

Universidade Estadual Paulista “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Departamento de Alimentos e Nutrição

**INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO SOBRE O PERFIL
SENSORIAL E A ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO SUCO DE
LARANJA**

Hitty-Ko Kamimura

Araraquara, São Paulo

2011

Universidade Estadual Paulista “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Departamento de Alimentos e Nutrição

INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO SOBRE O PERFIL SENSORIAL E A ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO SUCO DE LARANJA

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Alimentos e Nutrição, área de Ciências dos Alimentos, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”, para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição, área de Ciências dos Alimentos.

Hitty-Ko Kamimura

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Magali Monteiro da Silva

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Natália Soares Janzantti

Araraquara, São Paulo

2011

Ficha Catalográfica

Elaborada Pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP – Campus de Araraquara

Kamimura, Hitty-Ko

Influência do processamento sobre o perfil sensorial e a atividade antioxidante do suco de laranja / Hitty-Ko Kamimura. --
Araraquara, 2011.
76 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”.
Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição.

Orientador: Magali Monteiro

Co-orientador: Natália Soares Janzanti

.
1. Suco de laranja. 2. Processamento do FCOJ. 3. Análise descritiva quantitativa. I. Monteiro, Magali, orient. II. Janzanti, Natália Soares, co-orient. III. Título.

CAPES:

Dedico aos meus pais Seiya
Pedro e Mary Márcia, pelo
apoio e pela confiança nessa
importante etapa de minha
vida...

... e a todos os meus
irmãos, pelo imenso
carinho e suporte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Magali Monteiro pela confiança, orientação e ensinamentos ao longo de todo o meu mestrado, e pelo grande empenho para que eu me tornasse um profissional mais capacitado.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Natália Soares Janzantti, por todo o auxílio, correções, críticas e sugestões, e pelos conselhos tão valiosos.

À Banca examinadora, por todas as correções e sugestões dadas e por enriquecer este trabalho com sua experiência.

As julgadores que participaram da análise descritiva quantitativa, cuja determinação e compromisso possibilitaram a realização deste trabalho.

À estagiária e amiga Raíssa B. Mastello por toda a ajuda e dedicação no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição e ao Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, onde este trabalho foi desenvolvido.

A todos os colaboradores do Departamento de Alimentos e Nutrição e, em especial a Lica, cujo apoio e experiência foram imprescindíveis.

A todos os colegas do Programa de Pós Graduação e associados, pela amizade, compreensão e apoio, e por possibilitarem a conclusão deste trabalho.

Agradeço à querida amiga Fernanda Manzano Carbinatto, pela amizade e por estar sempre ao meu lado.

Aos meus pais, Seiya Pedro e Mary Márcia, e meus irmãos Michel, Mansuke, Esperança, Gengis Kami, Raika, Natáscia, Hanay e Kaisuky e ao meu tio Lorival Ferro Jr., pela importante presença em minha vida e pelo imenso amor.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO GERAL.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS GERAIS.....	3
 Capítulo 1: ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO SUCO DE LARANJA DECORRENTES DO PROCESSAMENTO.....	4
RESUMO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. PROCESSAMENTO DO FCOJ.....	6
3. QUALIDADE DO SUCO DE LARANJA.....	7
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
 Capítulo 2: DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DO SUCO DE LARANJA DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DO FCOJ.....	14
RESUMO.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
1. Material.....	17

1.2. Obtenção do suco.....	17
2. Métodos.....	17
2.1. Análise Descritiva Quantitativa.....	17
2.1.1. Recrutamento.....	18
2.1.2. Pré-seleção da equipe.....	18
2.1.2.1. Teste de reconhecimento de gostos básicos.....	18
2.1.2.2. Teste de reconhecimento de odores.....	18
2.1.2.3. Análise sequencial de Wald.....	20
2.1.3. Levantamento da terminologia descritiva e treinamento da equipe sensorial.....	21
2.1.4. Seleção da equipe sensorial.....	23
2.1.5. Avaliação do suco das etapas do processamento do FCOJ.....	23
2.1.6. Análise de dados.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
3.1. Recrutamento e pré-seleção da equipe	24
3.2. Levantamento da terminologia descritiva e treinamento.....	24
3.3. Seleção da equipe sensorial.....	28
4. CONCLUSÕES.....	36
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
 Capítulo 3: SENSORY CHANGES DURING THE FCOJ PROCESSING.....	 40
ABSTRACT.....	41
Introduction.....	42
Materials and Methods.....	43
Orange juice.....	43
Sensory analysis.....	43
Statistical analysis.....	44
Results and Discussion.....	45
Conclusions.....	48

References.....	48
 Capítulo 4: ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ORANGE JUICE FROM THE STEPS OF THE FCOJ PROCESSING.....	 55
Summary.....	56
Introduction.....	57
Materials and Methods.....	59
Samples.....	59
Chemicals.....	59
Sample preparation for total phenolic compounds and antioxidant activity.....	60
Determination of total phenolic compounds.....	60
Determination of total antioxidant activity.....	60
Physicochemical evaluation.....	61
Statistical Analysis.....	61
Results and Discussion.....	61
Total phenolic compounds.....	61
Total antioxidant activity	63
Physicochemical evaluation.....	65
Correlation analysis.....	66
Conclusions.....	67
References.....	67
 CONCLUSÕES GERAIS.....	 73
 ANEXOS.....	 75
 APÊNDICES.....	 76

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO SUCO DE LARANJA DECORRENTES DO PROCESSAMENTO.....	4
Figura 1. Fluxograma de produção de FCOJ.....	8
Capítulo 2: DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DO SUCO DE LARANJA DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DO FCOJ.....	14
Figura 1. Questionário utilizado para o recrutamento dos julgadores.....	19
Figura 2. Ficha de reconhecimento de gostos básicos utilizada pelos julgadores na etapa de pré-seleção.....	20
Figura 3. Ficha de reconhecimento de odores, utilizada pelos julgadores na etapa de pré-seleção.....	20
Figura 4. Ficha utilizada para o teste de diferença, na análise sequencial de Wald.....	21
Figura 5. Gráfico utilizado na análise sequencial de Wald.....	21
Figura 6. Ficha utilizada para levantamento dos termos descritores, usando o método de rede de Kelly (MOSKOWITZ, 1983).....	22
Figura 7. Ficha de avaliação utilizada na ADQ do suco de laranja das diferentes etapas do processamento do FCOJ.....	26
Figura 8. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores <i>cor amarela</i> (a), <i>tom esverdeado</i> (b), <i>gomos</i> (c), <i>viscosidade</i> (d) e <i>turbidez</i> (e), para o atributo aparência.....	29
Figura 9. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores <i>natural</i> (a), <i>cítrico</i> (b), <i>doce</i> (c), <i>passado</i> (d), <i>óleo</i> (e) e <i>cozido</i> (f), para o atributo aroma.....	30
Figura 10. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores <i>natural</i> (a), <i>cítrico</i> (b), <i>ácido</i> (c), <i>doce</i> (d), