor estranho (*off-flavor*), influenciando a aceitação do suco pelo consumidor. Estudos relatam que o tratamento térmico e as condições de estocagem são fatores críticos para a estabilidade e qualidade do suco de laranja e, conseqüentemente, para sua aceitação (CORREA NETO; FARIA, 1999; QUEIROZ; MENEZES, 2005; TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006).

Della Torre et al. (2003) estudando diferentes temperaturas de pasteurização e tempo de retenção, comparados com amostras de suco de laranja natural não-processado, observaram que o suco de laranja natural processado sob a condição mais severa (87°C/58s) foi melhor aceito pelos provadores, apresentando maior intensidade de aroma e sabor de laranja natural e maior intenção de compra em relação ao suco de laranja pasteurizado de marca comercial.

Em estudo realizado por Teixeira (2006), o suco de laranja fresco apresentou média de aceitação superior a do concentrado reconstituído e do suco pasteurizado em relação aos atributos cor, aroma, sabor e impressão global.

O mercado interno consome 25 milhões de litros por ano de suco pronto para beber; nos próximos anos, a indústria estima que a produção deva atingir 140 milhões de litros/ano. O brasileiro é mais exigente, pois está acostumado a um suco de laranja elaborado na hora, não pasteurizado, diferente do sabor homogeneizado do suco industrializado. Muitas empresas têm desenvolvido estratégias como a criação de alternativas de sabor, embalagens e produtos, incrementadas por uma boa estratégia de *marketing*, para criar o hábito brasileiro de consumir sucos prontos para beber. Segundo Gomes (2006), devido aos novos hábitos e à crescente tendência ao consumo de produtos naturais, houve um aumento na demanda de suco de laranja e surgiram novas formas de comercialização do produto. Existem basicamente três formas de comercialização do suco de laranja: suco concentrado e congelado (FCOJ), suco reconstituído e suco pasteurizado (NFC).

As etapas iniciais de todas as formas de processamento do suco de laranja são as mesmas. As laranjas são colhidas manualmente, quando a relação está satisfatória entre o teor de sólidos solúveis e a acidez, e são transportadas em caminhões a granel até a indústria. Quando o caminhão chega à indústria são retiradas amostras que são levadas aos laboratórios onde são analisados determinados parâmetros de qualidade, que irão influenciar no planejamento da produção e no controle de qualidade (TRIBESS, 2003).

As frutas são descarregadas pelo caminhão e vão para silos de estocagem, onde são agrupadas de acordo com a semelhança entre suas características e aguardam até serem processadas. Quando retiradas dos silos, as frutas são lavadas em água clorada, selecionadas manualmente, e as frutas impróprias para o processamento são descartadas.

A extração do suco é feita em unidades que funcionam à base de compressão do fruto integral. As indústrias processadoras de suco de laranja utilizam a extratora FMC, que é constituída de dois copos em forma de dedos que se interpenetram, comprimindo a laranja inteira. Após a extração o suco passa por centrifugação e pasteurização. A pasteurização é realizada de maneira rápida, pelo HTST (High Temperature, Short Time) realizada a uma

temperatura de 95° C por 20 segundos. Após, o suco é resfriado e envasado usualmente em garrafas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) ou vidro. Deve ser mantido sob refrigeração, o tempo de vida útil é, em média, 35 dias.

2.2 Variedades cítricas

A laranja é um fruto cítrico composto por epicarpo, mesocarpo, endocarpo, columela e sementes. No epicarpo ou flavedo, estão presentes os carotenóides que são responsáveis pela coloração alaranjada do fruto maduro, além de limoneno e óleos essenciais que proporcionam aroma e sabor característicos da laranja (QUEIROZ; MENEZES, 2005; SALUNKHE, 1995). O mesocarpo ou albedo é caracterizado por uma camada branca e esponjosa contendo flavanonas que são responsáveis pelo sabor amargo, pectina que possui propriedade espessante no suco, e fibras à base de celulose (QUEIROZ; MENEZES, 2005). Imediatamente abaixo do mesocarpo, são encontrados os gomos do fruto, contendo as vesículas de suco, separadas por um material membranoso, que constitui o endocarpo (TETRA PAK, 1998). A columela é a porção central branca da laranja onde se encontram as sementes. As sementes possuem limonina que, durante o processo de extração, é levada para o suco contribuindo para o amargor do produto final (MACEDO, 2002). As membranas que recobrem os gomos e parte da columela e do albedo fornecem as polpas adicionais que podem ser extraídas juntamente com o suco (BARBOSA, 2006). À medida que o fruto amadurece aumentam a participação do flavedo e das vesículas de suco no fruto, enquanto que o albedo e a membrana diminuem (TING, 1983).

Os citros compreendem um grande grupo de plantas da família *Rutaceae*, sendo a maioria das espécies pertencentes ao gênero *Citrus* (SWINGLE, 1967). Os frutos cítricos são constituídos por água, mas também contêm carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos, ácido ascórbico, minerais, flavonoides, carotenóides, compostos voláteis, lipídeos e proteínas (DAVIES; ALBRIGO, 1994). Os disponíveis comercialmente podem ser agrupados em laranjas doces (*Citrus sinensis* L. Osbeck), tangerinas (*Citrus reticulata* Blanco) entre outros. *Citrus sinensis* L. Osbeck é a espécie mais importante comercialmente, sendo que dois terços da produção mundial são constituídos desta espécie de laranja. A laranja doce é bastante consumida como fruto fresco, mas nos Estados Unidos e no Brasil, ela é principalmente usada pelas indústrias processadoras de suco de laranja (DONADIO, 1999; KIMBALL, 1991).

As frutas cítricas apresentam comportamento de maturação não-climatérico (a maturação cessa no momento da colheita) e devem ser colhidas no ponto exato de consumo. As frutas destinadas à produção de suco apresentam diferentes períodos de maturação. Esses períodos classificam as variedades em precoces, meia estação e tardias, considerando a época de maturação. As principais variedades de laranja doce cultivadas no Brasil para fins comerciais são a Pera, Valência, Natal e Hamlin.

A variedade Hamlin, com frutos menores, fornece em média 41% de suco, é considerada a laranja mais precoce em maturação, com baixa acidez e o suco tem a cor mais fraca entre as variedades (FIGUEIREDO, 1991), apresenta teor de sólidos solúveis de 12,0° Brix, acidez titulável de 0,96% de ácido cítrico e valores da relação teor de sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) de 12,5 (FIGUEREIDO, 1991).

A laranja Pera é considerada a mais importante para a indústria de sucos, porque seu fruto possui alta resistência durante o transporte e processamento, e ainda, oferece elevado rendimento de suco. Os frutos têm forma ovalada, com três a quatro sementes e peso médio de 145g, a casca é de cor alaranjada, de espessura fina a média, tem polpa de cor laranja viva e textura firme, com suco abundante correspondente a 52% de peso do fruto. Apresenta em média porcentagem de sólidos solúveis iguais a 11,8° Brix, acidez 0,95% de ácido cítrico e ratio de 12,5 (FIGUEIREDO, 1991). A principal época de colheita é julho, sendo considerada de meia estação (DONADIO, 1995).

A variedade Valência, de maturação tardia, também é uma variedade indicada para a produção de suco, pois quando madura apresenta elevado rendimento em suco, cerca de 50%. Tal variedade possui teor de sólidos solúveis de 11,8° Brix, acidez titulável de 1,05% de ácido cítrico e ratio igual a 11,2.

O estado de São Paulo, maior produtor do país, por possuir solo bastante favorável à produção de diversas espécies de laranja, consegue reduzir a ociosidade da indústria nacional e permite uma safra mais longa que a norte-americana. O mercado interno é abastecido como fruto in natura praticamente o ano inteiro. Possui cerca de 760 mil hectares de plantações citrícolas (FNP, 2008), sendo responsável pela maior produção desta cultura, cerca de 80% da produção do país. A população de variedade comercial é composta basicamente por Pera (45%), Natal (24%), Valência (13%) e Hamlin (5%). As outras variedades representam apenas 13% do total.

2.3 Pasteurização

A intensidade do tratamento térmico é resultado de uma combinação dos parâmetros tempo-temperatura devendo ser prevista em função das propriedades sensoriais desejáveis no produto final, já que o calor altera a coloração, o odor, o sabor e a textura do alimento, sendo dependente, principalmente, do valor do pH, da resistência térmica do microrganismo a ser destruído, da composição e das características físicas do alimento (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

A pasteurização de sucos e polpas de frutas visa à inativação de enzimas e à destruição de microrganismos, consiste em submeter o produto à temperatura em torno de 90° C durante alguns segundos, ou em temperatura mais reduzida por um período de tempo mais prolongado, sendo empregadas temperaturas de 65°C durante 30 minutos, 77°C durante 1 minuto ou 88°C durante 30 segundos (FELLOWS, 1994; BARCELOS; FERRUA, 2003). Pode ser realizada em trocadores de calor tipo tubular ou de placas.

Os alimentos submetidos ao processamento térmico brando, como a pasteurização e armazenados sob refrigeração, apresentam características sensoriais semelhantes às do produto fresco, o que agrada o paladar brasileiro, que é extremamente exigente em relação ao odor e sabor natural de sucos, detectando alterações devido a um tratamento térmico intenso (ALVES; GARCIA, 1993; CORRÊA NETO, 1998).

A inativação total da enzima pectinesterase está relacionada com o pH e a quantidade de polpa. Quanto mais alto o pH e conteúdo de polpa, maior será a quantidade de calor necessária para a inativação. Como esta enzima se associa com as partículas sólidas de citros, à medida que a percentagem de polpa aumenta em sucos frescos a atividade da enzima aumenta proporcionalmente (SPOTO, 2007).

Existem diversos trabalhos científicos que citam diferentes combinações de tempo e temperatura para que a pasteurização seja eficiente no seu propósito de conservação.

Moshonas e Shaw (1997) determinaram os efeitos dos tratamentos térmicos, brando (98°C/11s) e drástico (98°C/37s) no suco de laranja Valência sobre as características sensoriais em relação à aceitação do aroma e sabor do suco, através do teste triangular e teste de escala hedônica de 9 pontos, respectivamente. Os provadores detectaram diferenças entre o suco fresco e o suco pasteurizado pelo tratamento térmico drástico.

Corrêa Neto (1998), estudando o processamento de suco de laranja pasteurizado acondicionado em garrafas de polietileno teraftalato (PET), avaliou o efeito dos tratamentos térmicos a 72°C/16s e 91°C/40s sobre as características sensoriais, os provadores deram preferência pelo produto submetido ao processo mais brando.

Sugai et al. (2002) avaliaram três diferentes temperaturas de pasteurização (82,5° C; 85,0° C e 87,0° C) e tempos de retenção variando de 11 a 59 segundos, concluíram que a temperatura de pasteurização mais apropriada para o suco de laranja natural foi 87,0° C e com tempo de retenção variando de acordo com o pH do suco.

Neves et al. (2007), estudando polpa de manga, avaliaram o processo de pasteurização (95°C por 1 minuto) durante 28 dias de armazenamento. Concluíram que os resultados foram bastante satisfatórios para descontaminação microbiológica, para a manutenção das características físico-químicas e preferência sensorial.

2.4 Irradiação

O tratamento de frutas e hortaliças com radiação gama tem como principal finalidade assegurar sua preservação, isto é, aumentar o período de tempo no qual esses produtos ainda estarão adequados para o consumo. Esse processo pode envolver a inativação de microrganismos, fungos, bactérias e leveduras, por alterar suas estruturas moleculares e impedir a divisão de células vivas e o retardo da maturação, ao induzir alterações bioquímicas nos processos fisiológicos do tecido vegetal, atribuindo consideráveis vantagens econômicas

ao produto (URBAIN, 1986b; FIGUEIREDO, 1990; IEMMA et al., 1999; SMITH; PILLAI, 2004).

A irradiação de alimentos, como todos os outros processos, afetam componentes como os carboidratos, lipídios e proteínas através de trocas durante a ionização. Geralmente, os macronutrientes (proteínas, lipídios, carboidratos) e minerais não sofrem alterações na qualidade quando expostos à radiação gama. No entanto, as vitaminas A, C e E, consideradas sequestradores de radicais livres, são mais sensíveis e são reduzidas após radiação com doses altas, porém, o efeito decorrente é semelhante ao da pasteurização. A extensão destas perdas é dependente das condições do processo, como temperatura e dose aplicada, podendo ser minimizada com a utilização de técnicas de embalagem (SCOTT SMITH; PILLAI, 2004).

No tratamento com radiação, os alimentos são geralmente embalados de forma a prevenir a recontaminação. Como resultado da exposição à radiação, algumas propriedades químicas e físicas dos materiais poliméricos podem se alterar. Tais mudanças dependem tanto da composição do polímero, quanto das condições de radiação. A radiação pode levar à cisão de cadeia ou de reticulação de polímeros. A reação predominante durante a radiação na maioria dos materiais plásticos utilizados para embalagem de alimentos, tais como polietileno, polipropileno e poliestireno é de ligação cruzada. Esta ligação pode diminuir a elongação, solubilidade, cristalinidade e, ainda, aumentar a resistência mecânica dos polímeros (OZEN, FLOROS; 2001).

Estudo com polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) e filme PVC indicou que a cristalinidade dos materiais não se alterou após a radiação nas doses entre 0,0 e 8,0 kGy (VARSANYI, 1975). Rojas de Gante e Pascat (1990) também não detectaram qualquer mudança significativa na estrutura molecular do polietileno de baixa densidade e do polipropileno biorientado em doses altas (10 a 50 kGy).

A natureza e extensão das alterações dependem da composição do alimento, principalmente do conteúdo de água, dose de radiação, temperatura e presença ou ausência de oxigênio no processo (KILCAST, 1994; WIENDL, 1984). Ao serem utilizadas elevadas doses de radiação, os radicais livres podem ser formados em tão altas concentrações que a reação de recombinação com outros radicais pode ser favorecida, diminuindo, desta maneira, a quantidade de reações indiretas. Os efeitos primários da radiação, ionização e excitação eletrônica são independentes da temperatura do processo; contudo, os efeitos subsequentes podem ser afetados por ela. A presença de oxigênio durante o processo de radiação pode causar alterações químicas nos alimentos, pois a molécula O_2 é capaz de reagir com outros

radicais, formando radicais peróxidos, com conseqüente autoxidação paralela em sistemas oxigenados. Alimentos que contêm lipídios são particularmente afetados pelo O₂ durante a irradiação, podendo desenvolver *off-flavor* ou rancidez (URBAIN, 1986b).

A irradiação pode ser chamada de "processo a frio" porque a variação de temperatura dos alimentos processados é insignificante. Ao contrário do processo térmico, a energia da radiação que é consumida é insuficiente para aumentar a energia térmica das moléculas que a absorvem. Além disso, a energia necessária para a esterilização promovida pela radiação é de 50 vezes menor da requerida pelo calor (PEREIRA, 2004). O nível máximo de energia absorvida ou dose de radiação recomendado pela Comissão do Codex Alimentarius para o tratamento de alimentos (10 kGy) é equivalente à energia de calor necessária para aumentar a temperatura da água em apenas 2,4° C (LOAHARANU, 1996).

A absorção da radiação ionizante causa alterações químicas nos componentes celulares dos microrganismos, as quais podem ter conseqüências para a atividade das células. De todos os mecanismos que estão envolvidos na ação da radiação sobre as células como alteração na membrana celular; efeito nas enzimas; efeitos nos processos de síntese; particularmente síntese de DNA e RNA; efeitos no metabolismo energético através da redução da fosforilação; as alterações no DNA celular que afetam as funções normais celulares; incluindo a reprodução são consideradas as mais importantes, podendo ocasionar a morte das células. Leveduras e bolores têm susceptibilidade à radiação comparada a de algumas bactérias formadoras de esporos, sendo que as doses letais para leveduras estão aproximadamente na faixa de 4,65 a 20 kGy e para os bolores entre 2,5 e 6,0 kGy (URBAIN, 1986a).

O comitê misto de especialistas *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e *World Health Organization* (WHO) em estudo sobre a integridade dos alimentos irradiados, determinou que os alimentos submetidos à dose média de 10 kGy de radiação não apresentam risco toxicológico e não induz a qualquer problema nutricional e microbiológico aos humanos (WHO, 1981).

No ano de 2003, após inúmeros estudos com alimentos e doses maiores que 10 kGy, a Comissão do Codex Alimentarius, na revisão da Norma geral do Codex para alimentos irradiados, permitiu tratamento em alimentos com a utilização de qualquer dose para atingir o objetivo tecnológico proposto (CODEX GENERAL STANDARD FOR IRRADIATED FOODS, 2003).

A resolução RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, determina que “qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as condições de dose mínima, a qual deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima absorvida, deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento” (BRASIL, 2001). Nesta resolução são definidos irradiação de alimentos, alimento irradiado, radiação ionizante, dose absorvida e irradiadores. Como requisito, a irradiação não deve ser utilizada em substituição às boas práticas de fabricação ou agrícolas. Na rotulagem de alimentos irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal a frase “Alimento tratado por processo de irradiação”.

Em 2011 a Instrução Normativa nº 9 (BRASIL, 2011) autorizou a radiação ionizante como tratamento fitossanitário para fins quarentenários, podendo ser utilizada como um tratamento único ou combinado com outros tratamentos como parte integrante de um sistema de medidas fitossanitárias para o gerenciamento de risco de pragas. Para fins quarentenários, a radiação ionizante pode ser fornecida por isótopos radioativos (raios gama de Cobalto 60), elétrons acelerados com energia máxima de 10 MeV e por meio de raios X com energia de até 5 MeV. Sendo a dose de energia absorvida o Gray, o qual estabelece a quantidade de um joule de energia absorvida por quilograma do produto.

Pesquisas desenvolvidas com radiação em frutas e hortaliças, de acordo com Spoto (1988) atestam que um tratamento promissor para sucos de frutas pode ser a combinação da radiação gama com a refrigeração. O aquecimento moderado ou a refrigeração, combinados com a radiação, causam efeito inibitório sobre a multiplicação de microrganismos deteriorantes, reduzindo a dose de radiação requerida para o seu controle. Foley et al. (2002) estudando suco de laranja irradiado observaram que *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* podem sobreviver no suco fresco com pH de 3,6 por até 25 dias e que a radiação com 3,5 e 4,0 kGy, respectivamente, minimiza as populações desses microrganismos do suco de laranja. O suco de laranja irradiado com doses de 2,4 e 2,65 kGy apresentou uma redução de 5 ciclos logarítmicos para *Salmonella* e *L. monocytogenes*, respectivamente. Entretanto, a irradiação

com doses superiores a 0,7 kGy ocasiona a formação de aromas indesejáveis que tornam o produto com menor aceitação sensorial.

Alcarde, Walder e Horii (2003), estudando a irradiação de mosto de caldo de cana-de-açúcar, observaram que a radiação gama reduziu a população de bactérias contaminantes como *Bacillus* e *Lactobacillus*, sendo um eficiente tratamento para descontaminar esse produto.

Lee et al. (2009), relataram que suco de tamarindo fresco pronto para beber apresentou aumento significativo no conteúdo total de antioxidantes, sem ter havido nenhuma alteração sensorial até 5,0 kGy. Houve, inclusive, melhoria na cor do suco fresco e irradiado durante o armazenamento.

Em estudo com kiwis irradiados com Cobalto 60 com doses de 0, 1,0, 2,0 e 3,0 kGy, Kim e Yook (2009) deduziram que a radiação gama foi eficaz na inativação de fungos deteriorantes, e, além disso, observaram que a irradiação não afetou o teor de Vitamina C, atividade antioxidante e textura dos kiwis tratados. A avaliação sensorial indicou que houve preferência nos frutos tratados com 3,0 kGy quanto à doçura e aceitabilidade geral. Concluindo, portanto, que a irradiação com 2,0 e 3,0 kGy trouxe benefícios na qualidade sensorial e físico-química do fruto.

2.5 Análise Sensorial

2.5.1 Métodos descritivos

Com avaliação sensorial é possível se diagnosticar de forma científica e objetiva as características que influem na aceitabilidade do alimento ou bebida pelo consumidor, utilizando-se os sentidos de uma equipe integrada por um grupo de pessoas, treinadas ou não para analisar diferentes características sensoriais dos alimentos (TEIXEIRA; MEINERT; BABETTA, 1987).

Para que um alimento seja bem aceito pelo consumidor, as características que determinam sua qualidade devem ser satisfeitas. Tais características se referem ao conjunto dos atributos referentes à aparência, sabor, aroma e textura, o qual está relacionado com os atributos físicos e químicos do produto. A avaliação destas características é feita através do emprego de métodos de análise sensorial, os quais se constituem em importantes ferramentas no desenvolvimento de novos produtos e dependem do julgamento humano por meio dos órgãos do sentido (CANEPPELE et al., 2000).

Os métodos descritivos de análise sensorial de alimentos têm como objetivo principal a descrição mais completa dos atributos sensoriais (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996). São métodos que descrevem qualitativa e quantitativamente as amostras (DUTCOSKY, 1996). Têm como objetivo caracterizar as propriedades sensoriais do produto alimentício. O aspecto qualitativo diz respeito à descrição do produto avaliado e o aspecto quantitativo, à intensidade de cada característica sensorial presente no produto (LARMOND, 1977).

Para a aplicação de ADQ são selecionados provadores com sensibilidade suficiente para perceber pequenas diferenças entre produtos similares, como também aqueles com facilidade para memorizar e descrever características. Os provadores, depois de selecionados, são treinados para percepção e reconhecimento das características sensoriais individuais de um produto e o grau de sua intensidade. Com treinamento apropriado, devem alcançar concordância com os outros membros da equipe, para a obtenção de respostas analisadas estatisticamente (ELLENDERSEN; WOSIACKI, 2010).

A técnica da análise descritiva exige uma equipe previamente treinada para avaliação do produto. Os provadores devem ser capazes de detectar e descrever as características sensoriais de uma amostra. Estes aspectos qualitativos do produto devem permitir defini-los e diferenciá-los dos outros. Além disso, os provadores devem saber indicar a intensidade com que o atributo é percebido nas amostras, aspecto quantitativo, permitindo a discriminação e caracterização das diferenças entre as amostras (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

As vantagens da ADQ em relação aos outros métodos de avaliação são: a confiança no julgamento de uma equipe formada por provadores treinados, desenvolvimento de uma linguagem objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor, desenvolvimento consensual de uma terminologia descritiva a ser utilizada, que implica em maior concordância de julgamentos entre os provadores (BEHRENS; SILVA, 2000).

O método proporciona completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais sofisticados para a caracterização sensorial de importantes atributos (CARDELLO; SILVA; DAMÁSIO, 1999).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1998) é um método descritivo quantitativo, o qual utiliza escalas não estruturadas de 9 a 15 cm, ancoradas um centímetro aquém dos extremos com termos que indicam a intensidade do atributo que está sendo avaliado.

Segundo Dutcosky (2007), a aplicação do ADQ envolve as seguintes etapas: a primeira consta da seleção de provadores, a equipe deverá ser composta por 10 a 12 provadores selecionados e treinados para possuírem habilidade em verbalizar as sensações

percebidas; a segunda etapa corresponde, ao levantamento dos descritores/desenvolvimento da terminologia, os provadores avaliam sensorialmente o produto e verbalizam as sensações percebidas, discutindo-as em grupo com a ajuda do líder da equipe; a fase de treinamento é realizada com o próprio produto a ser avaliado e com materiais de referência; após o treinamento, os testes sensoriais são conduzidos em condições que garantam a individualidade dos provadores, bem como os demais requisitos necessários à avaliação.

2.5.2 Métodos afetivos

Os testes afetivos têm como objetivo medir atitudes subjetivas como aceitação ou preferência de produtos, de forma individual ou em relação a outros (CHAVES; SPROESSER, 1996). Em geral, os testes afetivos, ou testes de consumidores, são aplicados frente a quatro objetivos básicos: verificação do posicionamento do produto no mercado, otimização da formulação do produto, desenvolvimento de novos produtos e avaliação do potencial do mercado (STONE; SIDEL, 1993; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

Os testes afetivos podem ser classificados em dois tipos: testes de aceitação e de preferência. Os testes de aceitação avaliam quanto os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produtos, é um dos métodos utilizados para avaliar a opinião dos consumidores (MORAES, 1993). A aceitação varia de acordo com os padrões de vida e base cultural, mostrando como reagem os consumidores diante de determinadas circunstâncias e os testes de preferência medem a preferência dos consumidores (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Testes de preferência, são chamados ‘testes de escolha forçada’, porque obrigam o provador a escolher um ou mais produtos, os mais utilizados são: comparação pareada e ordenação (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

A escolha pessoal por um alimento pode ser determinada por um grande número de fatores que podem ser correlacionados ao alimento, à pessoa e ao ambiente (DUTCOSKY, 1996). O alimento possui composições químicas e físicas particulares, que originam as características sensoriais percebidas pelo indivíduo, como aparência, sabor, aroma e textura. As diferenças individuais (personalidade relacionada ao estilo de vida, nível de conhecimento, experiências anteriores, efeitos fisiológicos ou psicológicos após ingestão, como humor, sonolência, etc.) influenciam na escolha do produto. Os fatores externos englobam o contexto social e cultural. A disponibilidade, preço, embalagem, informações e propaganda do produto,

e ainda, diferenças de idade, sexo, classe social, região e grau de urbanização são responsáveis pelas diferenças no consumo de alimentos.

Referências

- AGROANALYSIS. **Suco de laranja**: Ações para promover o consumo. Disponível em: http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=1239. Acesso em: 12 nov. 2012.
- ALCARDE, A. R.; WALDER, J. M. M.; HORII, J. Fermentation of irradiated sugarcane must. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 677-681, 2003.
- ALMEIDA, R. B.; GUIMARÃES, R. P.; CASTRO, R. E. S.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; PINHEIRO, M. S.; ARAÚJO, K. G. L. Estudo da qualidade microbiológica, físico-química e sensorial de suco de laranja fresco envasado em garrafas plásticas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 17, n. 108, p. 68-72, 2003.
- ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagem para sucos de frutas. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 2, n. 23, p. 105-122, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14140** - Análise sensorial dos alimentos. Teste de análise descritiva quantitativa. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS - CITRUSBR. **Estatísticas de exportação**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/exportadores-citricos/comercio/exportacoes-totais-de-suco-de-laranja-fcoj-equivalente-249531-1.asp>>. Acesso em: 10 out. 2012.
- BARBOSA, R. D. Processamento industrial da laranja. In: KOLLER, O. C. (Ed.). **Citricultura**: 1. Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2006. cap. 11, p. 333-363.
- BARCELOS, M. F. P.; FERRUA, F. Q. **Frutos e hortaliças processados**: método de conservação e efeitos no valor nutritivo. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 71 p. (Textos Acadêmicos).
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Conservação de alimentos por tratamento térmico. In: _____. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. cap. 5, p. 83-121.
- BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 60-67, 2000.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº21, de 26 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 jan. 2001.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 9**, de 24 de fevereiro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 fev. 2011, Seção 1.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais**: dietéticos. São Paulo: Varela, 1996. 366 p.

CANEPELE, M. A. B.; CANEPELE, C.; MUSIS, C. R. D.; SANTOS, P. Avaliação da qualidade sensorial de manga-passa obtida sob diferentes formas de processamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 128-133, 2000.

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 6, p. 1599-1602, 2002.

CARDELLO, H. A. B.; SILVA, M. A. A. P.; DAMÁSIO, M. H. Análise descritiva quantitativa de edulcorantes em doçura equivalente a sacarose a 10% em pH neutro e ácido. In: _____. **Avanços em análise sensorial**. São Paulo: Varela, 1999. p. 213-226.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária; Universidade Federal de Viçosa, 1996. 81 p.

CODEX GENERAL STANDARD FOR IRRADIATED FOODS. Codex Stan 106-1983, Rev. 1-2003. Rome, 2003. 3 p.

CORRÊA NETO, R. S.; FARIA, J. A. F. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 153-160, 1999.

CORRÊA NETO, R. S. **Processamento de suco de laranja pasteurizado em garrafas de polietileno tereftalato (PET)**. 1998. 93 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. G. **Citrus**. Wallingford: CAB International, 1994. 254 p.

DELLA TORRE, J. C.; RODAS, M. B.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 105-111, 2003.

DONADIO, L. C.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M. **Variedades cítricas brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 228 p.

DONADIO, L. C.; STUCHI, E. S.; POZZAN, M.; SEMPIONATO, O. R. **Novas variedades e clones de laranja-doce para indústria**. Jaboticabal: UNESP/FUNEP/EECB, 1999. 42 p. (Boletim Citrícola).

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba, PR: Champagnat, 2007. 134 p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba, PR: Champagnat, 1996. 123 p.

ELLENDERSEN, L. DE S. N.; WOSIACKI, G. **Análise sensorial descritiva quantitativa: estatística e interpretação**. Ponta Grossa, PR: Editora UEPG, 2010.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo, SP: Atheneu, 1994. 652 p.

FELLOWS, P. Pasteurización. In: _____. **Tecnología del procesamiento de los alimentos: principios y practicas**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 10, p. 209-220.

FIGUEIREDO, F. Irradiação de alimentos. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, v. 6, n. 30, p. 96-98, 1990.

FIGUEIREDO, J. O. Variedades de copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A. A. **Citricultura Brasileira**. 2. ed. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1991. cap. 8, p. 228-264.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. **Agrianual 2008**: anuário de agricultura brasileira. São Paulo, SP, 2008. p. 257-270.

FOLEY, D. M.; PICKETT, K.; VARON, J.; LEE, J.; MIN, D. B.; CAPORASO, F.; PRAKASH, A. Pasteurization of fresh orange juice using gamma irradiation: microbiological, flavor and sensory analyses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1495-1501, 2002.

GAVA, A. J. Processamento asséptico de suco de frutas. **Alimentação**, São Paulo, v. 76, n. 1, p. 32-37, 1985.

GOMES, M. S. **Estudo da pasteurização de suco de laranja utilizando ultrafiltração**. 2006. 72 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006.

GRAUMLICH, T. R.; MARCY, J. E.; ADAMS, J. P. Aseptically packaged orange juice and concentrate: a review of the influence of processing and packaging conditions on quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 34, n. 3, p. 402-405, 1986.

IEMMA, J.; ALCARDE, A. R.; DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C. Radiação gama na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1193-1198, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 12, p. 22-23, 2010.

KILCAST, D. Effect of irradiation on vitamins. **Food Chemistry**, London, v. 49, n. 2, p. 157-164, 1994.

KIM, K. H.; YOON, H. S. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, p. 414-421, 2009.

KIMBALL, D. A. **Citrus processing: quality control and technology**. New York: AVI Book, 1991. 470 p.

LARMOND, E. **Laboratory methods for sensory evaluation of food**. Ottawa: Food Research Institute; Canada Department of Agriculture, 1977. 73 p.

LEE, J. W.; KIM, J. K., SRINIVASAN, P.; CHOI, J. I.; KIM, J. H.; HAN, S. B.; KIM, D. J.; BYUN, M. W. Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-touse tamarind juice during storage. **Food Science and Technology**, Oxford, v. 42, p. 101-105, 2009.

LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 64, p. 71-82, 1996.

MACEDO, T. R. **Estágio supervisionado na Citrosuco**. 2002. 28 f. Monografia (TCC) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2002.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006. 387 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999. 387 p.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 8. ed. Campinas: UNICAMP, 1993. 93 p.

MOSHONAS, M. G.; SHAW, P. E. Flavor and chemical comparison of pasteurized and fresh valencia orange juices. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 20, n. 1, p. 31-40, 1997.

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; VIEITES, R. L. Produção de polpas de mangas Tommy Atkins, na Amazônia setentrional, através da aplicação de preservativos e da pasteurização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 576-582, 2007.

NEVES, M. F.; LOPES, F. **Estratégias para a laranja no Brasil**. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2005. 225 p.

OLIVEIRA, A. C. G de. **Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas, armazenado sob refrigeração**. 2007. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

OZEN, B. F.; FLOROS, J. D. Effects of emerging food processing techniques on the packaging materials. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 12, p. 60-67, 2001.

PEREIRA, A. S. C. Irradiação em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 324, p. 53-62, 2004.

PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In:_____. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3 cap. 10, p. 219-278.

PRATI, P. **Desenvolvimento de processo para estabilização de caldo de cana adicionado de sucos de frutas ácidas**. 2004. 169 p. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de

Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

QUEIROZ, C. E.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 221-254.

REINOLD, M. R. O mercado mundial de bebidas não-alcoólicas. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 10, n. 74, p. 16-23, 2000.

ROJAS DE GANTE, C.; PASCAT, B. Effects of b-ionizing radiation on the properties of flexible packaging materials. **Packaging Technology and Science**, Chichester, v. 3, p. 97-105, 1990.

SALADO, G. A.; SILVA, K. P.; NOGUEIRA, J. N. **Processamento e qualidade nutricional de suco de laranja pasteurizado concentrado**. Bauru: Gráfica da Universidade do Sagrado Coração, 1988. 34 p.

SALUNKHE, D. K.; KADAM, S. S. **Handbook of fruit science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1995. 611 p.

SCOTT SMITH, J.; PILLAI, S. Irradiation and food safety. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 11, p. 48-55. 2004.

SINGH, R. P. Scientific principles of shelf life evaluation. In: MAN, C. M. D.; JONES, A. A. **Shelf life evaluation of foods**. London: Blackie Academic Professional, 1994. chap. 1, p. 3-24.

SMITH, J. S.; PILLAI, S. Irradiation and food safety. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 11, p. 48-55, 2004.

SPOTO, M. H. F. **Radiação gama na conservação de suco concentrado de laranja: características físicas, químicas e sensoriais**. 1988. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

SPOTO, M. H. F. **Análise crítica de obra acadêmica: Qualidade sensorial de frutas - laranja Pêra (*Citrus sinensis*) da matéria-prima ao suco**. 2007. 155 p. Livre Docência (Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. London: Academic Press, 1993. 337 p.

SUGAI, A. Y.; SHIGEOKA, D. S.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Análise físico-química e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 233-238, 2002.

SWINGLE, W. T.; REECE, R. C. The botany of *Citrus* and its wild relatives. In: REUTHER, W.; SWINGLE, W. T.; REECE, R. C. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1967. p. 190-430.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

TEIXEIRA, M. P. **Estudo de vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 219-227, 2006.

TETRA PAK INTERNATIONAL. **The orange book**. Lund, Sweden: Tetra Pak, 1998. 206 p.

TING, S. V. Citrus fruits. In: CHAN JUNIOR, H. T. **Handbook of tropical foods**. New York: Marcel Dekker, 1983. chap. 5, p. 201-253.

TRIBESS, T. B. **Estudo da cinética de inativação térmica da pectinesterase em suco de laranja natural minimamente processado**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

URBAIN, W. M. Biological effects of ionizing radiation. In: _____. **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986a. chap. 4, p. 83-117.

URBAIN, W. M. General effects of ionizing radiation on foods. In: _____. **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986b. chap. 5, p. 118-123.

VARSANYI, I. Investigation into the permeability of polymer membranes of food packaging quality to gases and water vapour after radiation treatment with radurizing doses. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 4, p. 251-269, 1975.

WHO. **Wholesomeness of irradiated food**: report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Geneva, Switzerland, 1981. (Technical Report Series, 659).

WIENDL, F. M. A salubridade dos alimentos irradiados. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 48-56, 1984.

3 OTIMIZAÇÃO DAS DOSES DA RADIAÇÃO GAMA EM SUCO DE LARANJA

Resumo

As radiações ionizantes, caracterizadas pelos raios gama, são capazes de esterilizar alimentos, reduzir a carga microbiana e aumentar o período de armazenamento adequado do alimento. O objetivo do presente trabalho foi otimizar o processo da radiação gama em suco de laranja, escolhendo a melhor dose, a fim de reduzir a contagem microbiológica e que não comprometa as características físico-químicas e sensoriais do suco. Os testes sensoriais foram realizados por cinquenta provadores mediante teste de aceitabilidade, com escala hedônica de sete pontos. Tendo em vista os resultados obtidos, o aumento da dose de radiação gama contribuiu gradativamente para a diminuição das contagens totais e bolores e leveduras, evidenciando que o tratamento foi eficaz para a finalidade pretendida. As doses de irradiação não apresentaram influência significativa nas características físico-químicas do suco de laranja. Sensorialmente, as notas obtidas pelos tratamentos com 4,5 e 6,0 kGy foram consideradas abaixo do limite de aceitabilidade, em relação ao sabor e a impressão global, sendo então descartados para o próximo estudo.

Palavras-chave: Hamlin; Irradiação; Microbiologia; Análise sensorial.

Abstract

Ionizing radiation, characterized by the gamma rays, is able to sterilize foods, reduce the microbial count and increase the shelf life of food will still be suitable for consumption. The aim of this study was to optimize the process of gamma radiation in orange juice, picking the best dosage in order to reduce microbiological count and that doesn't compromise the physicochemical and sensory orange juice. The sensory tests were evaluated for acceptance by acceptability test, with a seven-point hedonic scale for fifty tasters. Considering the results, increasing the radiation dosage gradually contributed to the decrease in total counts and yeast and mold, showing that the treatment was effective for the intended purpose. The irradiation dosages showed no influence on the physicochemical characteristics of orange juice. Sensorially, the marks obtained by treatments with 4.5 and 6.0 kGy were considered below the limit of acceptability for flavor and overall impression, and then discarded for the next study.

Keywords: Hamlin; Irradiation; Microbiology; Sensory analysis.

3.1 Introdução

Em 2009, o consumo mundial de bebidas foi de aproximadamente 1,5 trilhões de litros, sendo 106 bilhões de bebidas de frutas, incluindo sucos 100% natural, néctares e refrescos. Destes, aproximadamente 40 bilhões foram do sabor laranja, o preferido dentre todos os outros sabores de frutas. Embora esses números representem grande importância mercadológica sobre o suco de laranja no mundo, há grandes diferenças de consumo entre os países, geralmente relacionadas à questão da renda e à própria preferência dos consumidores (CITRUSBR, 2012).

Nos Estados Unidos, maior consumidor do sabor laranja no mundo, quase 80% do consumo é de suco 100% natural, o que é explicado pela renda elevada e pelo fato do país ser o 2º maior produtor de laranjas, atrás somente do Brasil. Já na China, em 2º lugar no consumo de bebidas de laranja, os refrescos representam 87% das vendas. Para os brasileiros, o suco de laranja é aquele espremido na hora, sendo um mercado ainda incipiente para o suco industrializado pronto para beber (CITRUSBR, 2012).

Segundo Esperancini (2005), o Brasil, apesar da diversidade na produção de frutas, não apresenta tradição no consumo de suco de frutas industrializado quando comparado a outros países. Os apelos de mercado relacionados às bebidas saudáveis em relação aos produtos concorrentes, aliados às mudanças de hábitos do consumidor que busca conveniência, vêm propiciando o crescimento do consumo de sucos de frutas prontos para beber, com o aumento da demanda do mercado em crescimento a cada ano (MONTEIRO, 2006).

O mercado mundial de sucos de frutas industrializado apresenta média de crescimento anual ao redor de 5% e os principais mercados para o produto são os Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido, França e Rússia. Em mercados consolidados, a indústria vem desenvolvendo novas variedades de produtos, novas tecnologias de conservação, buscando difundir novos hábitos para expandir o consumo (BRASIL, 2005).

Os estudos sobre suco de laranja processado aumentaram à medida que houve necessidade do prolongamento da vida útil do suco de laranja refrigerado in natura que era de 48 horas e limitava sua comercialização (TOCCHINI et al., 1995).

Os tratamentos com radiações ionizantes visam prolongar a vida útil dos alimentos sem que ocorra aumento significativo de sua temperatura (FARKAS, 1998; PEREDA, 2005). O interesse por métodos não térmicos de processamento de alimentos é devido à possibilidade

de se obterem alimentos semelhantes aos in natura, com a manutenção de suas propriedades naturais.

A irradiação é um dos tratamentos mais estudados e avaliados justamente pelos ‘mitos’ que a acompanha. Os resultados obtidos em pesquisas indicam que o consumo de alimentos irradiados não apresenta efeitos nocivos desde que esse tratamento seja realizado dentro de certos limites e em condições controladas (PEREDA, 2005). Além disso, devido ao forte desejo de se minimizar a utilização de produtos químicos aplicados a frutas e vegetais, a característica da radiação ionizante de não gerar resíduos é uma vantagem importante deste processo (ARVANITTOYANNIS et al., 2009). O processo expõe os alimentos a uma fonte controlada de radiação ionizante durante um período de tempo necessário com o propósito de reduzir a contaminação de microrganismos, destruir patógenos, aumentar a extensão da vida útil, desinfestar o produto de insetos, retardar o amadurecimento de frutas e vegetais, inibir o brotamento de raízes, e suprir o abastecimento de alimento nos períodos de entressafra. Os alimentos irradiados podem ser transportados, armazenados ou consumidos imediatamente após o tratamento (CRAWFORD; RUFF, 1996; SCOTT SMITH; PILLAI, 2004).

Portanto, adotar tecnologias que mantenham a qualidade físico-química e minimizem as perdas sensoriais do suco de laranja é importante e necessária, para motivar os brasileiros a consumir sucos processados. O objetivo do presente trabalho foi otimizar a aplicação do processo da radiação gama em suco de laranja, estabelecendo-se a melhor dose, que reduza a contagem microbiológica e que não comprometa suas características físico-químicas e sensoriais.

3.2 Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a empresa produtora de suco de laranja, CITROSUCO, Grupo Fisher, situada em Matão (São Paulo/Brasil), na região noroeste do Estado de São Paulo.

Foram utilizadas laranjas da variedade Hamlin provenientes das plantações da indústria. As laranjas foram colhidas no mês de Julho de 2010. As amostras de suco de laranja integral foram cedidas pela empresa, onde passaram pelos processos descritos no Fluxograma da Figura 1. As etapas de colheita das frutas até o acondicionamento à granel do suco foram realizados pela indústria.

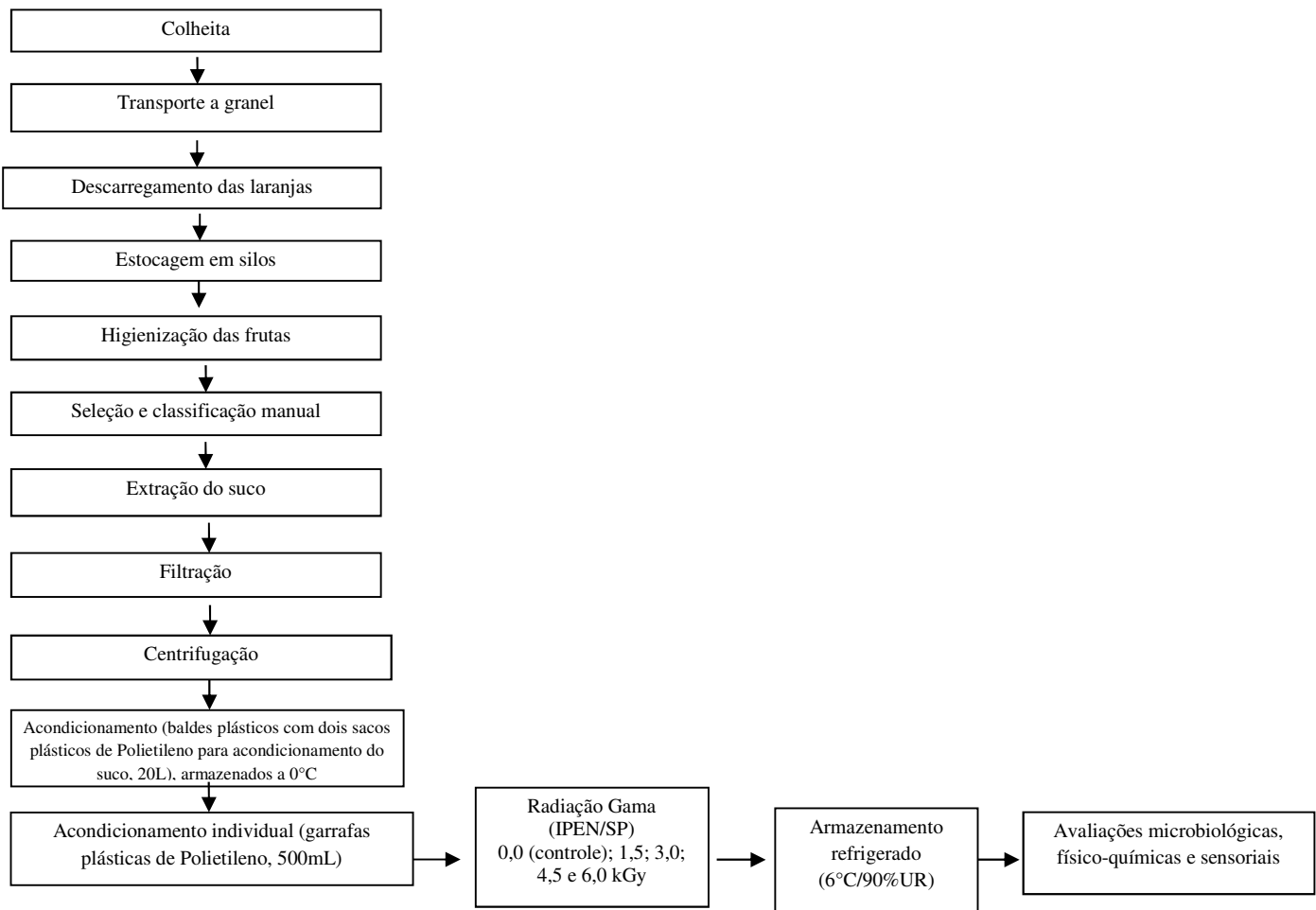


Figura 1 - Fluxograma do processamento do suco de laranja

O lote de suco de laranja cedido pela empresa estava acondicionado em dois sacos plásticos inseridos em galões de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com capacidade para 20 litros, devidamente esterilizados e lacrados. O produto foi transportado até a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em Piracicaba (SP, Brasil), acondicionado em caixas de poliestireno expandido, conhecidas como isopor, com gelo em viagem de aproximadamente 2 horas e meia. O envase nas garrafas individuais de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) devidamente sanitizadas por imersão com solução clorada a 150 mg L^{-1} por 15 minutos, foi realizado em ambiente refrigerado com manipuladores devidamente protegidos com touca, máscara, luvas e jaleco, na Planta Piloto de Processamento de Alimentos, situada no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, e armazenados, por 12 horas em câmara de refrigeração (PróFrio Refrigeração Industrial, São Paulo, SP, Brasil) a 6°C e 90%UR.

O processo de irradiação foi realizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/USP) na cidade de São Paulo (SP, Brasil). O irradiador gama no qual se desenvolveu a pesquisa é do tipo multipropósito, munido de fonte de Cobalto 60, e classificado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) na categoria IV, em que o controle de acesso é restrito e a fonte selada é armazenada em uma piscina de estocagem, blindada com água deionizada.

Para o processo de irradiação, o suco foi acondicionado em caixas de isopor, e as caixas etiquetadas com as doses de 0,0 (controle), 1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 kGy, sendo uma caixa para cada dose, e lacradas com fita adesiva para a manutenção da temperatura. O transporte até o IPEN foi feito em veículo particular, e a viagem de ida e volta totalizaram 5 horas. No momento do processo a taxa de dose do irradiador era de 53,75 Gy/minutos, as caixas de isopor foram posicionadas a 20 cm do protetor da fonte e o tempo para irradiação de todas as amostras demorou 1 hora e 04 minutos; utilizou-se dosímetro Amber 3042 Batch S Type 3042, com leitura realizada em espectrofotômetro Genesys 20 a 603 nm para averiguação das doses aplicadas em cada caixa.

Após a irradiação, já no Laboratório de Frutas e Hortaliças (ESALQ/USP), as amostras foram mantidas em câmara de refrigeração (PróFrio Refrigeração Industrial, São Paulo, SP, Brasil) a 6°C, e 90%UR ao abrigo da luz, para as avaliações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, que foram realizadas no dia posterior ao tratamento.

3.3 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas a contagem de bactérias psicrotróficas, com os resultados expressos em UFC mL⁻¹ (Hatcher et al., 2001) e de bolores e leveduras, expressa em UFC mL⁻¹ (BEUCHAT; COUSIN, 2001).

3.4 Análises Físico-Químicas

As avaliações físico-químicas foram realizadas com três repetições de cada amostra, em duplicata de cada avaliação. As seguintes determinações foram realizadas:

3.4.1 pH

Determinado em potenciômetro da marca Marconi - MA-522 (Piracicaba, SP, Brasil), segundo método nº 981.12 da AOAC (2005).

3.4.2 Teor de Sólidos Solúveis (TSS)

Quantificado em refratômetro digital portátil Krüss Optronic - DR 201-95 (Hamburgo, Alemanha). Os resultados foram expressos em °Brix, segundo método 932.12 da AOAC (2005).

3.4.3 Acidez Titulável (AT)

Determinada e calculada a partir do volume em mililitros de NaOH 0,1 N, requeridos para titular 50 mL de amostra até pH 8,1 segundo método nº 942.15 da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico na amostra.

3.4.4 Relação sólidos solúveis/acidez titulável (*ratio*)

O *ratio* foi calculado através da relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

3.4.5 Cor

Os valores L (Luminosidade), ângulo de cor Hue (tonalidade da cor em graus), e Cromaticidade ou croma (saturação da cor) foram medidos utilizando-se o colorímetro Chroma Meter CR-400 de 8 mm de diâmetro e iluminante padrão CIE C, da marca Konica Minolta Sensing (Tokio, Japão). O aparelho foi previamente calibrado em superfície branca de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE 1976 L, a*, b* – CIELAB) utilizando o iluminante padrão CIE C (KONICA MINOLTA, 1998).

3.5 Análise Sensorial - Teste Hedônico

Inicialmente o projeto foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da ESALQ/USP em 15 de setembro de 2008 (COET/041), por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Os testes foram realizados no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP, em cabines individuais utilizando luz branca. Os testes foram realizados pela manhã entre 9:00 e 12:00 horas e à tarde entre 14:00 e 17:00 horas.

A análise sensorial foi realizada por uma equipe de 50 provadores não treinados, incluindo homens e mulheres na faixa etária entre 18 e 50 anos, consumidores de suco de laranja e com disponibilidade e interesse em participar do teste.

Foram apresentadas cinco amostras por vez aos provadores, correspondendo aos tratamentos 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 kGy e o controle. Aplicou-se o teste de aceitação com escala hedônica estruturada de sete pontos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999), variando de 7-gostei muito a 1-desgostei muito (Figura 2). A nota três foi considerada no limite de aceitabilidade. A análise sensorial foi realizada no dia posterior aos tratamentos. Os provadores avaliaram as características de cor, aroma, sabor e impressão global. As amostras foram apresentadas aos provadores em embalagens individuais, codificadas com número de três dígitos, na forma de blocos completos casualizados. Cada amostra foi servida em porções de 50 mL, à temperatura de 6°C, acompanhada de um copo com água mineral e a ficha de avaliação das amostras.

Nome: _____ Data: _____				
<p>Você está recebendo cinco amostras de suco de laranja. Avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra.</p>				
<p>7 - Gostei muito 6 - Gostei moderadamente 5 - Gostei ligeiramente 4 - Não gostei, nem desgostei 3 - Desgostei ligeiramente 2 - Desgostei moderadamente 1 - Desgostei muito</p>				
Amostra	Cor	Aroma	Sabor	Impressão global
<p>Observações:</p>				

Figura 2 – Ficha do teste de aceitação utilizando a escala hedônica de sete pontos.

3.6 Análise Estatística

Os resultados referentes às análises físico-químicas e sensoriais foram avaliados através do programa Statistical Analysis System (SAS, 2005) e submetidos à análise de variância (ANOVA) para o teste F. A diferença estatística das médias, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$), foi determinada pelo teste de Tukey.

3.7 Resultados e Discussão

O tratamento com radiação gama mostrou-se eficiente na diminuição das contagens de bactérias psicrotróficas em amostras de suco de laranja integral, com o suco irradiado com 6,0 kGy não apresentando contagem microbiana. O aumento da dose de radiação gama contribuiu gradativamente para a diminuição de psicrotróficos e de bolores e leveduras nas amostras de suco (Tabela 1).

Tabela 1 - Contagem de bactérias psicotróficas e de bolores e leveduras em suco de laranja submetido à radiação gama

Tratamentos	Psicotróficos	Bolores e leveduras
Controle	$4,3 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
1,5 kGy	$3,0 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$
3,0 kGy	$1,5 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$
4,5 kGy	$5,2 \times 10$	$4,2 \times 10$
6,0 kGy	0,0	3,0

Os resultados obtidos representam a média aritmética das duplicatas, expressos em UFC (unidades formadoras de colônias) mL⁻¹ de produto.

Song e colaboradores (2007) investigaram os efeitos da radiação gama (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 kGy) na qualidade microbiológica, nutricional e sensorial de sucos frescos e prontos para beber, de couve e de cenoura, armazenados a 10°C durante 3 dias. Os autores também verificaram que a radiação gama diminuiu significativamente os níveis de contaminação de bactérias aeróbicas e de coliformes de ambos os produtos. Além disso, para os sucos de cenoura e de couve, o tratamento com as doses 3,0 a 5,0 kGy prolongou a vida útil em até 3 dias, enquanto que a do controle (sem tratamento) foi somente de 1 dia.

Iemma et al. (1999), em estudo com radiação gama na conservação do suco de laranja também observaram diminuição da população microbiana com o aumento das doses de radiação. No primeiro dia de armazenamento não foi detectada nenhuma unidade formadora de colônia (UFC) por mL⁻¹ do suco de laranja com a aplicação da dose de 6,0 kGy, o que é semelhante ao encontrado neste trabalho.

Em relação aos teores de sólidos solúveis (TSS), foi detectado maior teor significativo para o controle, em torno de 11,46° Brix. Os sucos de laranja submetidos aos tratamentos com irradiação obtiveram valores iguais a 11,00° Brix (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios das análises físico-químicas de suco de laranja submetido à radiação gama

	Controle	1,5 kGy	3,0 kGy	4,5 kGy	6,0 kGy
TSS	11,46 A	11,00 B	11,00 B	11,00 B	11,00 B
pH	3,84 C	3,87 B	3,88 A	3,88 A	3,88 A
AT	0,61 A	0,66 A	0,62 A	0,63 A	0,57 A
Ratio	18,80 A	16,79 A	17,85 A	17,38 A	19,49 A
L	46,93 C	47,60 AB	47,21 BC	47,46 ABC	47,92 A
Croma	25,75 A	25,28 A	25,60 A	25,30 A	24,78 A
Hue	104,82 B	105,43 B	106,47 AB	106,42 AB	106,88 A

Legenda: TSS = Teor de Sólidos Solúveis; AT = Acidez Titulável; L = Luminosidade; Croma = Cromaticidade; Hue = Ângulo de cor.

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Não foi observada diferença significativa para os valores de pH nas amostras de suco de laranja tratadas com 3,0; 4,5 e 6,0 kGy. No entanto, os tratamentos 1,5 kGy e o controle diferiram estatisticamente, apresentando-se menores.

Em todos os tratamentos, os teores de acidez titulável (AT) não apresentaram diferença significativa, os valores oscilavam de 0,57% a 0,66% de ácido cítrico. Os valores de 'ratio', que representa a relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável, e é um indicativo de sabor do fruto, pois relaciona a quantidade de açúcares e ácidos, apresentaram semelhante comportamento ao da acidez titulável (Tabela 2).

A luminosidade é um dos parâmetros para se avaliar instrumentalmente uma cor. Por meio de uma escala que vai de 0 a 100 pode-se avaliar o quanto uma amostra é mais escura, com valores mais baixos, ou mais clara, com valores mais altos (KONICA MINOLTA, 1998).

O valor L (Luminosidade) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, o suco de laranja irradiado com 6,0 kGy obteve maiores valores de luminosidade e mostrou-se mais claro que o controle.

A cromaticidade define a intensidade da cor, com valores próximos a zero para as cores neutras e ao redor de 60 para cores vívidas ou puras. Os valores de croma não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, variando entre 24,78 e 25,75.

A variação do ângulo de cor (Hue) foi semelhante à luminosidade, em que o suco irradiado com 6,0 kGy (coloração menos amarela) diferiu significativamente do irradiado com 1,5 kGy, a qual tendeu para o tom amarelo esverdeado.

De modo geral, pode-se inferir que, embora haja diferença estatística, as variações encontradas neste trabalho para o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, ratio e pH foram mínimas e pouco alteraram as características químicas do suco de laranja.

Sensorialmente, os provadores não detectaram efeito significativo dos tratamentos para as características de cor (Tabela 3). No entanto, as amostras submetidas à dose de 3,0 e 6,0 kGy receberam menores notas em relação ao aroma diferindo do controle, com notas 3,50 e 3,55, respectivamente.

Tabela 3 - Médias das notas obtidas pelo teste hedônico de suco de laranja submetido à radiação gama

Características	Controle	1,5 kGy	3,0 kGy	4,5 kGy	6,0 kGy
Cor	5,55 A	5,55 A	4,80 A	5,45 A	5,50 A
Aroma	4,95 A	4,05 AB	3,50 B	4,05 AB	3,55 B
Sabor	4,45 AB	4,70 A	3,75 ABC	3,15 BC	3,00 C
Impressão global	4,65 A	4,65 A	4,05 AB	3,80 AB	3,30 B

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Para o sabor e impressão global, o suco de laranja tratado com 6,0 kGy, diferiu estatisticamente do suco de laranja tratado com 1,5 kGy e o controle, representando na escala de pontos entre não gostei, nem desgostei e desgostei ligeiramente (Tabela 3). Os provadores relataram amostras com ‘forte’ aroma de laranja passada e com sabor de cozido e artificial.

Verruma-Bernardi e Spoto (2003) estudaram o efeito da radiação gama em suco de laranja, os resultados mostraram que as doses de 1,5 e 3,0 kGy afetaram as características sensoriais de aparência, aroma, sabor e textura.

3.8 Conclusão

O aumento da dose de radiação gama contribuiu gradativamente para a diminuição da contagem total e contagem de bolores e leveduras. As doses de irradiação estudadas não mostraram influência nas características físico-químicas do suco de laranja. Sensorialmente, os tratamentos com 4,5 e 6,0 kGy foram considerados abaixo do limite de aceitabilidade, em relação ao sabor e a impressão global, sendo então descartados para o próximo estudo.

Referências

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18. ed. Washington, DC: AOAC International, 2005.

ARVANITOYANNIS, I. S.; STRATAKOS, A. C.; TSAROUHAS, P. Irradiation applications in vegetables and fruits: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 49, n. 5, p. 427-462, 2009.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS - CITRUSBR. **Estatísticas de exportação**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/exportadores-citricos/comercio/exportacoes-totais-de-suco-de-laranja-fcoj-equivalente-249531-1.asp>>. Acesso em: 10 out. 2012.

BEUCHAT, L. R.; COUSIN, M. A. Yeasts and molds. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001. p. 209-215.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Básica. Departamento de Atenção Básica. Coordenação geral da política de alimentação e nutrição. **Guia alimentar da população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília, DF, 2005. 236 p. (Série A: Normas e Manuais Técnicos).

CRAWFORD, L. M.; RUFF, E. H. A review of the safety of cold pasteurization through irradiation. **Food Control**, Guildford, v. 7, p. 87-97, 1996.

ESPERANCINI, M. S. T. Mercado brasileiro de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 2, p. 21-49.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 44, p. 189-204, 1998.

HATCHER, W. S.; PARISH JUNIOR, M. E.; WEIHE, J. L.; SPLITTSTOESSER, D. F.; WOODWARD, B.B. Fruit beverages. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of**

methods for the microbiological examination of foods. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001. p. 565-568.

IEMMA, J.; ALCARDE, A. R.; DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C. Radiação gama na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1193-1198, 1999.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor:** controle de qualidade da percepção à instrumentação. Tokyo, 1998. 59 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 387 p.

MONTEIRO, S. Fruta para beber. Frutas e Derivados. **Publicação Trimestral do IBRAF.** São Paulo: n.1, ed.1, p.28-31, 2006.

PEREDA, J. A. O. Utilização de radiações eletromagnéticas na indústria alimentícia. Irradiação de alimentos. In:_____. **Tecnologia de alimentos:** componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap. 9, p. 142-154.

SCOTT SMITH, J.; PILLAI, S. Irradiation and food safety. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 11, p. 48-55, 2004.

SONG, H.-P.; BYUN, M.-W.; JO, C.; LEE, C.-H.; KIM, K.-S.; KIM, D.-H. Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. **Food Control**, Guildford, v. 18, p. 5-10, 2007.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software:** usage and reference (version 9.2). Cary, NC, 2005. 1 CDROM.

TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. A. C.; MARTIN, Z.J. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995. 85 p. (Manual Técnico).

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama sobre o perfil sensorial de suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 28-32, 2003.

4 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA CONSERVAÇÃO DE SUCO DE LARANJA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) DAS VARIEDADES HAMLIN, PERA E VALÊNCIA

RESUMO

Estudos por métodos não convencionais aumentaram à medida que houve a necessidade de prolongar a vida útil do suco de laranja refrigerado in natura. A radiação ionizante é um processo seguro e eficiente, pois expõe os alimentos a uma fonte controlada durante um período de tempo necessário para reduzir a contaminação de microrganismos e aumentar sua vida útil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da radiação gama na conservação dos sucos provenientes de laranjas produzidas no estado de São Paulo: Hamlin, Pera e Valência, colhidas no início da safra, e submetidos à pasteurização e a radiação gama. Objetivou-se também desenvolver uma terminologia descritiva e o perfil sensorial, de modo a acompanhar as alterações perceptíveis sensorialmente durante o período de armazenamento. Foram levantados atributos sensoriais que melhor descrevessem a aparência, aroma, sabor e textura. As amostras foram avaliadas por nove provadores treinados e avaliadas quanto à aceitação, com escala hedônica de sete pontos por cinquenta provadores. Tendo em vista os resultados obtidos, o presente trabalho não apresentou contagens de coliformes totais, termotolerantes e Salmonela em nenhum dos tratamentos, períodos de armazenamento e variedades cítricas. A radiação gama e a pasteurização aplicada ao suco de laranja contribuíram para a diminuição das contagens de psicrotróficos, bolores e leveduras e, bactérias lácticas. Os tratamentos estudados apresentaram pouca influência nas características físico-químicas dos sucos. Os provadores da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) não encontraram diferenças significativas nos atributos aparência encorpado, aroma cítrico, sabor de sumo, gosto amargo, gosto ácido, gosto doce e textura encorpado nas amostras de suco de laranja. As doses de radiação utilizadas induziram alterações sensoriais no suco de laranja, em particular, o tratamento 3,0 kGy apresentou-se diferenciado dos demais tratamentos, apresentando aroma e sabor acentuado de remédio e cozido.

Palavras-chave: Radiação ionizante; Tratamento térmico; Armazenamento.

ABSTRACT

Studies by unconventional methods increased because the need to extend the shelf life of fresh orange juice refrigerated. Ionizing radiation is a safe and efficient process because it exposes food to a controlled for a period necessary to the purpose of reducing microbial contamination and increase shelf life. The aim of this study was to evaluate the effect of gamma radiation on conservation of juice from oranges grown in the state of São Paulo: Hamlin, Pera and Valencia, taken at the beginning of the harvest, subjected to pasteurization and gamma radiation. And to develop a descriptive terminology and sensory profile in order to track changes sensorially perceptible during the storage period. The sensorial attributes analysed in this study were appearance, smell, flavor and texture. The samples were evaluated by a panel of nine trained tasters and evaluated for acceptance, with a seven-point hedonic scale for fifty tasters. In view of the results, this study showed no total coliform counts, coliform and Salmonella in any of the treatments, storage periods and citrus varieties. The gamma irradiation and pasteurization applied to orange juice contributed to the reduction in psychrotrophic counts, yeasts and lactic acid bacteria. The treatments had little influence on the physicochemical characteristics of orange juice. The tasters of Quantitative Descriptive Analysis (QDA) found no significant differences in appearance attributes bodied, citrusy smell, flavor juice, bitter taste, acidic taste, taste sweet and full-bodied texture in samples of orange juice. However, the used radiation dosages induced sensory changes in orange juice, particularly in treatment 3.0 kGy that presented distinguished from other treatments, The 3.0 kGy showed pronounced flavor and taste of medicine and baked.

Keywords: Ionizing radiation; Heat treatment; Storage.

4.1 Introdução

A maturação das variedades cítricas depende de diversas características como a localização geográfica, presença de outras floradas, além da florada regular, interações entre porta enxertos e copa. Definem-se como o conjunto de trocas externas, de sabor e de textura que um fruto apresenta, quando alcança seu tamanho máximo, completando seu desenvolvimento. A maturação inclui processos característicos tais como, coloração, perda de firmeza, aumento na concentração de açúcares solúveis, redução da acidez e outras mudanças físicas e químicas dos frutos (AGUSTÍ et al., 1995).

A dose de radiação é a mais importante e a variável mais controlada em irradiação de alimentos. Segundo o *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU, 2012), a unidade internacional é o Gray (Gy) que corresponde à absorção de 1 Joule por kg de material absorvente (alimento). Para regular a dose absorvida, é necessário considerar a produção de energia da fonte por unidade de tempo, a distância entre a fonte e o produto e o tempo de exposição (DIEHL, 1995; PEREDA, 2005).

Os tratamentos com radiações ionizantes foram classificados em três categorias de acordo com a dose aplicada permitindo, assim, agrupar de forma mais precisa os efeitos e os objetivos alcançados. As doses altas entre 10 e 50 kGy, são utilizadas para a esterilização dos produtos, doses médias entre 1,0 e 10 kGy, possuem o mesmo efeito da pasteurização, atribuindo aos alimentos extensão de sua vida útil e as doses baixas, que correspondem até 1,0 kGy, são aplicadas no controle da infestação dos produtos por parasitas e insetos, e para retardar a senescência em frutas frescas e o brotamento em vegetais (ANDREWS et al., 1998; PEREDA, 2005).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) proporciona completa descrição e quantificação de todas as propriedades sensoriais de um produto representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de importantes atributos sensoriais (STONE et al., 1974).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma terminologia descritiva do suco de laranja irradiado ou pasteurizado, das doses selecionadas no capítulo 3, de modo a

acompanhar as alterações perceptíveis sensorialmente durante o armazenamento, obtidos de diferentes variedades de laranjas. Acompanhar com análises microbiológicas e físico-químicas a fim de caracterizar quimicamente e avaliar a aceitação do suco de laranja irradiado e pasteurizado obtido das três variedades de laranjas.

4.2 Material e Métodos

Foram utilizadas laranjas das variedades Hamlin, Pera, Valência provenientes das plantações da indústria, situada na cidade de Matão (São Paulo/Brasil) da região noroeste do Estado de São Paulo. As laranjas foram colhidas em três safras consecutivas conforme a variedade, nos meses de julho, setembro e novembro de 2011, a extração do suco foi feita com laranjas colhidas no início da safra, para todas as variedades estudadas. As amostras de suco de laranja integral foram cedidas pelo Grupo Fisher, CITROSUCO, de Matão, SP, e processados, de acordo o Fluxograma da Figura 1, descrita no capítulo anterior.

As variedades de laranja podem ser agrupadas conforme o período de maturação podendo ser consideradas precoces, meia-estação e tardias. A safra da laranja na indústria inicia-se em junho, portanto, por este calendário, as amostras de laranja da variedade Hamlin foram colhidas no mês de julho de 2011. A laranja Pera no mês de Setembro de 2011 e a variedade Valência em novembro de 2011.

Os processos de amostragem, transporte, embalagem, acondicionamento e irradiação seguiram a mesma metodologia do capítulo anterior.

O estudo realizado no capítulo anterior permitiu a seleção das doses de 1,5 e 3,0 kGy e o controle, a fim de se comparar ao processo de pasteurização. Utilizou-se uma caixa para cada tratamento, e lacradas com fita adesiva para a manutenção da temperatura. Foram realizadas três viagens ao IPEN devido às três variedades das laranjas, o transporte foi feito em veículo particular, e a viagem de ida e volta totalizou 5 horas. No momento do processo a taxa de dose do irradiador era de 53,75 Gy minuto⁻¹ para a laranja Hamlin, 53,50 Gy minuto⁻¹ para a laranja Pera e 53,60 Gy minuto⁻¹ para a laranja Valência; dentro do equipamento, as caixas de isopor foram posicionadas a 20 cm do protetor da fonte; a irradiação durou 1 hora e 04 minutos; utilizou-se dosímetro Amber 3042 Batch S Type 3042, com leitura realizada em espectrofotômetro Genesys 20 a 603 nm para averiguação das doses aplicadas em cada caixa.

Após a irradiação, já no Laboratório de Frutas e Hortaliças (ESALQ/USP), as amostras foram mantidas em câmara de refrigeração (PróFrio Refrigeração Industrial, São Paulo, SP, Brasil) a 6°C, e 90% UR ao abrigo da luz.

4.3 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas pela empresa BIOAGRI Alimentos, em São Paulo-SP, nos períodos 1, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento. O transporte das amostras foi feito em caixas de isopor contendo gelo reciclável.

Para atender à Regulamentação microbiológica, Portaria nº451 de 19 de setembro de 1997 do Ministério da Saúde, foi realizada a contagem de coliformes termotolerantes, coliformes totais, bolores e leveduras, bactérias lácticas e bactérias psicotróficas de acordo com a Instrução Normativa nº62, de 26 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003). E a análise de Salmonela seguindo a metodologia 996.08 da AOAC (2005).

4.4 Análises Físico-Químicas

As avaliações físico-químicas foram realizadas em três repetições de amostras, e em duplicata de cada avaliação, após 1, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento. As determinações do pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, ratio e cor (L, a* e b*) seguiram as mesmas metodologias citadas no capítulo 3.

4.4.1 Compostos fenólicos

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado colorimetricamente pelo método Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). A absorbância foi medida no espectrofotômetro a 760 nm. Os resultados expressos em μg de ácido gálico por mL de suco.

4.4.2 Ácido Ascórbico

Determinado por titulometria segundo o método de Strohecker e Henning (1967), os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100mL.

4.5 Análise Sensorial

Para a realização dos testes sensoriais, o presente estudo obteve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da ESALQ/USP em 15 de setembro de 2008 (COET/041), por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

As características sensoriais do suco de laranja foram avaliadas pelo teste de aceitabilidade, mediante teste hedônico e pela Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), nos períodos 1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento.

No 28º dia de armazenamento, não foram realizadas as análises sensoriais pela formação de gases no interior das embalagens, pelo odor desagradável e modificações na textura dos sucos de laranja. Segundo Geraldini et al. (1979), a degradação do suco causada pelas bactérias lácticas e a deterioração por fungos filamentosos manifesta-se pela produção de CO₂ e consequente estufamento da embalagem.

4.5.1 Teste de aceitação - Escala Hedônica

A análise sensorial foi realizada por cinquenta provadores não treinados, incluindo homens e mulheres, consumidores de suco de laranja e com disponibilidade e interesse em participar do teste.

Foram apresentadas quatro amostras por vez aos provadores, correspondendo aos tratamentos 1,5 kGy; 3,0 kGy; pasteurizado e o controle (suco de laranja sem tratamento). Aplicou-se o teste de aceitação com escala hedônica estruturada de sete pontos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999), que varia de 7-gostei muito a 1-desgostei muito. Os provadores avaliaram as características de aroma, sabor, textura e impressão global. As amostras foram avaliadas seguindo a mesma metodologia empregada no capítulo anterior.

4.5.2 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A análise foi desenvolvida no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP. O teste sensorial utilizado foi a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com provadores selecionados e treinados segundo Stone e Sidel (1993).

Para a aplicação da ADQ, várias etapas foram desenvolvidas. Realizou-se o recrutamento, que consiste no primeiro contato com os provadores através de uma ficha, a qual permitiu obter informações de interesse, como disponibilidade de tempo e afinidade pelo produto (Figura 1). A ficha foi preenchida por 18 pessoas, constituindo-se de funcionários, técnicos e alunos do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP.

RECRUTAMENTO DE PROVADORES

Você está sendo convidado a participar do treinamento para Análise Sensorial de **Suco de Laranja processado** pelo Método da “Análise Descritiva Quantitativa”, na qual você deve identificar e quantificar seus diferentes atributos sensoriais. Serão realizados vários testes, sendo necessária a presença do provador quando solicitado. Se você deseja fazer parte dessa equipe, por favor, preencha esse formulário. Contamos com você para a formação desta nova equipe de provadores.

Nome: _____
 Faixa etária: ____ 15-20 ____ 21-30 ____ 31-40 ____ 41-50 ____ 51-60
 Sexo: _____ Feminino _____ Masculino
 Fumante: _____ Sim _____ Não
 Toma frequentemente cafezinho: _____ Sim _____ Não
 Email : _____
 Telefone para contato: _____
 Data: _____

1. Horários disponíveis

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Manhã 8:30-10:00hs					
10:00-12:00hs					
Tarde 14:00-16:00hs					
16:00-17:30hs					

2. Você tem o hábito de consumir suco de laranja industrializado? Se sim, que tipo de suco geralmente tem costume de comprar, os sucos mantidos em temperatura ambiente (caixinhas, método de conservação UHT “*Ultra High Temperature*”) ou em temperatura de refrigeração (garrafas plásticas, pasteurizado)?

3. Hábitos alimentares

Com que frequência você consome suco de laranja industrializado?

1 vez por semana _____
 2 a 4 vezes por semana _____
 Diariamente _____
 Outros _____

4. Indique se você possui?

Diabetes: _____
 Hipoglicemia: _____
 Alergia a alimentos: _____
 Hipertensão: _____
 Doenças bucais: _____

Figura 1 – Modelo da ficha de recrutamento de provadores

Após o recrutamento, os 18 provadores participaram do teste de reconhecimento dos gostos básicos, visando avaliar a capacidade dos mesmos em reconhecer os gostos primários. Para essa fase foram utilizadas soluções quimicamente puras dos gostos básicos: doce (sacarose a 2%), ácido (ácido cítrico a 0,07%), salgado (cloreto de sódio a 0,2%), amargo (cafeína a 0,07%) e solução neutra (água mineral). Foram oferecidos 25 mL de cada solução aos provadores, em copos plásticos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos.

O teste foi realizado em cabines individuais, com luz vermelha. Cada cabine continha as amostras, a ficha de avaliação (Figura 2) e copo com água para a lavagem do palato entre uma amostra e outra. Apenas os provadores que acertaram 100% dos gostos básicos continuaram a participar do treinamento.

TESTE DE RECONHECIMENTO DE GOSTOS BÁSICOS	
Nome: _____ Data: ____/____/____	
<p>Por favor, prove as amostras, identifique os gostos básicos (doce, ácido, salgado, amargo e solução neutra) e escreva na frente das numerações das amostras. Favor ingerir água após provar cada amostra. Obrigada.</p>	
Amostra n°	Gosto
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Figura 2 – Modelo da ficha de reconhecimento dos gostos básicos

Os 12 provadores aprovados no teste de reconhecimento dos gostos básicos participaram da fase seguinte, ou seja, do teste de sensibilidade para gosto, em que foi utilizado o teste triangular com uso dos tratamentos da própria tese (controle, pasteurização e radiação gama com dose de 3,0 kGy). O teste triangular (Figura 3) foi conduzido seis vezes nas mesmas condições descritas no teste de reconhecimento dos gostos básicos.

FICHA DO TESTE TRIANGULAR		
Nome: _____		
Data: ___/___/___		
<p style="text-align: center;">Você está recebendo três amostras codificadas. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Por favor, prove da esquerda para a direita com intervalo de 20 segundos entre as amostras e indique a amostra diferente, fazendo um círculo ao redor do número.</p>		
1) _____ 2) _____ 3) _____ 4) _____ 5) _____ 6) _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____

Figura 3 – Modelo da ficha de reconhecimento do teste triangular

Foram selecionados apenas os provadores que acertaram mais de 80% em todos os testes realizados. Dos doze (12) provadores que participaram do teste apenas nove (9) participaram da fase seguinte, correspondentes a 7 mulheres e 2 homens, a qual constou no desenvolvimento de terminologia e treinamento. Foram realizadas 3 sessões nessa fase, onde os provadores avaliaram sensorialmente todos os tratamentos, em cabines individuais e verbalizaram as sensações percebidas em relação à aparência, aroma, sabor e textura na ficha de levantamento de atributos (Figura 4).

FICHA DE LEVANTAMENTO DE ATRIBUTOS		
Nome: _____		
Data: _____		
<p>Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas quanto à aparência, aroma, sabor e textura e desenvolva termos que melhor descrevam as amostras com relação a cada um desses atributos sensoriais.</p>		

APARÊNCIA:		
AROMA:		
SABOR:		
TEXTURA:		

Figura 4 – Modelo de ficha de levantamento de atributos

Após cada provador ter gerado seus termos descritivos, a equipe reuniu-se com a supervisão de um líder no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP) e discutiram os termos levantados, com o objetivo de agrupar os atributos semelhantes que melhor descrevessem as amostras de suco de laranja. Nesta etapa os termos que expressavam um mesmo aspecto sensorial foram agrupados em um só atributo representativo, os discrepantes foram descartados (Figura 5).

Aparência	
Amarelo	Amarelo claro (16); amarelo escuro (9); opaco (2); translúcido (5)
Encorpado	Encorpado (9); aguado (9); líquido (2); espesso (3)
Homogêneo	Presença/ausência de vesículas (4)
Aroma	
Característico de laranja fresca	Característico de laranja fresca (6); suco fresco (4); laranja madura (5); laranja passada (4); suco artificial (5)
Remédio	Artificial (5); remédio (7)
Cozido	Cozido (4); queimado (2); fumaça (1)
Cítrico	Cítrico (6); ácido (5)
Sabor	
Natural	Suco fresco (7); laranja passada (3); laranja natural (7)
Gosto amargo	Amargo (6); sabor residual (5)
Gosto ácido	Ácido (12); azedo (4)
Gosto doce	Laranja doce (16); aguado (3)
Remédio	Industrializado (1); artificial (2); remédio (4)
Sabor cozido	Cozido (9); queimado (2)
Sumo	Sumo (2); casca de laranja (1)
Textura	
Homogêneo	Homogêneo (6); presença de gominhos (vesículas) (9); diluída (5)
Encorpado	Encorpado (8); concentrado (5); fluido (3); aguado (6); fino(6)

Figura 5 – Agrupamento dos termos descritivos das análises sensoriais

Ao final de cada sessão, foi gerada de forma consensual uma lista de termos descritivos e foi sugerido material de referência, que auxiliou a equipe a perceber as características sensoriais do produto avaliado e ancorar os extremos das escalas de intensidade (Figura 6).

DEFINIÇÕES DOS TERMOS ATRIBUÍDOS PARA OS ATRIBUTOS

APARÊNCIA

AMARELO – Tonalidade de cor amarela de suco de laranja natural fresco

Pouco amarelo: suco de laranja a 9,0° Brix

Muito amarelo: suco de laranja madura a 12,0° Brix + suco de tangerina a 12,0° Brix, proporção de 1:1

ENCORPADO - Suco de laranja Lanjal (60° Brix), diluído na proporção 1:3.

Pouco: suco de laranja Lanjal (60° Brix), diluído na proporção 1:6

Muito: suco de laranja Lanjal (60° Brix), diluído na proporção 1:1

HOMOGÊNEO - suco que possui superfície lisa, sem aspereza

Pouco: suco com gruminhos (vesículas)

Muito: suco filtrado com superfície plana, lisa, sem grumos

AROMA

CARACTERÍSTICO DE LARANJA FRESCA – Sensação olfativa associada ao aroma característico de suco de laranja natural fresco

Pouco: suco de laranja reconstituído

Muito: suco fresco, espremido na hora de laranja variedade Pera

REMÉDIO - Característico de suco de laranja semelhante ao aroma de Cebion diluído em água

Pouco: Suco de laranja espremido na hora

Muito: Suco de laranja com Cebion diluído em água

COZIDO - Característico de suco de laranja submetido a tratamento térmico

Pouco: suco recém-extraído

Muito: sabor de suco de laranja reconstituído, pasteurizado de marca comercial

CÍTRICO - Refere-se ao aroma do ácido cítrico, característico dos frutos cítricos

Pouco: suco de laranja com 0,2% de ácido cítrico em suco de laranja natural fresco

Muito: suco de laranja com 1,5% de ácido cítrico em suco de laranja natural fresco

SABOR

NATURAL DE SUCO FRESCO DE LARANJA - Característico do sabor do suco recém-extraído

Pouco: Suco de laranja artificial

Muito: Suco de laranja recém-extraído

AMARGO - Refere-se ao gosto amargo característico do sabor da casca ao ser espremido com a mesma, no processo industrial

Pouco: suco de laranja espremido na hora com água na proporção de 1:3

Muito: suco de laranja com cafeína e casca triturada

ÁCIDO - Refere-se ao gosto ácido característico de suco obtido de laranja verde

Pouco: Suco de laranja pasteurizado: água (1:3), com pH 5,00

Muito: Suco de laranja pasteurizado (200 mL) com adição de 0,6g de ácido cítrico, pH 3,00

DOCE - Refere-se ao gosto doce característico de sacarose em solução aquosa

Pouco: suco de laranja com 0,9% de sacarose

Muito: suco de laranja com 13% de sacarose

continua

conclusão
<p>REMÉDIO - Característico de suco de laranja semelhante ao sabor de Cebion diluído em água Pouco: Suco de laranja espremido na hora Muito: Suco de laranja com Cebion diluído em água</p> <p>COZIDO - Refere-se ao sabor de laranja cozida, fervida Pouco: Suco de laranja recém-extraído Muito: Suco de laranja pasteurizado de marca comercial</p> <p>SUMO- Sensação gustativa associada ao sabor que lembra a presença de casca de laranja (presença de óleo essencial) no suco Pouco: suco de laranja recém-extraído Muito: suco de laranja natural fresco adicionado de gotas de óleo essencial extraído diretamente da casca da laranja (sumo)</p> <p><u>TEXTURA</u></p> <p>HOMOGÊNEO - Refere-se ao suco que contém elementos idênticos por toda sua natureza Pouco: Refere-se ao suco com gruminhos/vesículas Muito: Refere-se ao suco que possui superfície plana, lisa, sem grumos</p> <p>ENCORPADO - textura característica de suco de laranja concentrado Pouco: suco de laranja natural (12°Brix) diluído em proporção 1:1 Muito: suco de laranja concentrado (aproximadamente 60°Brix) diluído em proporção 1:1</p>

Figura 6 – Ficha de definição dos atributos realizada pelos provadores

Na fase de treinamento, os provadores foram solicitados a avaliar as amostras de suco de laranja, para medir a intensidade de cada atributo foi utilizada uma escala não estruturada de 9,0 cm, ancorada à esquerda e à direita nos termos pouco e muito (Figura 7). As amostras foram apresentadas aos provadores em embalagens individuais, codificadas com números de três dígitos. Cada amostra foi servida em porções de aproximadamente 50 mL, à temperatura de 6°C, acompanhadas de um copo com água mineral e a lista de definições e as referências foram revistas pelos provadores antes das avaliações das amostras.

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo 4 amostras de suco de laranja, por favor, avalie cada um dos atributos abaixo, indicando com um traço vertical, o ponto da escala não estruturada de 9,0cm que melhor quantifique a intensidade de cada atributo.

APARÊNCIA

Amarelo claro escuro
 _____|_____

Encorpado pouco muito
 _____|_____

Homogêneo
 pouco muito
 _____|_____

AROMA

Característico
 de laranja fresca pouco muito
 _____|_____

Remédio pouco muito
 _____|_____

Cozido
 pouco muito
 _____|_____

Cítrico pouco muito
 _____|_____

SABOR

Natural
 (suco fresco) pouco muito
 _____|_____

Gosto Amargo pouco muito
 _____|_____

Gosto Ácido pouco muito
 _____|_____

Gosto Doce pouco muito
 _____|_____

Remédio pouco muito
 _____|_____

Sabor Cozido pouco muito
 _____|_____

continua

			conclusão
Sumo	pouco		muito
	_____ _____		_____ _____
TEXTURA			
Homogêneo	pouco		muito
	_____ _____		_____ _____
Encorpado	pouco		muito
	_____ _____		_____ _____

Figura 7 – Modelo da ficha de avaliação sensorial

4.6 Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5, sendo 4 tratamentos (controle, pasteurizado, 1,5 kGy e 3,0 kGy) e 5 períodos de armazenamento (1, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento) com três garrafas por tratamento e em duplicata de análise. Os resultados referentes às análises físico-químicas e sensoriais foram avaliados através do programa *Statistical Analysis System* modelo 9.2 (SAS, 2005) e submetidos à análise de variância (ANOVA) para o teste F, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4.7 Resultados e Discussão

4.7.1 Análises microbiológicas

A deterioração microbiológica do suco de laranja se dá devido a microrganismos tolerantes ao meio ácido, com predomínio de bactérias lácticas, bolores e leveduras. A Portaria 451 de 19 de setembro de 1997 do Ministério da Saúde preconiza para sucos de frutas in natura a contagem máxima de 10^4 UFC mL⁻¹ de bolores e leveduras, ausência de *Salmonella* em 25 mL e máximo de 10 NMP mL⁻¹ de coliformes termotolerantes (BRASIL, 1997).

Atendendo à Portaria do Ministério da Saúde, o presente trabalho não apresentou contagens de coliformes termotolerantes e *Salmonella* em nenhum dos tratamentos, períodos de armazenamento e variedades cítricas estudadas. Os resultados das determinações microbiológicas de bolores e leveduras, bactérias lácticas e psicrotróficos dos sucos de laranjas das diferentes variedades se encontram nas Tabelas 1, 2 e 3.

A população de coliformes totais e termotolerantes em todos os tratamentos, período de armazenamento e variedades, permaneceu menor que $0,3 \text{ NMP mL}^{-1}$, ou seja, abaixo do limite de detecção, indicando que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas em todas as etapas do processamento.

Silva et al. (2007) não observaram presença de *Salmonella* e coliformes totais e termotolerantes em nenhuma das amostras de suco de laranja da variedade Pera submetidas a diferentes condições de estocagem.

Em estudo com sucos de abacaxi, caju e maracujá, Pinheiro e colaboradores (2006) não detectaram a presença de coliformes termotolerantes e coliformes totais nas amostras de suco de frutas.

Gonçalves et al. (2006) estudando irradiação gama como alternativa para a conservação em polpa de acerola, não observaram presença de *Salmonella* e coliformes termotolerantes no tempo zero e após 12 dias de armazenamento.

A legislação brasileira não estabelece limites para a contagem de bactérias lácticas e psicrotróficos, bem como para fungos filamentosos e leveduras em sucos de frutas (BRASIL, 2000). No entanto, as amostras de suco de laranja foram submetidas a essas análises a fim de verificar as condições higiênicas sanitárias e o efeito dos tratamentos sobre a contagem microbiana.

Nas amostras de suco de laranja da variedade Hamlin, os tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy não apresentaram contagens de bactérias lácticas a partir do 14º dia de armazenamento e as bactérias psicrotróficas apresentaram contagens menores que $1,0 \text{ UFC mL}^{-1}$ para todos os períodos de armazenamento avaliados, como ilustrado na Tabela 1. Isto comprova que o tratamento com radiação gama mostrou-se eficiente na diminuição das contagens microbiológicas.

Tabela 1 - Análises microbiológicas de suco de laranja da variedade **Hamlin** submetido aos tratamentos e armazenado a 6°C e 90%UR por 28 dias

Tratamentos	Análises	1	7	14	21	28
Controle	Bolores e leveduras	$1,5 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,3 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$
	Bactérias lácticas	$3,6 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
	Psicotróficos	$5,3 \times 10^5$	$2,7 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$5,6 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$
Pasteurizado	Bolores e leveduras	<1,0	80	$8,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^4$	$7,4 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	Psicotróficos	<1,0	43	$8,5 \times 10^2$	$2,8 \times 10^3$	$4,1 \times 10^3$
1,5 kGy	Bolores e leveduras	$2,9 \times 10^3$	$8,1 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	$8,3 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$
	Bactérias lácticas	$6,0 \times 10^2$	$5,2 \times 10^2$	<1,0	<1,0	<1,0
	Psicotróficos	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
3,0 kGy	Bolores e leveduras	$5,9 \times 10^2$	$2,7 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$3,5 \times 10^3$	$5,6 \times 10^3$
	Bactérias lácticas	$2,8 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	<1,0	<1,0	<1,0
	Psicotróficas	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Os resultados obtidos representam à média aritmética das duplicatas, para a avaliação dos aspectos microbiológicos os resultados foram expressos em Unidades formadoras de colônia (UFC mL⁻¹) para bolores e leveduras, bactérias lácticas e bactérias psicotróficas.

Os processamentos com radiação gama e pasteurização aplicados ao suco de laranja contribuíram para a diminuição das contagens de psicotróficos e bactérias lácticas quando comparados ao controle, evidenciando que os tratamentos foram eficazes para a finalidade pretendida.

As bactérias lácticas e as leveduras apresentam baixa resistência térmica, sendo, geralmente destruídas quando submetidas ao processamento térmico (GERALDINI et al., 1979; THOMAS, 1996).

Em relação às contagens de bolores e leveduras, o suco de todas as variedades, Hamlin, Pera e Valência apresentaram contagens em todos os tratamentos avaliados, no entanto, as amostras controle, sem aplicação de tratamento já apresentavam contagens na ordem de 10^4 UFC mL⁻¹, no primeiro dia de análise e de 10^5 UFC mL⁻¹ no 28° dia de armazenamento, que era superiores ao recomendado pelo Ministério da Saúde, fato, que impediu que a análise sensorial fosse realizada no 28° dia de armazenamento.

Tabela 2 - Análise microbiológica de suco de laranja da variedade **Pera** submetido aos tratamentos e armazenado a 6°C e 90%UR por 28 dias

Tratamentos	Análises	1	7	14	21	28
Controle	Bolores e leveduras	$2,2 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$1,6 \times 10^5$	$8,5 \times 10^5$	$>5,6 \times 10^5$
	Bactérias lácticas	$7,8 \times 10^3$	$4,7 \times 10^2$	$8,3 \times 10^5$	$6,3 \times 10^5$	$2,7 \times 10^6$
	Psicrotróficos	$1,4 \times 10^2$	$3,3 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$	$4,2 \times 10^5$
Pasteurizado	Bolores e leveduras	1,0	<1,0	$1,3 \times 10^2$	$3,6 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	<1,0	1,0	1,0	<1,0	60
	Psicrotróficos	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	$4,6 \times 10^2$
1,5 kGy	Bolores e leveduras	$2,1 \times 10^3$	$5,7 \times 10^2$	$6,8 \times 10^3$	$4,5 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	$4,2 \times 10^2$	$6,9 \times 10^2$	$7,6 \times 10^2$	$8,6 \times 10^2$	<10
	Psicrotróficos	<1,0	<1,0	$4,4 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$
3,0 kGy	Bolores e leveduras	$1,2 \times 10^2$	$5,3 \times 10^2$	$3,3 \times 10^2$	$8,3 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	24	$3,0 \times 10^2$	$4,3 \times 10^3$	<10	<10
	Psicrotróficos	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Os resultados obtidos representam à média aritmética das duplicatas, para a avaliação dos aspectos microbiológicos os resultados foram expressos em Unidades formadoras de colônia (UFC mL⁻¹) para bolores e leveduras, bactérias lácticas e bactérias psicrotróficas.

Segundo Urbain (1986), os fungos apresentam alta susceptibilidade à radiação quando comparados com bactérias não formadoras de esporos, sendo que as doses letais para os fungos filamentosos situam-se entre 2,5 e 6,0 kGy e para leveduras entre 4,6 e 20,0 kGy, para suco de laranja essas doses são muito elevadas, pois causam alterações indesejáveis, no aroma e sabor.

Hoffmann et al. (1998) ao avaliar a qualidade microbiológica de dezenove amostras diferentes de suco fresco de laranja integral, consumidas em São José do Rio Preto (São Paulo). Encontraram contagem de bolores e leveduras de $5,8 \times 10^1$ a $9,1 \times 10^5$ UFC mL⁻¹. Segundo a legislação federal (BRASIL, 1997), oito (42,1%) das dezenove amostras analisadas apresentaram em desacordo com o padrão estabelecido (máximo 10^4 UFC mL⁻¹) para bolores e leveduras.

Ruschel et al. (2001) também avaliaram a qualidade físico-química e microbiológica de suco de laranja comercializado nas vias públicas de Porto Alegre/RS, e das 52 amostras analisadas, 44,23% apresentaram contagens de bolores e leveduras acima dos padrões estabelecidos pela portaria 451/97 do Ministério da Saúde, os valores variaram entre 1×10^4 a $8,2 \times 10^5$ UFC mL⁻¹.

Gonçalves et al. (2006) estudando polpas de acerola tratadas com radiação gama, utilizando as doses 2,0; 3,0 e 4,0 kGy, observaram ausência de Salmonella e coliformes termotolerantes no primeiro e após 12 dias de armazenamento. A contagem de fungos filamentosos e leveduras após 12 dias de estocagem à temperatura ambiente, comparando-se com a amostra sem tratamento, evidenciou uma redução de 3 ciclos logarítmicos para a dose de 2,0 kGy e de 4 a 5 ciclos para as doses de 3,0 e 4,0 kGy, tendo o controle se deteriorado ($> 10^6$ UFC mL⁻¹).

A deterioração de sucos de frutas ocasionada por leveduras ocorre pois esses microrganismos apresentam elevada tolerância a ácidos e à capacidade de se desenvolverem anaerobicamente. As leveduras possuem baixa resistência térmica e sua multiplicação resulta na produção de CO₂ e etanol podendo também ocorrer a formação de películas e floculação, o que diminui a turvação dos sucos. As leveduras podem utilizar ácidos orgânicos resultando em elevação do pH e também produzir acetaldeído, o que contribui para o odor fermentado (LEITÃO, 1973; UBOLDI-EIROA, 1989).

Os tratamentos com radiação gama e a pasteurização também reduziram consideravelmente as contagens de bactérias psicotróficas nos sucos de laranjas Pera e Valência, em relação ao controle (Tabelas 2 e 3). Mesmo ao final do período de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram baixas contagens de aeróbios psicotróficos. O tratamento com 3,0 kGy foi o mais efetivo para a redução das contagens de bactérias aeróbias psicotróficas.

Tabela 3 - Análises microbiológicas de suco de laranja da variedade **Valência** submetido aos tratamentos e armazenado a 6°C e 90%UR por 28 dias

Tratamentos	Análises	1	7	14	21	28
Controle	Bolores e leveduras	$2,8 \times 10^4$	$7,2 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	$7,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	$2,2 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$
	Psicrotróficos	$3,9 \times 10^3$	$3,4 \times 10^3$	$1,9 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$
Pasteurizado	Bolores e leveduras	39	56	$8,6 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$	$7,4 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	2,0	3,0	$5,4 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	$6,2 \times 10^2$
	Psicrotróficas	4,0	3,0	1,0	<1,0	<1,0
1,5 kGy	Bolores e leveduras	$4,8 \times 10^3$	$2,5 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	$5,1 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$	$2,7 \times 10^3$	$7,0 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$
	Psicrotróficos	<1,0	2,0	$5,9 \times 10^3$	$4,1 \times 10^3$	38
3,0 kGy	Bolores e leveduras	$5,5 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$	$>5,6 \times 10^4$
	Bactérias lácticas	$7,8 \times 10^2$	$5,2 \times 10^2$	$2,8 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	$6,1 \times 10^3$
	Psicrotróficos	11	2,0	$1,4 \times 10^2$	70	$5,5 \times 10^2$

Os resultados obtidos representam à média aritmética das duplicatas, para a avaliação dos aspectos microbiológicos os resultados foram expressos em Unidades formadoras de colônia (UFC mL⁻¹) para bolores e leveduras, bactérias lácticas e bactérias psicrotróficas.

Estudando três doses de radiação gama (2,0; 4,0 e 6,0 kGy) e 5 períodos de armazenamento (1, 7, 14, 21 e 28 dias), Iemma et al. (1999) observaram diminuição da população microbiana com o aumento das doses de radiação em suco de laranja Pera.

Gonçalves et al. (2006) observaram redução das contagens de bolores e leveduras em polpas de acerola submetidas as doses de 3,0 e 4,0 kGy, apresentando contagens menores que 2×10^3 UFC mL⁻¹.

Oliveira et al. (2007), avaliando a pasteurização e a radiação gama em caldo de cana adicionado de 4% de suco de limão, observaram que os processamentos diminuiriam as contagens de psicrotróficos, bactérias lácticas e bolores e leveduras em relação ao controle, evidenciando que os tratamentos aplicados ao caldo de cana foram eficientes.

4.7.2 Análises físico-químicas

4.7.2.1 pH

Os valores de pH foram afetados significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pela interação dose de radiação, período de armazenamento e variedades cítricas (Tabela 4).

O pH, assim como a acidez titulável, está associado com o processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita (REINHARDT; MEDINA, 1992).

Tabela 4 - Valores médios de pH de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	3,90 Ab	3,90 Aa	3,67 Bef	3,68 Bcde	3,73 Bdef
	Past.	3,91 Ab	3,68 Cb	3,77 BCbcd	3,75 BCc	3,79 Bcde
	1,5 kGy	3,86 Bb	3,71 Cb	3,72 Cde	3,97 Ab	3,82 Bbcd
	3,0 kGy	3,85 Ab	3,67 Bb	3,74 Bcde	3,70 Bcde	3,93 Aa
P	Cont.	3,68 Abc	3,75 Ab	3,66 Bef	3,64 Bef	3,71 ABef
	Past.	3,64 Ac	3,67 Ab	3,60 Af	3,58 Af	3,65 Af
	1,5 kGy	3,64 Bc	3,75 Ab	3,70 ABde	3,74 Acd	3,67 ABf
	3,0 kGy	3,72 Abc	3,76 Ab	3,70 ABde	3,65 Bdef	3,65 Bf
V	Cont.	4,17 Aa	3,94 Ba	3,86 Bab	4,12 Aa	3,90 Bab
	Past.	4,20 Aa	3,93 Ca	3,82 Dabc	4,10 Ba	3,86 CDabc
	1,5 kGy	4,25 Aa	3,96 Ca	3,88 Ca	4,11 Ba	3,88 Cabc
	3,0 kGy	4,20 Aa	3,91 Ca	3,85 Cab	4,07 Ba	3,82 Cbcd

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos;

Cont. = controle; Past. = suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido à dose de 1,5 kGy;

3,0 kGy = suco de laranja submetido à dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao comportamento das variedades cítricas aos tratamentos, a variedade Valência apresentou maiores valores de pH em comparação às demais variedades e analisando o comportamento dessa variedade em relação ao período de armazenamento, constatou-se uma diminuição significativa ao longo da estocagem para todos os tratamentos. Mesmo comportamento foi observado para o suco de laranja da variedade Hamlin, de modo geral, os tratamentos apresentaram redução significativa nos valores de pH a partir do 7º dia,

no entanto para os tratamentos 1,5 e 3,0 kGy não diferiram no 28° dia em relação ao 1° dia de armazenamento.

Bull et al. (2004) relataram que a época mais tardia da colheita das laranjas da cultivar Valência contribuíram para menor acidez e pH mais elevado no suco.

Os processos de hidrólise, oxidação ou fermentação modificam a concentração de íons hidrogênio e, conseqüentemente, a acidez dos alimentos. De acordo com Vendramini e Trugo (2000) o aumento do pH pode sugerir desequilíbrio na dissociação de ácidos em função do tempo de armazenamento. Os ácidos orgânicos, que contribuem para o aroma e sabor do suco de laranja, podem ser resultantes de processos bioquímicos ou, em casos de fermentações, do desenvolvimento de microrganismos deteriorantes (ESTEVE et al., 2005).

Lima; Mélo e Lima (2000), estudando a qualidade de suco de laranja pasteurizado submetido ao armazenamento refrigerado e envasado em embalagens cartonadas, obtiveram valores de pH nas amostras de suco de laranja de 3,6 a 3,9, resultados equivalentes ao presente estudo.

4.7.2.2 Teor de Sólidos Solúveis (TSS)

Houve interação significativa entre os tratamentos, o período de armazenamento e as variedades cítricas ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios do teor de sólidos solúveis (TSS) no suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	10,67Ad	10,38 Abe	9,62Df	10,12 BCd	9,88CDf
	Past.	10,45Ad	9,68Bf	9,47Bf	10,00Ad	10,21Aef
	1,5 kGy	10,52Ad	9,67Cf	9,88Cf	10,10BCd	10,75Abcde
	3,0 kGy	10,47ABd	9,50Df	10,00BCf	9,90CDd	10,70Acde
P	Cont.	12,62 Ab	12,43 ABab	12,17 ABb	11,72 BCb	11,32 Cabc
	Past.	13,73 Aa	12,98 Aa	13,20 Aa	13,08 Aa	11,87 Ba
	1,5 kGy	11,62 ABc	11,83Abc	10,88 Bde	11,25 ABbc	11,35 ABab
	3,0 kGy	11,52 Ac	11,28 Acd	10,83 Ae	10,75 Ac	10,85 Abcd
V	Cont.	11,05 Bcd	11,13 ABd	11,35 Acde	10,88 Bc	10,35 Cdef
	Past.	11,40 Bc	11,33 Bcd	11,73 Abc	11,60 Abb	11,53 ABa
	1,5 kGy	10,60 Cd	11,43 Acd	11,50Acd	11,03 Bbc	11,63 Aa
	3,0 kGy	11,37 Bc	11,32 Bcd	11,70 Abc	11,30 Bbc	11,30 Babc

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos;

Cont. = controle; Past. = suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Outra variável de grande relevância na qualidade dos frutos é o teor de sólidos solúveis (°Brix), parâmetro relacionado ao estágio de maturação e sabor da fruta. Os tratamentos não apresentaram influência nas amostras de suco da variedade Hamlin, apresentando menores teores de sólidos solúveis que as demais. Por ser considerada a laranja mais precoce em maturação, com baixa acidez, a colheita é realizada antes, cujo suco apresentou valores médios ao redor de 10,09° Brix, e até abaixo de 10,5° Brix, recomendado pela Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000). As diferenças encontradas entre os tratamentos foram mínimas e pouco significativas. Maiores valores foram encontradas nos sucos de variedades, Hamlin e Valência com maiores teores de sólidos solúveis, inferindo em suco mais doce.

Iha et al. (2000) avaliaram a qualidade de 130 amostras de suco de laranja recém extraído, provenientes de diferentes processadoras de Ribeirão Preto e Araraquara (São Paulo), das 130 amostras analisadas, 60 estavam em desacordo com o Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de laranja (BRASIL, 2000), as amostras apresentaram teor de sólidos solúveis abaixo de 10,5° Brix.

Sugai et al. (2002) estudaram suco de laranja Pera pasteurizado em trocador de calor a placas empregando três diferentes temperaturas de pasteurização e diferentes tempos de retenção. O teor de sólidos solúveis foi afetado pelo menor o tempo de retenção, provocando um acréscimo nos valores do teor de sólidos solúveis, no entanto, os valores médios diminuiram com o aumento do tempo de retenção.

Iemma et al. (1999), estudando as doses (2,0; 4,0 e 6,0 kGy) de radiação gama na conservação do suco natural de laranja, observaram uma diminuição dos teores de sólidos solúveis com o aumento das doses de radiação, nos períodos de 1, 14 e 21 dias de armazenamento.

4.7.2.3 Acidez Titulável (AT)

Os resultados da acidez titulável apresentaram interação significativa entre tratamentos, variedades de laranjas e período de armazenamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Acidez titulável (% de ácido cítrico) de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	0,49 Ccd	0,70 Bbc	0,97 Aa	0,92 Aa	0,95 Aa
	Past.	0,73 Ba	0,64 Bcd	0,92 Aa	0,86 Aab	0,89 Aa
	1,5 kGy	0,76 Ba	0,96 Aa	0,63 Cc	0,72 BCcd	0,79 Bb
	3,0 kGy	0,74 Ba	0,96Aa	0,91Aa	0,63Cde	0,77 Bb
P	Cont.	0,59 Bb	0,66 ABbcd	0,64 ABC	0,70 Acd	0,70 Abc
	Past.	0,72 ABa	0,74 Ab	0,75 Ab	0,79 Abc	0,64 Bc
	1,5 kGy	0,59 Bb	0,60 Bd	0,60 Bc	0,60 Be	0,78 Ab
	3,0 kGy	0,58 Cbc	0,60 Bd	0,56 BCc	0,59 BCe	0,73 Abc
V	Cont.	0,43 Ade	0,45 Ae	0,43 Ad	0,45 Af	0,44 Ad
	Past.	0,45 Ade	0,45 Ae	0,46 Ad	0,45 Af	0,46 Ad
	1,5 kGy	0,38 Ce	0,40 BCe	0,43 ABd	0,42 BCf	0,47 Ad
	3,0 kGy	0,38 Ce	0,44 Be	0,44 Bd	0,46 ABf	0,50 Ad

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos;

Cont. = controle; Past. = suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A acidez titulável apresentou comportamento correspondente ao pH, com as amostras do suco de laranja da variedade Valência, apresentaram menores valores para a acidez titulável e conseqüentemente maiores valores de pH, fato este por ser considerada como período de maturação tardia. Em relação ao comportamento dos tratamentos, não apresentaram influência significativa para esta variedade cítrica.

A capacidade tampão de alguns sucos permite que ocorram variações na acidez titulável sem variações no pH. Contudo, numa faixa de concentração de ácidos entre 2,5% e 0,5%, o pH aumenta com a redução da acidez, sendo utilizada como indicativo dessa variação. Uma pequena variação nos valores de pH é bem detectável nos testes sensoriais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Oliva (2002) relatou diminuição significativa da acidez titulável durante o período de armazenamento, as amostras de suco de laranja de fim de safra apresentaram diminuição significativa na acidez em relação às laranjas de início de safra.

4.7.2.4 Índices de Cor

A variável L indica luminosidade, diferenciando cores claras de escuras. O valor varia de zero para cores escuras (preto) a 100 para cores claras (branco). Os valores de luminosidade (L) das amostras de suco de laranja são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Luminosidade de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	46,26 Ccd	46,60 BCcdef	48,45 Aab	46,63 BCabc	47,55 ABab
	Past.	47,27 Aabcd	46,81 Acde	47,49 Abcd	47,00 Aabc	46,54 Aabc
	1,5 kGy	46,60 Bbcd	48,58 Aabc	46,87 Bbcd	46,07 Bbcd	46,84 Babc
	3,0 kGy	47,02 ABbcd	47,54 Abcde	47,61 Abc	47,02 ABabc	46,14 Babc
P	Cont.	42,77 Ce	48,32 Babcd	50,63 Aa	47,67 Babc	47,96 Ba
	Past.	48,15 Babc	50,49 Aa	48,11 Bbc	47,88 Babc	47,48 Bab
	1,5 kGy	48,63 ABab	49,71 Aab	47,60 Bbc	48,26 Bab	47,67 Bab
	3,0 kGy	49,42 ABa	50,34 Aa	48,36 BCb	47,56 Cabc	47,27 Cab
V	Cont.	39,26 Bf	45,83 Aef	45,97 Acd	46,04 Abc	42,00 Bd
	Past.	45,30 Ad	44,57 Af	45,33 Ade	45,78 Ac	46,51 Aabc
	1,5 kGy	45,87 Ad	46,25 Adef	41,95 Bf	48,41 Aa	45,65 Abc
	3,0 kGy	45,58 ABd	46,68 Acdef	43,40 Bef	40,01 Cd	44,96 ABC

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; 1= controle; 2= suco de laranja pasteurizado; 3= suco de laranja submetido à dose de 1,5 kGy; 4= suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Observou-se interação significativa entre tratamentos, período de armazenamento e variedades cítricas. Quando se considerou o efeito dos tratamentos em relação às variedades cítricas, para o suco de laranja da variedade Pera no 1º dia de análise, o controle obteve o menor valor de luminosidade, sendo que os demais tratamentos foram semelhantes entre si, apresentando valores médios próximos a 50. As variedades Hamlin e Valência não apresentaram diferença significativa, havendo exceção para o controle, o qual obteve menor média de luminosidade, iniciando-se mais escurecida que as demais.

No 7º dia de armazenamento, o suco pasteurizado e o tratado com 3,0 kGy apresentaram influência nas variedades cítricas. A partir do 21º dia de armazenamento refrigerado, o suco da variedade Valência irradiado com 1,5 kGy mostrou-se diferenciado do controle, pasteurizado e 3,0 kGy, os quais apresentaram menores médias de luminosidade de 46,04; 45,78 e 40,01, respectivamente.

O controle apresentou valores de luminosidade estatisticamente diferentes para as variedades Pera e Valência, esta no último dia de análise apresentou menores valores de luminosidade.

Lopes et al. (2005) avaliaram os parâmetros instrumentais de cor de polpa congelada de pitanga armazenada por 90 dias e observaram decréscimos na luminosidade, caracterizando como amostras mais escuras que o controle.

Segundo Oliva (2002) a cor do suco de laranja pode variar de maneira significativa durante a safra, principalmente devido a alterações de pigmentos amarelos, verdes e vermelhos presentes nos frutos. Na maioria das frutas, a clorofila (pigmento verde) tende a diminuir com a maturação dos frutos, quando então os pigmentos amarelos (carotenóides) começam a ser identificados visualmente. O autor verificou ao longo dos 60 dias de armazenamento, diminuição dos valores de luminosidade de suco de laranja das variedades Valência, Natal e Pera, indicando uma provável reação de escurecimento nos sucos de todas as variedades estudadas.

Ao longo do período de armazenamento as variedades de laranja Pera e Hamlin apresentaram influência significativa do controle, observou-se aumento da luminosidade ao longo do período de estocagem, apresentando-se amostras mais claras que as demais. E o tratamento com 3,0 kGy do suco de laranja da variedade Pera mostrou-se estatisticamente diferenciado no primeiro dia de análise, com diminuição significativa dos valores de luminosidade a partir do 21º dia de armazenamento.

A cromaticidade define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para as cores neutras e ao redor de 60 para as cores vívidas. Assim, maiores valores de croma significam maior intensidade da cor (McGUIRE, 1992).

O aumento na luminosidade, conjugado com o aumento na cromaticidade revela que nos frutos, à medida que passa da cor verde para a cor amarela, ocorre uma redução nos pigmentos verdes (clorofila) e acúmulo nos amarelos (carotenóides) (MATTIUZ; DURIGAN, 2001).

Observou-se interação significativa para os tratamentos, período de armazenamento e variedades cítricas em relação à cromaticidade (Tabela 8). Quando se observam o comportamento dos tratamentos ao longo do armazenamento, o controle apresentou-se diferenciado em todas as variedades estudadas, apresentando ao longo do armazenamento aumento significativo nos valores de cromaticidade, o que indica aumento na intensidade da coloração. Desta forma, verificou-se maior intensificação da coloração amarela (Tabela 8).

Tabela 8 - Cromaticidade de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	24,96 Cb	23,73 Ce	28,57 Ac	26,01 BCde	27,37 ABcde
	Past.	24,30 Bb	28,63 Abcd	29,41 Abc	25,35 Bde	25,28 Bef
	1,5 kGy	24,34 Bb	30,51 Abcd	28,50 Ac	22,96 Be	23,43 Bf
	3,0 kGy	23,67 Cb	30,50 Abcd	27,58 Bc	28,10 Bbcd	23,81 Cef
P	Cont.	25,30 Bb	35,07 Aa	34,44 Aa	34,04 Aa	32,83 Aab
	Past.	32,02 Aa	31,57 Aabc	32,32 Aab	31,53 Aab	29,48 Abcd
	1,5 kGy	30,79 ABa	31,83 ABab	29,90 Bbc	30,57 ABabc	33,40 Aa
	3,0 kGy	30,03 Aa	30,90 Abcd	29,06 Abc	28,80 Abcd	30,89 Aabc
V	Cont.	20,16 Bc	27,61 Ad	27,01 Ac	27,12 Acd	26,25 Ab
	Past.	25,54 Ab	27,94 Ad	27,08 Ac	27,60 Acd	26,24 Adef
	1,5 kGy	19,97 Cc	27,96 Acd	26,91 Bc	27,16 ABcd	31,23 Aab
	3,0 kGy	19,93 Cc	22,37 BCe	27,17 Ac	25,23 ABde	26,58 Adef

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont. = controle; Past. = suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos com 1,5 kGy e 3,0 kGy apresentaram influência significativa nas amostras de suco de laranja Valência, apresentando aumento progressivo nos valores de cromaticidade ao longo do armazenamento, indicando amarelo mais intenso.

No 1º dia de armazenamento, os tratamentos apresentaram influência nas variedades cítricas diferenciando entre si. A partir do 7º dia, a pasteurização não diferiu estatisticamente do controle nas variedades Pera e Valência.

No último dia de análise o suco de laranja da variedade Hamlin os tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy e a pasteurização apresentaram semelhante comportamento, não diferiram estatisticamente entre si, obtendo menores valores de croma, coloração menos intensas.

Oliveira et al. (2007), estudando o efeito da pasteurização e da radiação gama em caldo de cana puro e adicionado de sucos de frutas, observaram que as bebidas irradiadas apresentaram colorações verdes mais intensas.

Os valores de ângulo de cor (hº) maiores de 90º representam frutas mais verdes, quanto mais próximas a 90º, mais amarelas são as amostras (McGUIRE, 1992).

Em relação ao ângulo de cor, houve interação significativa entre tratamentos, tempo de armazenamento e variedades cítricas (Tabela 9).

O controle apresentou ao longo do período de estocagem diminuição significativa dos valores de Hue, em contrapartida aos valores de croma, o qual apresentou aumento significativo ao longo do armazenamento.

Tabela 9 - Ângulo de cor (Hue) de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	105,79 ABa	106,33 Aa	103,85 Da	104,96 BCa	104,60 CDa
	Past.	105,71 Aa	104,90 Aab	103,59 Ba	105,22 Aa	105,13 Aa
	1,5 kGy	105,94 Aa	103,61 Cb	104,68 Ba	106,49 Aa	105,91 Aa
	3,0 kGy	106,19 Aa	103,66 Db	104,51 CDa	104,91 BCa	105,81 ABa
P	Cont.	102,81 Acd	98,24 Ce	98,52 Cd	98,97 BCc	99,51 Babc
	Past.	99,79 Abe	100,08 ABcd	99,48 ABcd	99,35 Bbc	100,39 Abc
	1,5 kGy	100,00 Ae	99,26 ABde	99,74 ABbcd	99,29 ABbc	98,88 Bc
	3,0 kGy	100,40 Ae	99,37 Bcde	99,90 ABbcd	99,84 ABbc	99,66 ABbc
V	Cont.	104,16 Abc	100,08 Bcd	100,16 Bbc	100,19 Bbc	100,56 Bb
	Past.	101,24 Ade	100,64 Acd	100,34 Abc	100,17 Abc	100,03 Abc
	1,5 kGy	105,82 Aa	100,91 Bc	100,85 Bbc	100,20 Bbc	99,55 Bbc
	3,0 kGy	105,56 Aab	103,83 Ab	101,14 Bb	100,60 Bb	100,92 Bb

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O comportamento dos tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy para a variedade Valência mostrou-se diferenciado em relação ao período de armazenamento, pode ser observada uma diminuição significativa a partir do 14º dia para ambos os tratamentos, comportamento semelhante ao observado para o suco de laranja submetido ao tratamento 1,5 kGy da variedade Pera, diferenciando o 1º dia de análise ao último dia do armazenamento.

Em relação à influência das variedades cítricas nos tratamentos, a partir do 14º dia de armazenamento, as amostras de suco de laranja da variedade Hamlin, mostraram-se diferenciadas das variedades Pera e Valência independente dos tratamentos, apresentando maior Hue, com valores médios em torno de 105,09°, para a variedade Valência valores intermediários em torno de 101,35° e menores valores para a variedade Pera média de 99,67°.

4.7.2.5 Compostos Fenólicos

Observou-se interação significativa para tratamentos, período de armazenamento e variedades cítricas para a determinação de compostos fenólicos (Tabela 10).

Tabela 10 - Compostos fenólicos (μg de ácido gálico mL^{-1} suco) de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	3,30 Bbcd	5,00 Aa	3,70 Bab	4,50 Acde	3,60 Babcd
	Past.	4,10 ABabc	3,00 Cbc	4,00 ABab	3,60 Befg	4,40 Aa
	1,5 kGy	4,80 Aa	3,90 Bab	3,10 Cb	4,10 Bdef	3,90 Babc
	3,0 kGy	4,30 ABab	4,40 Aa	3,80 Bab	3,10 Cfg	4,10 ABab
P	Cont.	2,60 Dd	3,90 BCab	4,00 Bab	6,30 Aab	3,10 CDbcde
	Past.	3,00 Ccd	4,00 Bab	4,40 Ba	6,40 Aa	2,80 Cde
	1,5 kGy	2,90 BCd	2,30 Cc	3,50 Bab	5,30 Aabc	2,30 Ce
	3,0 kGy	2,70 BCd	2,30 Cc	3,40 Bab	5,20 Abcd	3,00 BCcde
V	Cont.	2,60 Ad	3,20 Abc	3,80 Aab	3,30 Afg	2,70 Ade
	Past.	3,00 Acd	3,20 Abc	3,40 Aab	3,20 Afg	2,80 Ade
	1,5 kGy	2,70 ABd	3,00 ABbc	3,80 Aab	2,70 ABg	2,50 Be
	3,0 kGy	2,90 Ad	2,70 Ac	3,50 Aab	2,90 Ag	3,10 Abcde

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O período de armazenamento não apresentou influência para os tratamentos com 3,0 kGy, pasteurização e o controle no suco de laranja da variedade Valência. No entanto, as amostras submetidas ao tratamento com 1,5 kGy da variedade Hamlin, apresentaram uma redução significativa a partir do 7º dia de armazenamento.

Em relação à influência dos tratamentos nas variedades cítricas, no 1º e 7º dia de estocagem, os tratamentos não diferiram estatisticamente no suco de laranja da variedade Pera e Valência, no entanto, diferiram da variedade Hamlin os tratamentos pasteurização; 1,5 e 3,0 kGy e o controle.

A partir do 14º dia, a pasteurização teve influência nas amostras de suco de laranja da variedade Pera apresentando maiores valores de compostos fenólicos, diferindo nos dias 21 e 28 das variedades Hamlin e Valência.

Silva et al. (2007) observaram os efeitos da radiação gama nas doses 100 e 150 Gy sobre as reações fisiológicas e enzimáticas em abacaxi armazenados a 12°C durante 30 dias. Nos frutos irradiados com 150 Gy, a quantidade de compostos fenólicos nos frutos foi aumentando de acordo com o período de armazenamento. Os autores concluíram que os frutos

tratados com 100 Gy de radiação gama até 20 dias de armazenamento obtiveram melhor qualidade.

4.7.2.6 Teor de Ácido Ascórbico

Em relação ao comportamento das variedades cítricas e período de armazenamento, observou-se interação significativa para as três variedades estudadas. As amostras de suco de laranja submetidas a 3,0 kGy, apresentaram diminuição gradual e significativa ao longo do armazenamento, com redução do teor de ácido ascórbico de 18,96% para as variedades Hamlin e Pera e, 20,71% para a variedade Valência (Tabela 11).

Tabela 11 - Teor de ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico 100mL⁻¹) de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	41,48 Ca	52,17 Aab	48,07 Bb	48,02 Ba	47,11 Ba
	Past.	41,30 Ca	55,31 Aa	56,20 Aa	46,27 Ba	47,12 Ba
	1,5 kGy	38,26 Ca	50,48 Ab	39,74 BCc	40,79 BCb	42,22 Bb
	3,0 kGy	34,28 Ab	37,68 Ac	27,13 Be	27,41 Bc	27,78 Bde
P	Cont.	41,48 Ca	52,17 Aab	48,07 Bb	48,02 Ba	47,11 Ba
	Past.	41,28 Ca	55,31 Aa	56,19 Aa	46,27 Ba	47,12 Ba
	1,5 kGy	38,26 Ca	50,48 Ab	39,74 BCc	40,79 BCb	42,23 Bb
	3,0 kGy	34,28 Ab	37,68 Ac	27,13 Be	27,41 Bd	27,78 Bde
V	Cont.	41,48 Aa	40,68 Ac	34,34 Cd	38,30 ABb	34,74 BCc
	Past.	41,29 Aa	38,34 Ac	30,64 Bde	33,99 Bc	32,58 Bc
	1,5 kGy	38,26 Aa	36,72 ABcd	33,30 BCd	38,47 Ab	31,68 Ccd
	3,0 kGy	34,28 Ab	32,76 Ad	27,98 Be	31,75 Ac	27,18 Be

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Para a variedade Valência os tratamentos com 1,5 kGy, pasteurização e o controle também apresentaram queda significativa nos teores de ácido ascórbico ao longo do período de estocagem, redução de 16,25%, 21,07% e 17,20%, respectivamente.

Quando se observam o comportamento das variedades cítricas e tratamentos, no 1º dia independente das variedades o tratamento com 3,0 kGy foi o que mais afetou o teor de ácido ascórbico do suco de laranja, apresentando menores valores, em torno de 34,28 mg de ácido ascórbico 100mL⁻¹ resultado semelhante para todas as variedades cítricas.

A redução do teor de ácido ascórbico em sucos de frutas pode ser atribuída à oxidação que pode ter início no processo de extração do suco e continuar durante o período de

armazenamento. A redução nos teores de vitamina C pode ocorrer porque o ácido ascórbico sofre degradação pelo calor, armazenamento, presença de oxigênio, aplicação de frio e alcalinidade do meio (FRANCO, 1998).

Segundo Silva et al. (2007) o teor médio de ácido ascórbico do suco de laranja Pera refrigerado manteve-se estável durante sete dias de armazenamento. Nesse estudo, o período de estocagem sob refrigeração a 4° C não foi superior a sete dias em razão das amostras não terem sido submetidas a nenhum tipo de processamento.

Oliveira et al. (2002) observaram 99,5 % de retenção de ácido ascórbico em suco de laranja Pera armazenado sob refrigeração durante 25 dias.

Oliva (2002), estudando a influência das variedades cítricas, Natal, Pera e Valência na qualidade do suco de laranja pasteurizado observou que independente da concentração inicial, os teores de ácido ascórbico diminuíram durante o período de armazenamento, as perdas variaram de 5 a 15%. Os valores de ácido ascórbico variaram de forma significativa entre as variedades, assim como a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis também foi influenciado pela maturação das frutas. As perdas dos teores de ácido ascórbico encontrados pelo autor foram menores ao encontrado neste trabalho.

Danieli et al. (2009), estudando teores de ácido ascórbico em suco de laranja in natura e pasteurizado observaram redução tanto no suco de laranja industrializado quanto no suco natural, de 3,6% e 4,6%, respectivamente.

Iemma et al. (1999), estudando a radiação gama como efeito de conservação do suco de laranja, observaram efeito significativo da dose de radiação (2,0; 4,0 e 6,0 kGy) e do período de armazenamento (1, 7, 14, 21 e 28 dias) sobre o teor de ácido ascórbico, os resultados mostraram uma diminuição dos teores em função do aumento da dose de radiação e do período de armazenamento.

4.7.2.7 Relação TSS/AT (Ratio)

Os valores encontrados para ratio de todas as variedades variaram de 9,90 a 29,53 e estão de acordo ao que preconiza o Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de laranja que estabelece o mínimo 7,0 (BRASIL, 2000).

O período de armazenamento não apresentou influência nas variedades Pera e Valência para o tratamento pasteurizado, os valores permanecerem constantes ao longo da estocagem. No entanto, para os tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy para essas mesmas variedades

obtiveram interação significativa com o período de armazenamento, apresentando diminuição significativa durante o período de armazenamento (Tabela 12). Comportamento semelhante para o suco de laranja sem aplicação de tratamento (controle) da variedade Pera e Hamlin, foi observado, com decréscimo significativo a partir do 14º dia de armazenamento.

Tabela 12 - Ratio (relação teor de sólidos solúveis/ acidez titulável) de suco de laranja em função dos tratamentos e do tempo de armazenamento

Vari	Trat	Tempo de armazenamento (Dias)				
		1	7	14	21	28
H	Cont.	21,75 Ac	14,77 Be	9,96 Cd	11,10 Cf	10,39 Ce
	Past.	14,22 Ad	15,13 Ade	10,35 Bd	11,82 Bef	11,62 Bde
	1,5 kGy	13,83 Bd	10,10 Cf	15,65 Ac	13,90 Bde	13,47 Bcd
	3,0 kGy	13,99 Bd	9,90 Cf	11,12 Cd	15,71 Acd	13,87 Bcd
P	Cont.	21,36 Ac	18,79 Bc	18,96 Ab	16,66 BCbcd	16,03 Cbc
	Past.	19,24 Ac	17,63 Acd	17,58 Abc	16,65 Bbcd	18,40 Ab
	1,5 kGy	19,83 Ac	19,58 Ac	18,16 Abc	18,58 Ab	14,55 Bc
	3,0 kGy	20,06 Ac	19,23 Ac	19,29 Ab	18,35 Abc	15,00 Bc
V	Cont.	25,84 ABb	24,80 ABb	26,60 Aa	24,14 ABa	23,35 Ba
	Past.	25,50 Ab	25,55 Ab	25,43 Aa	25,37 Aa	25,00 Aa
	1,5 kGy	27,99 Aab	28,63 Aa	26,90 ABa	26,31 ABa	24,73 Ba
	3,0 kGy	29,53 Aa	25,97 Bab	27,11 ABa	24,35 BCa	22,80 Ca

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao período de armazenamento, o tratamento pasteurizado do suco de laranja da variedade Hamlin, apresentou redução significativa, iniciando com valores médios de 21,75 e no 28º dia valores menores de 10,39.

Quando se observa o comportamento das variedades em relação aos tratamentos, estes não apresentaram influência nos valores de ratio, a variedade Valência apresentaram maiores valores de ratio independente dos tratamentos estudados, com valores intermediários para a variedade Pera e menores valores para a Hamlin.

Sugai et al. (2002) avaliaram sucos de laranja recém extraído e pasteurizado em diferentes condições de temperatura e tempo de retenção, observaram variação no ratio entre os sucos analisados, decorrente dos mesmos terem sido preparados com frutos de maturação diferente.

4.8 Análise Sensorial - Teste Hedônico

4.8.1 Aroma

O período de armazenamento não apresentou influência para os tratamentos do suco de laranja da variedade Hamlin e Pera, com exceção do controle da variedade Hamlin que apresentou diferença estatística, com redução das notas de aroma ao longo do período de estocagem (Tabela 13).

Tabela 13 - Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo aroma de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Vari	Trat	1	7	14	21
H	Cont.	5,46 Aa	5,14 ABab	5,04 ABab	4,42 Babc
	Past.	5,28 Aab	4,78 Aabcd	4,98 Aabc	4,96 Aa
	1,5 kGy	3,94 Acde	3,98 Acdef	4,28 Aabcd	4,16 Aabc
	3,0 kGy	3,30 Ae	3,54 Af	3,98 Acd	3,80 Abc
P	Cont.	5,04 Aab	5,38 Aa	5,32 Aa	4,78 Aab
	Past.	4,48 Aabcd	5,00 Aabc	4,64 Aabc	4,68 Aab
	1,5 kGy	3,64 Ade	4,16 ABCdef	3,98 Acd	3,82 Abc
	3,0 kGy	3,52 Ade	3,70 Aef	3,56 Ad	3,60 Ac
V	Cont.	4,96 Aabc	4,02 Bcdef	4,42 ABabcd	4,78 ABab
	Past.	5,12 Aab	3,90 Bdef	5,12 Aab	4,68 ABab
	1,5 kGy	4,30 Abcde	4,62 Aabcde	4,44 Aabcd	3,82 Abc
	3,0 kGy	4,32 Babcde	5,20 Aab	4,18 Bbcd	3,90 Bbc

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Observando o comportamento do suco de laranja da variedade Valência, os tratamentos pasteurizado, 3,0 kGy e o controle apresentaram diferenças estatísticas em relação ao período de armazenamento, com diminuição das notas de aroma, porém não diferiram significativamente no 21º dia em relação ao primeiro dia de análise.

Munhoz-Burgos (1985) mostraram que a radiação gama em suco de laranja altera as características sensoriais, sendo que os principais atributos afetados até a dose de 1,0 kGy são a cor, aroma e sabor.

4.8.2 Sabor

O sabor do suco de laranja submetido às doses de irradiação e pasteurização apresentou comportamento semelhante ao aroma, apenas o controle da variedade Hamlin apresentou redução significativa das notas de sabor ao longo do período de armazenamento (Tabela 14). E também para a variedade Valência apenas o tratamento com 1,5 kGy não diferiu estatisticamente no período de armazenamento, o tratamento sob pasteurização e o controle apresentaram redução significativa após o 1º dia, no entanto não diferiram entre si a partir do 14º dia de armazenamento.

Tabela 14 - Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo sabor de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Vari	Trat	1	7	14	21
H	Cont.	5,36 Aa	5,00 Aa	4,74 ABab	3,92 Ba
	Past.	4,84 Aab	3,96 Aabcde	4,16 Aabc	4,20 Aa
	1,5 kGy	3,78 Abcd	3,44 Ade	4,02 Aabc	3,84 Aa
	3,0 kGy	3,26 Ad	2,98 Ae	3,72 Abc	3,80 Aa
P	Cont.	4,84 Aab	4,90 Aab	4,36 Aabc	3,92 Aa
	Past.	4,10 Abcd	4,52 Aabcd	4,48 Aabc	4,42 Aa
	1,5 kGy	3,86 Abcd	3,60 Acde	3,78 Aabc	3,72 Aa
	3,0 kGy	3,62 Acd	3,50 Ade	3,38 Ac	3,44 Aa
V	Cont.	4,76 Aabc	3,76 Bbcde	4,50 ABabc	3,92 ABa
	Past.	4,84 Aab	3,80 Bbcde	4,92 Aa	4,42 ABa
	1,5 kGy	3,90 Abcd	4,60 Aabcd	4,28 Aabc	3,72 Aa
	3,0 kGy	4,18 ABabcd	4,72 Aabc	4,12 ABabc	3,68 Ba

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação às variedades cítricas, os provadores não observaram diferenças significativas em relação ao sabor das amostras, exceto nos dias 1º e 7º, o controle da variedade Hamlin diferiu estatisticamente dos tratamentos 3,0 e 1,5 kGy, onde estas apresentaram menores médias de sabor, o qual, não diferiu estatisticamente no 21º dia de armazenamento.

4.8.3 Textura

Os provadores não observaram diferença significativa em relação à textura no período de armazenamento (Tabela 15), exceto para o tratamento com 3,0 kGy do suco de laranja da variedade Valência, o qual apresentou oscilações nas notas de textura, apresentando diferença significativa ao longo do período de estocagem.

Tabela 15 - Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo textura de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Vari	Trat	1	7	14	21
H	Cont.	5,68 Aa	5,56 Aa	5,30 Aabc	5,30 Aa
	Past.	5,34 Aabc	5,28 Aabc	5,34 Aabc	5,46 Aa
	1,5 kGy	4,82 Aabcd	5,32 Aabc	5,18 Aabc	5,36 Aa
	3,0 kGy	4,68 Acd	5,08 Aabc	5,12 Aabc	5,22 Aa
P	Cont.	5,24 Aabcd	5,34 Aab	5,42 Aab	5,54 Aa
	Past.	5,00 Aabcd	5,60 Aa	5,34 Aabc	5,40 Aa
	1,5 kGy	4,62 Acd	5,04 Aabcd	5,26 Aabc	5,10 Aa
	3,0 kGy	4,74 Aabcd	5,08 Aabc	5,00 Aabc	5,20 Aa
V	Cont.	4,88 ABabcd	4,40 Bcd	4,56 Babc	5,54 Aa
	Past.	5,62 Aab	4,12 Bd	5,46 Aa	5,40 Aa
	1,5 kGy	4,40 Ad	4,42 Aabcd	4,46 Abc	5,10 Aa
	3,0 kGy	4,46 Bcd	5,26 ABabc	4,44 Bc	5,32 Aa

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos pasteurizado e o controle independente da variedade cítrica estudada, apresentaram maiores notas de textura em relação aos tratamentos 1,5 e 3,0 kGy, no entanto, as variedades e tratamentos aplicados ao suco de laranja não diferiram estatisticamente no 21º dia de armazenamento, estando todas com valores entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente.

4.8.4 Impressão Global

Observou-se efeito significativo para o período de armazenamento nas amostras de suco de laranja submetidas ao tratamento com 3,0 kGy da variedade Valência, o qual apresentou diminuição das notas de impressão global ao longo da estocagem (Tabela 16). Mesmo comportamento foi observado para o controle do suco de laranja da variedade Hamlin.

Tabela 16 - Teste de aceitação com escala hedônica (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) para o atributo impressão global de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Vari	Trat	1	7	14	21
H	Cont.	5,48 Aa	5,22 ABa	5,00 ABab	4,42 Ba
	Past.	5,06 Aabcd	4,38 Aabcd	4,60 Aabc	4,82 Aa
	1,5 kGy	3,88 Aef	3,94 Acd	4,38 Aabc	4,32 Aa
P	3,0 kGy	3,74 Af	3,56 Ad	4,12 Aabc	4,24 Aa
	Cont.	5,16 Aabc	5,10 Aab	4,96 Aab	4,42 Aa
	Past.	4,72 Aabcdef	4,84 Aabc	4,68 Aabc	4,72 Aa
V	1,5 kGy	4,12 Acdef	4,08 Abcd	4,08 Abc	4,14 Aa
	3,0 kGy	3,94 Aef	3,84 Acd	3,78 Ac	3,80 Aa
	Cont.	4,88 Aabcde	4,08 Abcd	4,56 Aabc	4,42 Aa
	Past.	5,22 Aab	3,82 Bcd	5,16 Aa	4,72 Aa
	1,5 kGy	4,06 Adef	4,62 Aabcd	4,30 Aabc	4,14 Aa
	3,0 kGy	4,34 ABbcdef	5,02 Aab	4,14 Babc	4,04 Ba

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; Cont.= controle; Past.= suco de laranja pasteurizado; 1,5 kGy = suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 3,0 kGy = suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Quando se observam as diferenças entre as variedades e tratamentos, os provadores detectaram influência significativa das doses de radiação gama no atributo impressão global das amostras de suco de laranja da variedade Hamlin, os tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy apresentaram-se estatisticamente diferenciados em relação ao controle nos dias 1° e 7°, com menores notas, no entanto, não apresentaram diferença significativa a partir do 14° dia de armazenamento, sendo que no último dia de análise, nenhum dos tratamentos e variedades cítricas estudadas apresentou-se estatisticamente diferentes dos demais, semelhante comportamento ao da textura.

Mitchell et al. (1991) relataram que doses acima de 0,6 kGy afetaram negativamente a aceitabilidade do suco de laranja da variedade Valência.

4.9 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

4.9.1 Aparência

A partir dos termos citados em ficha os atributos escolhidos em consenso pelos membros da equipe sensorial para a caracterização do perfil sensorial das amostras de suco de laranja foram: cor amarela, aparência encorpado e homogêneo.

Em relação ao comportamento das variedades cítricas e tratamentos houve interação significativa para o atributo aparência amarela no 1° e 7° dias de armazenamento, diferindo no primeiro dia de armazenamento os sucos de laranjas controle e pasteurizado da variedade Pera em relação às amostras submetidas à dose de 1,5 kGy da variedade Valência, a qual apresentou notas abaixo de 3,0, nota abaixo do valor médio na escala não estruturada de 9,0 cm utilizada. E no 7° dia de armazenamento as amostras controle, da variedade Hamlin e Valência apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento pasteurizado destas mesmas variedades, apresentando maiores notas para o atributo amarelo.

Analisando o comportamento dos tratamentos em relação ao período de armazenamento, houve interação significativa para o tratamento pasteurizado nas amostras de suco de laranja da variedade Hamlin, diferindo os dias de armazenamento 1 e 7.

A avaliação sensorial da aparência encorpado em suco de laranja não foi alterada entre os tratamentos, variedades e períodos de armazenamento, evidenciando pouca influência das variedades cítricas e tratamentos aplicados. A nota média obtida entre todos os tratamentos foi de 3,71, na escala não estruturada de 9,0 cm utilizada (Tabela 17).

Tabela 17 - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) para o atributo aparência de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Amarelo					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	2,88 Aab	2,80 Ab	3,94 Aa	3,14 Aa
	2	3,67 Bab	6,56 Aa	5,10 ABa	4,67 ABa
	3	3,53 Aab	5,77 Aab	5,11 Aa	4,22 Aa
	4	3,14 Aab	5,21 Aab	5,58 Aa	4,00 Aa
P	1	5,72 Aa	4,97 Aab	5,00 Aa	5,02 Aa
	2	5,67 Aa	5,52 Aab	4,82 Aa	5,33 Aa
	3	5,42 Aab	4,33 Aab	4,81 Aa	5,15 Aa
	4	5,07 Aab	4,23 Aab	4,81 Aa	5,05 Aa
V	1	2,93 Aab	2,80 Ab	3,60 Aa	3,14 Aa
	2	5,04 Aab	6,55 Aa	5,85 Aa	4,67 Aa
	3	2,44 Bb	5,76 Aab	3,29 ABa	4,22 ABa
	4	2,79 Aab	5,21 Aab	4,16 Aa	4,00 Aa
Encorpado					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	2,38 Aa	2,39 Aa	2,68 Aa	3,39 Aa
	2	2,34 Aa	4,40 Aa	4,91 Aa	4,52 Aa
	3	2,98 Aa	3,11 Aa	3,61 Aa	4,17 Aa
	4	2,32 Aa	3,96 Aa	4,64 Aa	4,00 Aa
P	1	4,17 Aa	4,91 Aa	4,17 Aa	3,54 Aa
	2	4,29 Aa	4,97 Aa	4,20 Aa	3,77 Aa
	3	4,29 Aa	4,28 Aa	5,00 Aa	3,60 Aa
	4	4,41 Aa	4,07 Aa	4,57 Aa	4,11 Aa
V	1	3,00 Aa	2,39 Aa	2,80 Aa	3,39 Aa
	2	3,60 Aa	4,40 Aa	4,17 Aa	4,52 Aa
	3	2,12 Aa	3,11 Aa	2,68 Aa	4,17 Aa
	4	2,91 Aa	3,96 Aa	2,74 Aa	4,00 Aa
Homogêneo					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	5,50 Aa	6,74 Aa	6,35 Aa	6,94 Aa
	2	5,68 Aa	7,49 Aa	6,32 Aa	6,96 Aa
	3	5,26 Aa	7,00 Aa	6,36 Aa	6,23 Aa
	4	6,07 Aa	7,40 Aa	6,23 Aa	6,74 Aa
P	1	6,16 Aa	5,50 Aa	6,70 Aa	6,67 Aa
	2	6,83 Aa	5,89 Aa	6,46 Aa	6,82 Aa
	3	5,77 Aa	5,79 Aa	6,94 Aa	6,37 Aa
	4	5,78 Aa	5,63 Aa	5,67 Aa	6,27 Aa
V	1	4,10 Aa	6,74 Aa	4,07 Aa	6,94 Aa
	2	6,47 Aa	7,49 Aa	6,82 Aa	6,96 Aa
	3	3,36 Bb	7,00 Aa	4,23 ABa	6,23 ABa
	4	3,51 Ba	7,40 Aa	3,81 ABa	6,74 ABa

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; 1= controle; 2= suco de laranja pasteurizado; 3= suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 4= suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao atributo aparência homogêneo houve interação significativa dos tratamentos e período de armazenamento, diferindo os tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy do suco de laranja da variedade Valência, nos períodos 1 e 7 dia de armazenamento, respectivamente.

As Figuras 8, 9 e 10 representam os perfis sensoriais de aparência e textura das amostras de suco de laranja das três variedades cítricas submetidas aos tratamentos (pasteurização, 1,5 e 3,0 kGy e o controle) representando as médias dos períodos de armazenamento. O centro do gráfico representa o ponto zero da escala e a intensidade aumenta do centro para a periferia. A média de cada atributo por tratamento é apresentada no eixo correspondente, onde o perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos.

Analisando a aparência e a textura do suco de laranja da variedade Hamlin, a pasteurização e as doses de radiação gama apresentaram maior intensidade do atributo aparência amarelo e encorpado em comparação ao controle, o qual apresentou menor intensidade também para o atributo de textura encorpado (Figura 8). No entanto, para aparência homogêneo e textura homogênea os tratamentos apresentaram comportamento equivalente.

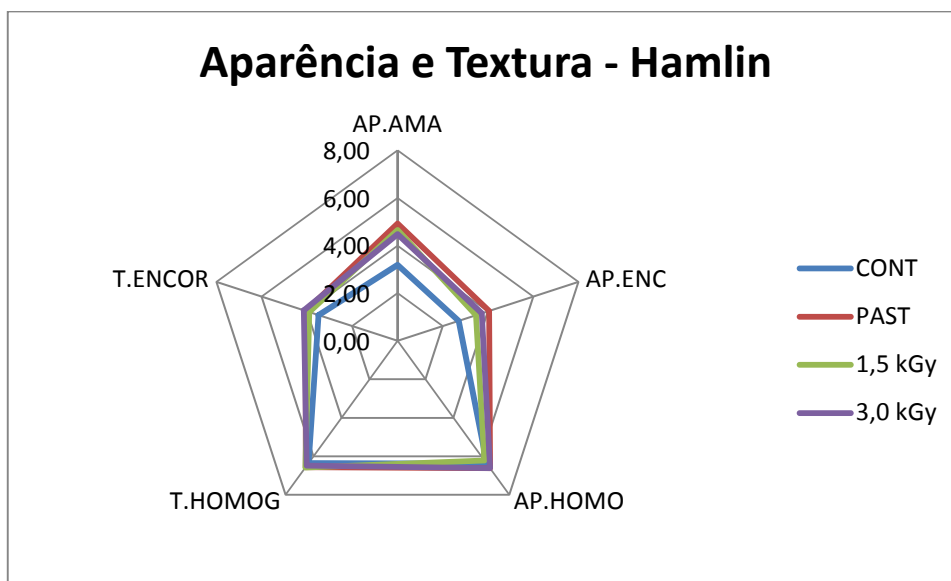


Figura 8 – Perfil sensorial em suco de laranja Hamlin

O perfil sensorial de aparência e textura da variedade Pera se encontra na Figura 9. Os tratamentos não apresentaram influência para todos os atributos de aparência e textura.

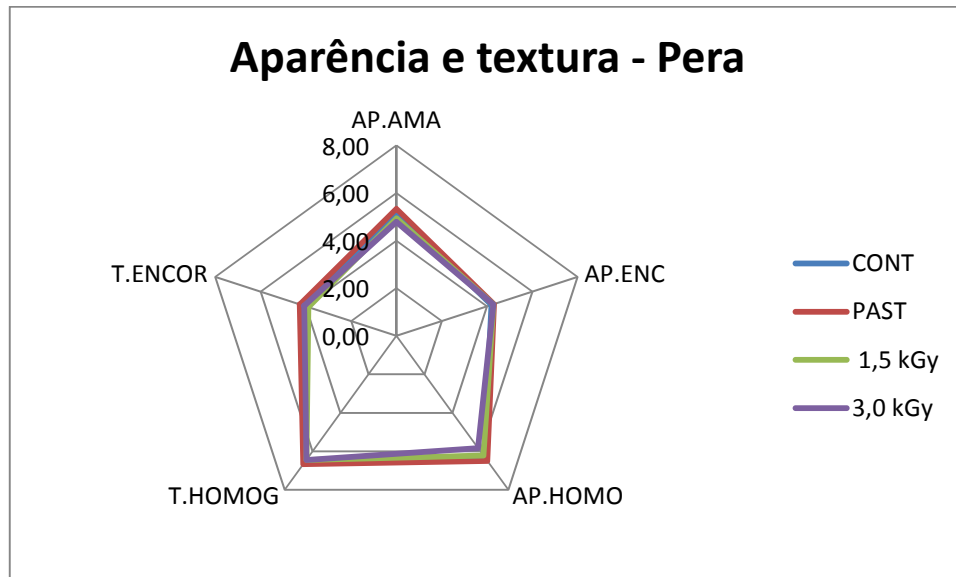


Figura 9 – Perfil sensorial em suco de laranja Pera

A pasteurização aplicada ao suco de laranja da variedade Valência apresentou maior intensidade para todos os atributos de aparência: amarelo, encorpado e homogêneo e, também para a textura: homogêneo e encorpado (Figura 10).

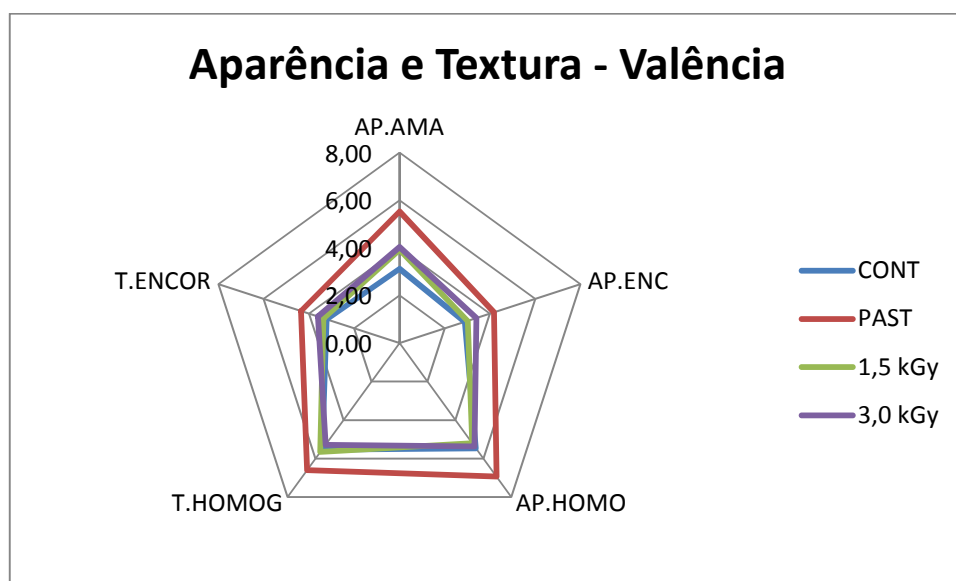


Figura 10 – Perfil sensorial em suco de laranja Valência

4.9.2 Textura

Em relação ao efeito dos tratamentos e período de armazenamento no atributo textura homogêneo, os provadores detectaram diferenças entre o suco de laranja da variedade Valência submetida à dose de 3,0 kGy, apresentando diferenças entre os dias 1° e 7°. Contudo, esta percepção diferenciada da textura homogênea, tendeu a um nivelamento com o tempo de armazenamento a partir do 14° dia.

Os provadores não detectaram diferenças significativas em relação aos tratamentos, períodos de armazenamento e variedades cítricas na textura encorpada das amostras de suco de laranja (Tabela 18).

Tabela 18 - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) para atributos de textura de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Homogêneo					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	5,89 Aa	6,87 Aa	5,80 Aa	6,87 Aa
	2	5,78 Aa	7,47 Aa	6,36 Aa	6,66 Aa
	3	6,26 Aa	6,94 Aa	6,30 Aa	6,80 Aa
	4	6,24 Aa	7,46 Aa	6,31 Aa	5,93 Aa
P	1	6,88 Aa	6,03 Aa	6,22 Aa	6,90 Aa
	2	7,07 Aa	6,26 Aa	6,37 Aa	6,99 Aa
	3	6,94 Aa	6,10 Aa	6,18 Aa	6,54 Aa
	4	6,81 Aa	6,02 Aa	6,24 Aa	6,70 Aa
V	1	3,84 Aa	6,87 Aa	4,57 Aa	6,87 Aa
	2	6,24 Aa	7,47 Aa	6,01 Aa	6,66 Aa
	3	4,14 Aa	6,94 Aa	4,74 Aa	6,80 Aa
	4	3,37 Ba	7,46 Aa	4,37 ABa	5,93 ABa
Encorpado					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	2,96 Aa	3,23 Aa	3,93 Aa	3,81 Aa
	2	2,88 Aa	4,64 Aa	4,53 Aa	4,14 Aa
	3	3,03 Aa	4,04 Aa	4,23 Aa	4,30 Aa
	4	3,08 Aa	4,43 Aa	4,83 Aa	4,21 Aa
P	1	3,99 Aa	3,87 Aa	4,38 Aa	3,98 Aa
	2	4,16 Aa	4,50 Aa	4,62 Aa	3,83 Aa
	3	3,32 Aa	4,01 Aa	4,22 Aa	4,02 Aa
	4	3,67 Aa	4,20 Aa	4,46 Aa	3,97 Aa
V	1	2,91 Aa	3,23 Aa	2,93 Aa	3,81 Aa
	2	4,32 Aa	4,64 Aa	4,27 Aa	4,14 Aa
	3	2,30 Aa	4,04 Aa	2,80 Aa	4,30 Aa
	4	3,11 Aa	4,43 Aa	2,64 Aa	4,21 Aa

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; 1= controle; 2= suco de laranja pasteurizado; 3= suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 4= suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

4.9.3 Aroma

Os resultados dos atributos de aroma (característico de laranja fresca, remédio, cozido e cítrico), podem ser observados na Tabela 19.

Os atributos, aroma característico de laranja fresca e remédio, apresentaram comportamento semelhante, com interação significativa entre as variedades cítricas e tratamentos no 7º dia de armazenamento.

O aroma característico de laranja fresca apresentou diferença significativa no suco de laranja Hamlin para o controle em comparação com as amostras submetidas à irradiação com 3,0 kGy, a qual apresentou nota igual a 1,44, como também pode ser observado para o suco de laranja da variedade Valência (Tabela 18). Em relação ao aroma de remédio independente da variedade cítrica, o tratamento 3,0 kGy diferiu estatisticamente das amostras de suco de laranja pasteurizado e controle, apresentando nota 6,00 na escala utilizada.

O atributo cozido apresentou interação significativa entre tratamentos e variedades, independente da variedade cítrica estudada, observou-se diferença estatística entre o controle e o tratamento com 3,0 kGy, o qual apresentou maiores notas em todos os períodos de armazenamento, indicando aroma de suco de laranja cozido, os provadores relataram amostras com forte odor de queimado.

Na avaliação sensorial do aroma cítrico as amostras não apresentaram interação significativa entre os tratamentos, variedades cítricas e períodos de armazenamento (Tabela 19).

Oliva (2002), estudando a influência das variedades cítricas, Natal, Pera e Valência na qualidade do suco de laranja pasteurizado, observou que as amostras de início da safra caracterizaram maior intensidade dos atributos de aroma fresco e sabor fresco, por outro lado, as amostras de suco de laranja de fim de safra apresentaram maior intensidade de atributos negativos como aroma e sabor de cozido e passado.

Tabela 19 - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) para o atributo aroma de sucos de laranjas submetidas à irradiação e pasteurização armazenadas em diferentes períodos de armazenamento

Característico de laranja fresca					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	4,68 Aa	5,24 Aa	5,18 Aa	3,72 Aa
	2	4,72 Aa	4,63 Aab	4,09 Aa	4,88 Aa
	3	1,96 Aa	2,59 Aab	2,71 Aa	2,64 Aa
	4	1,44 Aa	1,44 Ab	2,08 Aa	2,82 Aa
P	1	4,43 Aa	5,01 Aab	4,50 Aa	3,98 Aa
	2	4,54 Aa	5,28 Aa	4,71 Aa	3,74 Aa
	3	3,00 Aa	2,43 Aab	2,92 Aa	1,78 Aa
	4	1,93 Aa	1,87 Aab	1,66 Aa	1,67 Aa
V	1	4,12 Aa	5,24 Aa	2,96 Aa	3,72 Aa
	2	4,11 Aa	4,63 Aab	2,59 Aa	4,88 Aa
	3	2,91 Aa	2,59 Aab	1,81 Aa	2,64 Aa
	4	1,61 Aa	1,44 Ab	2,24 Aa	2,82 Aa
Remédio					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	1,00 Aa	1,90 Ab	1,00 Aa	1,67 Aa
	2	1,32 Aa	1,92 Ab	2,28 Aa	2,07 Aa
	3	4,33 Aa	4,63 Aab	3,73 Aa	5,29 Aa
	4	4,07 Aa	6,06 Aa	4,10 Aa	4,24 Aa
P	1	1,88 Aa	1,18 Ab	1,72 Aa	2,04 Aa
	2	2,74 Aa	1,57 Ab	2,18 Aa	3,26 Aa
	3	3,77 Aa	3,58 Aab	4,42 Aa	3,97 Aa
	4	4,67 Aa	4,92 Aab	4,03 Aa	5,05 Aa
V	1	1,69 Aa	1,90 Ab	1,56 Aa	1,67 Aa
	2	2,00 Aa	1,92 Ab	2,44 Aa	2,06 Aa
	3	4,01 Aa	4,63 Aab	3,44 Aa	5,29 Aa
	4	3,82 Aa	6,05 Aa	3,10 Aa	4,24 Aa
Cozido					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	1,00 Ab	1,66 Abc	1,00 Ad	2,00 Aab
	2	1,18 Ab	2,89 Aabc	2,62 Aabcd	2,29 Aab
	3	3,93 Aab	4,04 Aabc	5,20 Aab	4,60 Aab
	4	5,36 Aa	5,58 Aa	5,57 Aa	4,31 Aab
P	1	1,70 Aab	1,03 Ac	1,28 Acd	1,47 Ab
	2	2,97 Aab	1,79 Abc	2,37 Aabcd	2,49 Aab
	3	3,24 Aab	4,96 Aab	4,57 Aabc	4,53 Aab
	4	5,33 Aa	6,01 Aa	5,42 Aab	5,27 Aa
V	1	1,48 Ab	1,66 Abc	1,11 Acd	2,00 Aab
	2	1,94 Aab	2,89 Aabc	1,78 Abcd	2,29 Aab
	3	2,68 Aab	4,04 Aabc	3,40 Aabcd	4,60 Aab
	4	3,26 Aab	5,58 Aa	3,10 Aabcd	4,31 Aab

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; 1= controle; 2= suco de laranja pasteurizado; 3= suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 4= suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

continua

						conclusão
Cítrico						
Vari	Trat	1	7	14	21	
H	1	3,79 Aa	3,90 Aa	3,20 Aa	2,29 Aa	
	2	3,67 Aa	4,49 Aa	3,96 Aa	4,44 Aa	
	3	2,64 Aa	3,60 Aa	2,67 Aa	2,63 Aa	
	4	1,77 Aa	2,81 Aa	1,81 Aa	2,90 Aa	
P	1	4,09 Aa	4,41 Aa	3,69 Aa	3,78 Aa	
	2	4,79 Aa	5,01 Aa	4,44 Aa	3,37 Aa	
	3	2,90 Aa	2,63 Aa	2,59 Aa	2,80 Aa	
	4	2,07 Aa	2,33 Aa	1,60 Aa	2,47 Aa	
V	1	2,76 Aa	3,90 Aa	1,72 Aa	2,29 Aa	
	2	3,41 Aa	4,49 Aa	2,13 Aa	4,44 Aa	
	3	1,79 Aa	3,60 Aa	1,82 Aa	2,63 Aa	
	4	1,64 Aa	2,81 Aa	2,29 Aa	2,90 Aa	

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; 1= controle; 2= suco de laranja pasteurizado; 3= suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 4= suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao perfil sensorial, do suco de laranja da variedade Hamlin, os tratamentos com 1,5 e 3,0 kGy apresentaram maior intensidade para o aroma de remédio e cozido, e menor intensidade para o aroma característico de laranja fresca e cítrico (Figura 11).

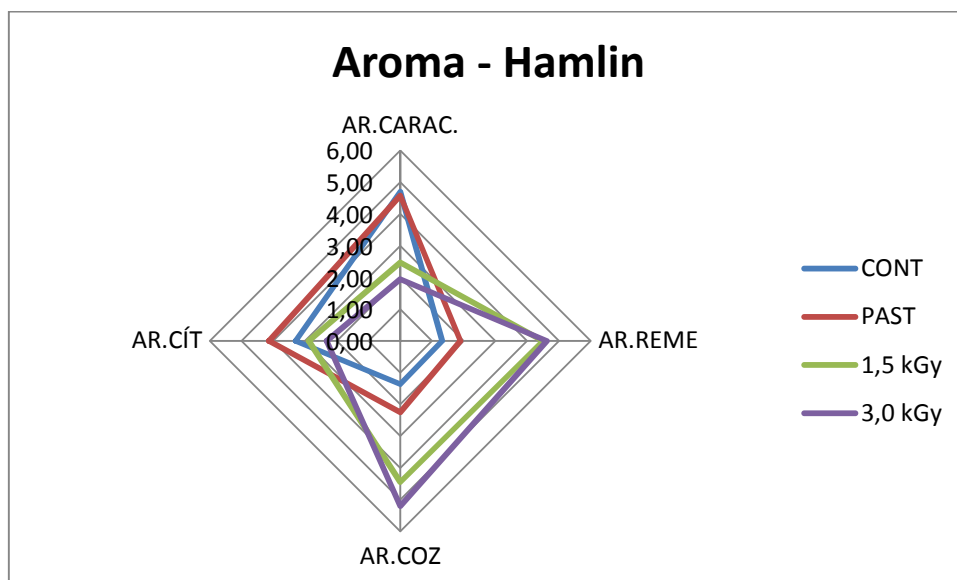


Figura 11 - Perfil sensorial em suco de laranja Hamlin

Semelhante comportamento também foi observado para o aroma das variedades Pera e Valência, a pasteurização e o controle apresentaram maior intensidade para os atributos aroma característico de laranja fresca e cítrico, enquanto que as amostras de suco de laranja submetidas à radiação gama apresentaram as piores características sensoriais, como aroma de remédio e cozido (Figura 12 e 13).

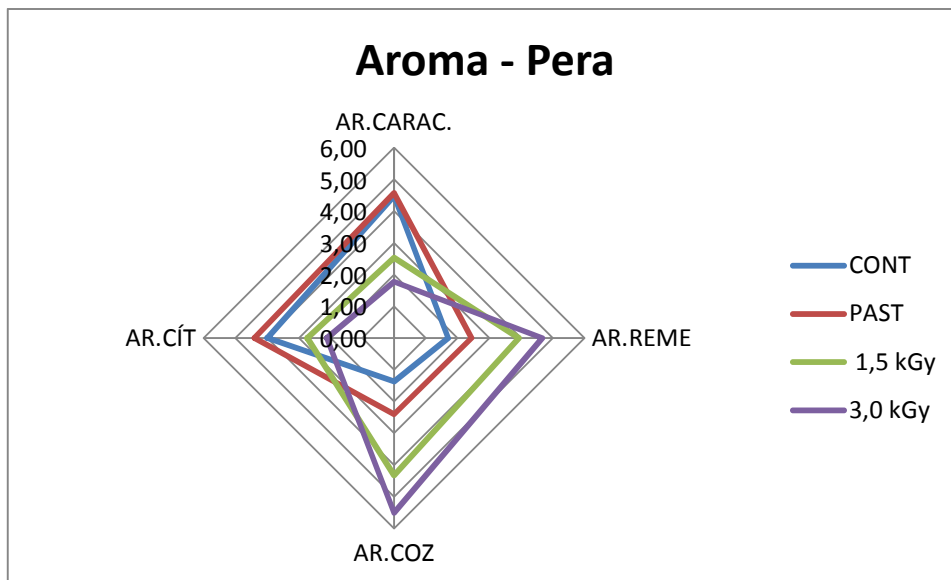


Figura 12 - Perfil sensorial em suco de laranja Pera

O tratamento com pasteurização nas amostras de suco de laranja da variedade Valência, mostrou maior intensidade para as características sensoriais de aroma cítrico e característico de laranja fresca (Figura 13).

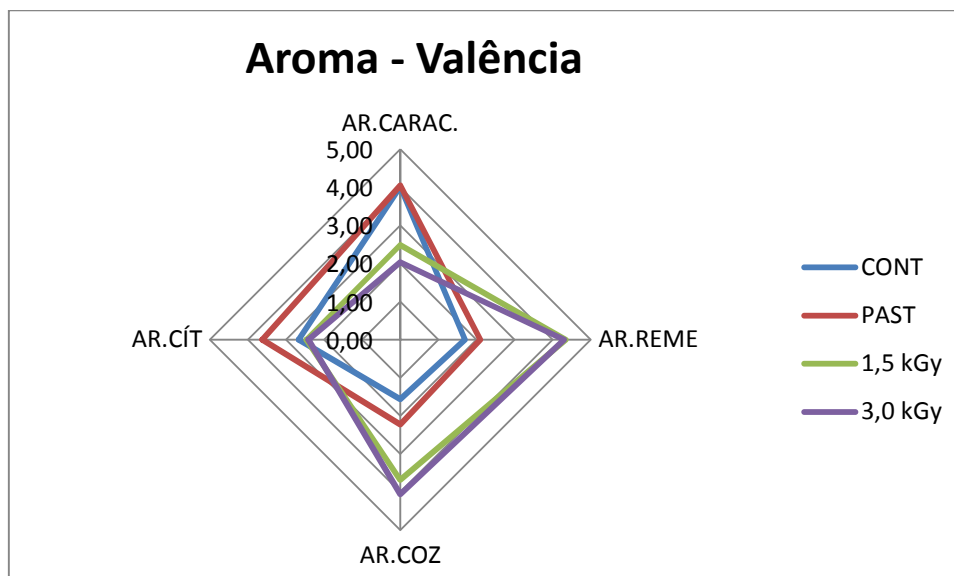


Figura 13 - Perfil sensorial em suco de laranja Valência

O suco de laranja pasteurizado, por sua vez, apresentou o diferencial de ser submetido ao processamento térmico mais brando, fazendo com que suas características sensoriais sejam mais próximas as do produto fresco. As doses de irradiação, independente das variedades estudadas, induziram a alterações sensoriais com relação ao aroma do suco de laranja.

4.9.4 Sabor

O sabor natural de suco fresco de laranja se mostrou diferenciado entre os tratamentos em relação às variedades cítricas em todos os dias de armazenamento, exceto no último dia, onde não mais se detectou diferença pelos provadores. As amostras submetidas à dose de 3,0 kGy diferiram do controle, que recebeu maiores notas, sabor que se assemelha ao suco recém extraído (Tabela 20). Não foi observada interação significativa entre tratamentos e período de armazenamento.

Munhoz-Burgos (1985) cita que o processo combinado de irradiação com refrigeração, tem sido utilizado na preservação de suco de frutas. No entanto, o seu uso comercial, requer a adequação da dose, a fim de minimizar o aparecimento de características e qualidades sensoriais indesejáveis.

Os provadores não detectaram diferenças entre os gostos amargo, ácido e doce, não apresentando interação significativa entre tratamentos, variedades e período de armazenamento.

Della Torre et al. (2003) estudando o perfil sensorial e aceitação do suco de laranja submetido a diferentes temperaturas e tempos de pasteurização, não observaram diferença estatística significativa para os gostos ácido e amargo entre os sucos submetidos a 85° e 87° C.

Tabela 20 - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) para o atributo de sabor de suco de laranja submetido à irradiação e pasteurização armazenado em diferentes períodos de armazenamento

Sabor Natural					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	4,31 Aabc	5,77 Aa	5,23 Aa	3,44 Aa
	2	4,39 Aabc	4,36 Aab	3,87 Aab	3,83 Aa
	3	1,73 Aabc	2,01 Aab	2,64 Aab	3,33 Aa
	4	1,04 Ac	1,87 Aab	2,60 Aab	2,01 Aa
P	1	5,64 Aa	4,18 Aab	4,10 Aab	2,13 Aa
	2	5,34 Aab	3,54 Aab	3,71 Aab	3,87 Aa
	3	2,81 Aabc	1,79 Ab	2,00 Aab	1,74 Aa
	4	2,00 Aabc	1,66 Ab	1,14 Ab	1,86 Aa
V	1	3,50 Aabc	5,77 Aa	3,06 Aab	3,44 Aa
	2	3,80 Aabc	4,36 Aab	3,28 Aab	3,83 Aa
	3	1,63 Abc	2,01 Aab	1,63 Aab	3,33 Aa
	4	1,71 Aabc	1,87 Aab	1,93 Aab	2,01 Aa
Gosto amargo					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	1,52 Aa	1,57 Aa	1,50 Aa	3,89 Aa
	2	2,97 Aa	2,60 Aa	3,30 Aa	2,12 Aa
	3	2,64 Aa	3,34 Aa	3,44 Aa	2,32 Aa
	4	3,57 Aa	5,02 Aa	3,14 Aa	2,56 Aa
P	1	2,14 Aa	2,19 Aa	1,81 Aa	3,01 Aa
	2	2,01 Aa	3,16 Aa	2,19 Aa	2,39 Aa
	3	3,43 Aa	3,26 Aa	1,70 Aa	2,00 Aa
	4	2,16 Aa	3,20 Aa	3,61 Aa	3,74 Aa
V	1	1,00 Aa	1,57 Aa	1,79 Aa	3,89 Aa
	2	2,08 Aa	2,60 Aa	2,61 Aa	2,12 Aa
	3	1,32 Aa	3,34 Aa	3,33 Aa	2,32 Aa
	4	1,81 Aa	5,02 Aa	3,11 Aa	2,56 Aa
Gosto ácido					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	2,23 Aa	4,24 Aa	3,06 Aa	2,87 Aa
	2	3,86 Aa	4,57 Aa	4,19 Aa	5,29 Aa
	3	3,40 Aa	4,80 Aa	4,22 Aa	4,24 Aa
	4	2,78 Aa	4,63 Aa	4,49 Aa	2,41 Aa
P	1	2,77 Aa	3,49 Aa	2,64 Aa	3,33 Aa
	2	1,86 Aa	2,79 Aa	2,60 Aa	3,70 Aa
	3	2,52 Aa	3,66 Aa	2,94 Aa	3,32 Aa
	4	2,92 Aa	3,33 Aa	2,84 Aa	2,92 Aa
V	1	2,77 Aa	4,24 Aa	2,73 Aa	2,87 Aa
	2	3,89 Aa	4,57 Aa	3,13 Aa	5,29 Aa
	3	2,34 Aa	4,80 Aa	2,59 Aa	4,64 Aa
	4	2,28 Aa	4,63 Aa	3,85 Aa	2,41 Aa

continua

continuação					
Gosto doce					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	3,87 Aa	4,28 Aa	4,07 Aa	3,86 Aa
	2	1,98 Aa	2,63 Aa	2,52 Aa	2,42 Aa
	3	2,88 Aa	3,53 Aa	2,11 Aa	2,30 Aa
	4	2,67 Aa	2,13 Aa	2,38 Aa	3,93 Aa
P	1	3,12 Aa	2,92 Aa	2,72 Aa	3,17 Aa
	2	4,17 Aa	4,48 Aa	4,03 Aa	2,60 Aa
	3	3,46 Aa	3,64 Aa	2,70 Aa	2,92 Aa
	4	3,66 Aa	3,79 Aa	3,24 Aa	2,57 Aa
V	1	2,84 Aa	4,28 Aa	3,14 Aa	3,86 Aa
	2	1,81 Aa	2,63 Aa	2,94 Aa	2,42 Aa
	3	2,12 Aa	3,53 Aa	2,58 Aa	2,30 Aa
	4	2,08 Aa	2,13 Aa	3,03 Aa	3,93 Aa
Remédio					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	1,23 Aa	1,81 Ab	1,19 Aa	3,63 Aa
	2	1,24 Aa	1,76 Ab	1,78 Aa	2,39 Aa
	3	3,93 Aa	5,26 Aab	2,00 Aa	2,36 Aa
	4	4,44 Aa	6,06 Aa	3,41 Aa	3,43 Aa
P	1	2,08 Aa	3,33 Aab	1,51 Aa	3,62 Aa
	2	2,06 Aa	4,01 Aab	2,23 Aa	2,28 Aa
	3	2,79 Aa	5,01 Aab	3,20 Aa	3,81 Aa
	4	4,41 Aa	4,92 Aab	4,27 Aa	5,39 Aa
V	1	1,59 Aa	1,81 Ab	2,48 Aa	3,63 Aa
	2	1,34 Aa	1,76 Ab	1,51 Aa	2,39 Aa
	3	2,83 Aa	5,26 Aab	2,66 Aa	2,36 Aa
	4	3,02 Aa	6,06 Aa	2,57 Aa	3,43 Aa
Cozido					
Vari	Trat	1	7	14	21
H	1	1,49 Ab	1,60 Ab	1,03 Aa	3,88 Aa
	2	2,03 Aab	2,93 Aab	2,27 Aa	2,50 Aa
	3	4,24 Aab	5,32 Aab	3,41 Aa	3,18 Aa
	4	5,74 Aa	6,10 Aa	4,16 Aa	3,86 Aa
P	1	1,64 Aab	1,71 Ab	1,37 Aa	3,00 Aa
	2	2,62 Aab	3,62 Aab	2,30 Aa	2,69 Aa
	3	3,58 Aab	5,30 Aab	3,94 Aa	3,81 Aa
	4	4,66 Aab	5,46 Aab	4,58 Aa	4,48 Aa
V	1	2,69 Aab	1,60 Ab	2,26 Aa	3,88 Aa
	2	1,09 Ab	2,93 Aab	1,26 Aa	2,50 Aa
	3	3,73 Aab	5,32 Aab	3,12 Aa	3,18 Aa
	4	3,06 Aab	6,10 Aa	3,10 Aa	3,86 Aa
continua					

						conclusão
						Sumo
Vari	Trat	1	7	14	21	
H	1	1,83 Aa	2,66 Aa	2,74 Aa	2,92 Aa	
	2	3,68 Aa	3,98 Aa	4,24 Aa	3,56 Aa	
	3	3,90 Aa	4,36 Aa	3,86 Aa	3,72 Aa	
	4	2,89 Aa	4,74 Aa	3,49 Aa	3,17 Aa	
P	1	3,24 Aa	4,62 Aa	2,12 Aa	3,12 Aa	
	2	3,28 Aa	3,49 Aa	2,08 Aa	2,67 Aa	
	3	2,64 Aa	4,44 Aa	2,32 Aa	2,90 Aa	
	4	3,03 Aa	4,10 Aa	2,10 Aa	2,52 Aa	
V	1	2,63 Aa	2,66 Aa	2,34 Aa	2,92 Aa	
	2	3,66 Aa	3,98 Aa	3,24 Aa	3,56 Aa	
	3	1,43 Aa	4,36 Aa	2,97 Aa	3,72 Aa	
	4	2,36 Aa	4,74 Aa	2,56 Aa	3,17 Aa	

Legenda: **Vari** = Variedades de laranjas; H = Hamlin; P = Pera; V = Valência; **Trat** = Tratamentos; 1= controle; 2= suco de laranja pasteurizado; 3= suco de laranja submetido a dose de 1,5 kGy; 4= suco de laranja submetido a dose 3,0 kGy.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O sabor remédio apresentou diferença significativa em relação ao comportamento do suco de laranja das variedades Hamlin e Valência, no 7º dia de armazenamento, diferindo os tratamentos controle e pasteurizado, das amostras submetidas à dose de 3,0 kGy, apresentando um sabor acentuado de remédio.

Em relação ao sabor cozido, houve interação significativa entre tratamentos e variedades cítricas no 1º e 7º dia de armazenamento, o tratamento com 3,0 kGy apresentou diferença significativa em comparação às amostras de suco de laranja controle, diferindo todas as variedades estudadas. O tratamento com 3,0 kGy apresentou comportamento semelhante ao aroma cozido, apresentando forte aroma e sabor de cozido.

Não foi observada diferença significativa entre tratamentos, variedades cítricas e período de armazenamento em relação ao sabor de sumo (Tabela 19).

Della Torre et al. (2003) também não observaram diferença significativa entre os tratamentos para o atributo sabor óleo essencial em suco de laranja submetido a nove diferentes condições de temperatura e tempo de retenção.

Verruma-Bernardi e Spoto (2003) avaliaram o efeito de doses de radiação gama sobre as características sensoriais do suco de laranja conservado sob refrigeração, as amostras submetidas às doses de 1,5 e 3,0 kGy apresentaram menor intensidade para o atributo fresco e maior intensidade para o aroma cozido e laranja artificial, indicando que as doses de irradiação induziram alterações sensoriais com relação ao aroma do suco de laranja fresco.

Analisando o perfil sensorial do suco de laranja Hamlin, o tratamento com 3,0 kGy apresentou maior intensidade para o sabor de remédio e cozido, comportamento semelhante foi observado também para o aroma (Figura 14).

O controle apresentou melhor qualidade nas características sensoriais, com maiores valores médios para sabor natural e gosto doce e, menor intensidade para sabor cozido, sumo, gosto amargo e ácido.

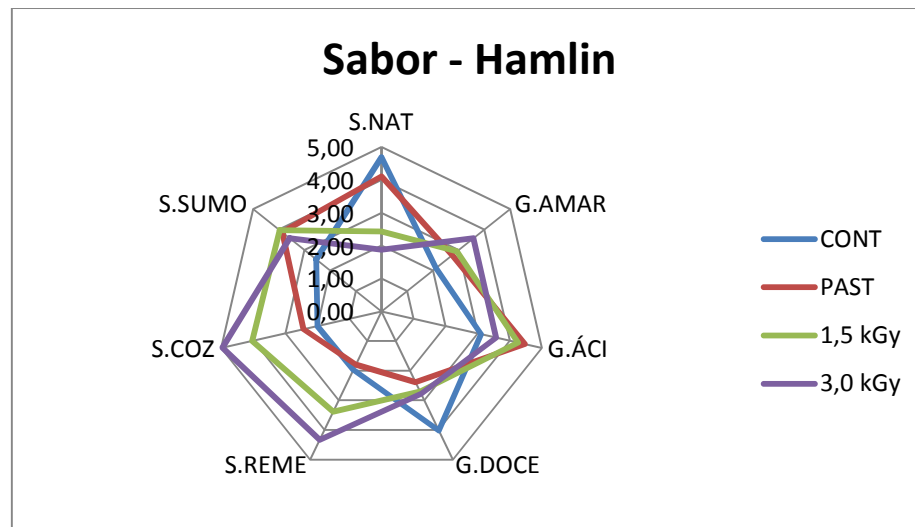


Figura 14 - Perfil sensorial em suco de laranja Hamlin

Em relação ao sabor do suco de laranja Pera, o tratamento com 1,5 kGy reuniu as características sensoriais de sabor cozido e remédio (Figura 15), e menor intensidade para o atributo de sabor natural de laranja.

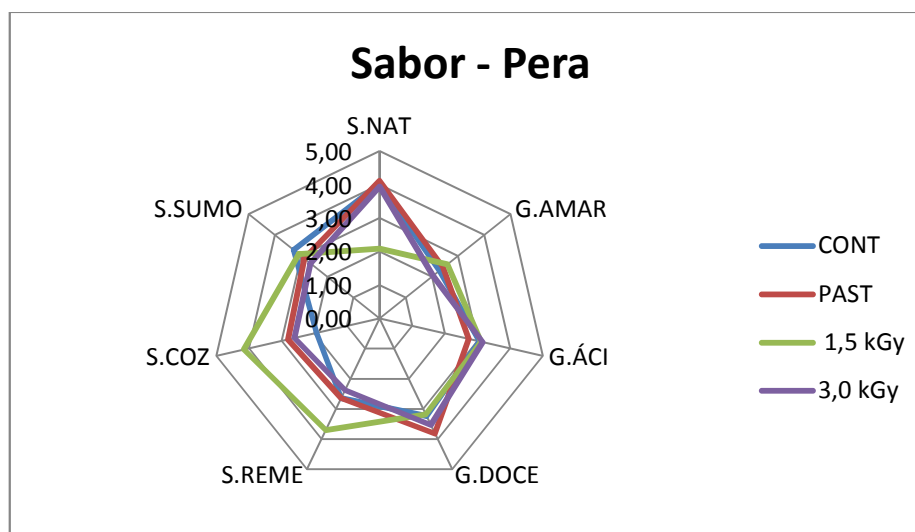


Figura 15 - Perfil sensorial em suco de laranja Pera

O sabor do suco de laranja da variedade Valência submetido aos tratamentos 1,5 e 3,0 kGy, em todas as variedades estudadas, a radiação gama evidenciou alterações sensoriais com relação ao sabor e ao aroma do suco de laranja (Figura 16).

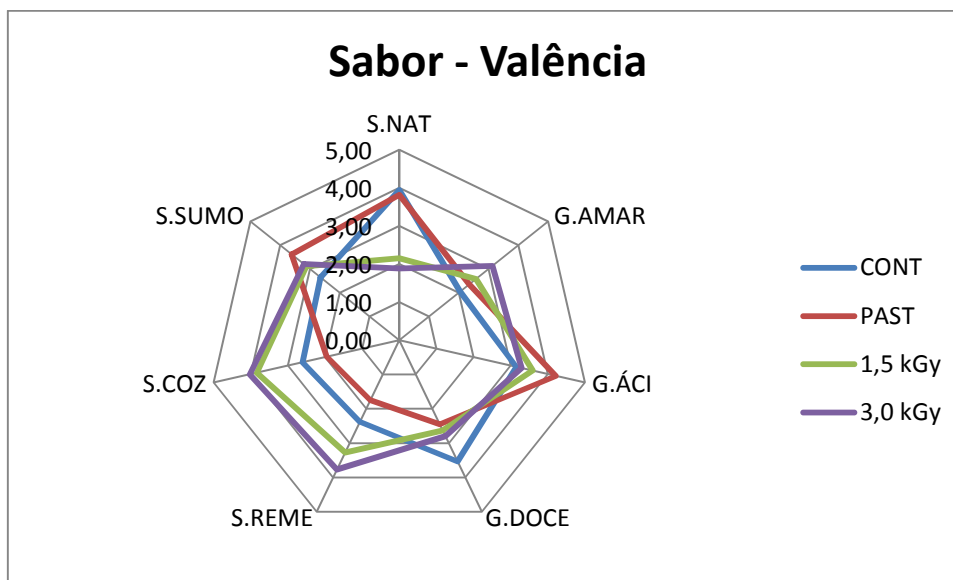


Figura 16 - Perfil sensorial em suco de laranja Valência

4.10 Conclusão

Conclui-se que a radiação gama e a pasteurização contribuíram para a redução das contagens microbianas.

Em relação às características físico-químicas, independente das variedades cítricas, as doses estudadas mostraram reduzido impacto sobre esses parâmetros.

A aplicação da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) possibilitou o levantamento de atributos sensoriais importantes para a discriminação das amostras do suco de laranja submetidos à radiação gama e a pasteurização. Os resultados mostraram que as doses de irradiação induziram alterações sensoriais, em particular, o tratamento 3,0 kGy apresentou aroma e sabor acentuado de remédio e cozido, que provavelmente terão influência negativa na aceitabilidade do suco.

O tratamento da pasteurização embora altere as características sensoriais e nutricionais do produto, mostrou-se o tratamento mais adequado em comparação à irradiação.

Referências

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; AZNAR, M.; JUAN, M.; PERES, V. **Citros: desenvolvimento e tamanho final do fruto**. Porto Alegre: Ivo Mânica, 1995. 102 p.

ANDREWS, L. S.; AHMEDNA, M.; GRODNER, R. M.; LIUZZO, J. A.; MURANO, P. S.; MURANO, E. A.; RAO, R. M.; SHANE, S.; WILSON, P. W. Food preservation using ionizing radiation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 15, n. 4, p. 1-53, 1998.

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18. ed. Washington, DC, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 set. 2003. Seção 1, p.14.

_____. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. Regulamento técnico princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 182, p. 21005-21011, 1997.

BULL, M. K.; ZERDIN, K.; HOWE, E.; GOICOECHEA, D.; PARAMANANDHAN, R. L.; SELLAHWA, J.; SZABO, E. A.; JOHNSON, R. L.; STEWART, C. M. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. **Inovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 5, p. 135-149, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005. 785 p.

DANIELI, F.; COSTA, L. R. L. G.; SILVA, L. C.; HARA, A. S. S.; SILVA, A. A. Determinação de vitamina C em amostras de suco de laranja in natura e amostras comerciais de suco de laranja pasteurizado e envasado em embalagem Tetra Pak. **Revista do Instituto de Ciências e Saúde**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 361-365, 2009.

DELLA TORRE, J. C. de M.; RODAS, M. A. de B.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 105-111, 2003.

DIEHL, J. F. **Safety of irradiated foods**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 454p.

ESTEVE, M. J.; FRÍGOLA, A.; RODRIGO, C.; RODRIGO, D. Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish

refrigerated orange juices. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1413-1422, 2005.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 87 p.

GERALDINI, A. M.; DELAZARI, I.; LEITAO, M. F. DE F.; OLIVEIRA, C. M. M. DE; EIROA, M. M. U. Caracterização de bactérias lácticas em alimentos. I. Avaliação de meios sólidos para contagens de culturas puras. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 53-64, 1979.

GONÇALVES, M. P. J. C.; BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; STRINGHETA, P. C. Irradiação gama como alternativa de conservação de polpa de acerola. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 159-163, 2006.

HOFFMANN, F. L.; GARCIA-CRUZ, C. H.; VINTURIM, T. M.; PAZZOTI, G. S. O. Qualidade microbiológica de diferentes marcas comerciais de suco fresco de laranja integral. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 99-106, 1998.

IEMMA, J.; ALCARDE, A. R.; DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C. Radiação gama na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1193-1198, 1999.

IHA, M. H.; FÁVARO, R. M. D.; OKADA, M. M.; PRADO, S. P. T.; BERGAMINI, A. M. - **Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolf Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS – ICRU. **Fundamental quantities and units for ionizing radiation**. Bethesda, 2012. (CRU Report 85a-Revised).

LEITÃO, M. F. F. Microbiologia de sucos e produtos ácidos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, p. 9-42, 1973.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S. Avaliação da qualidade de suco de laranja industrializado. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 95-104, 2000.

LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 318-322, 2001.

McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.1254-1255, 1992.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 386 p.

MITCHELL, G. E.; ISAACS, A. R.; WILLIAMS, D. J.; McLAUCHLAN, R. L.; NOTTINGHAM, S. M.; HAMMETON, K. Low dose irradiation influence on yield and quality of fruit juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1628-1631, 1991.

MUNHOZ-BURGOS, R. A. Uso de la radiacion gamma para extender el tiempo de conservation de jugos de algunas frutas exóticas. In: SEMINÁRIO SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS PARA PAÍSES DA AMÉRICA LATINA, 1985, Quito, Ecuador. **Actas...** Vienna: IAEA, 1985. p. 1-25.

OLIVA, P. B. **Influência das variedades cítricas (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Natal, Pêra-Rio e Valência na qualidade do suco de laranja pasteurizado**. 2002. 162 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

OLIVEIRA, A. C. G.; SPOTO, M. H. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, C. P.; GALLO, C. R. Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na conservação de caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 863-873, 2007.

OLIVEIRA, J. J. V.; TOLEDO, M. C. F.; SIGRIST, J. M. M.; YOTSUYANAGI, K.; ATHIÉ, I. Avaliação da qualidade de laranja Pêra após armazenamento com etileno. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 363-373, 2002.

PEREDA, J. A. O. Utilização de radiações eletromagnéticas na indústria alimentícia. Irradiação de alimentos. In:_____. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap. 9, p. 142-154.

PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; PRADO, G. M.; SOUZA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2006.

REINHARDT, D. H. R.; MEDINA, V. M. Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 3, p. 435-447, 1992.

RUSCHEL, C. K.; CARVALHO, H. H.; SOUZA, R. B.; TONDO, E. C. Qualidade microbiológica e físico-química de sucos de laranja comercializados nas vias públicas de Porto Alegre/RS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 94-97, 2001.

SILVA, P. T.; FIALHO, E.; MIGUEL, M. A. L.; LOPES, M. L. M.; MESQUITA, V. L. V. Estabilidades química, físico-química e microbiológica de suco de laranja cv. Pera submetido a diferentes condições de estocagem. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 235-246, 2007.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JUNIOR, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SAS INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 9.2). Cary, NC, 2005.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. London: Academic Press.1993. 337 p.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SUGAI, A. Y.; SHIGEOKA, D. S.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Análise físico-química e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 233-238, 2002.

UBOLDI EIROA, M. N. Microrganismos deteriorantes de sucos de frutas e medidas de controle. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3/4, p. 141-160, 1989.

URBAIN, W. M. Biological effects of ionizing radiation. In: _____. **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986. chap. 4, p. 83-117.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, Barking, v. 71, n. 2, p. 195-198, 2000.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SPOTO M. H. F. Efeito da radiação gama sobre o perfil sensorial de suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 28-32, 2003.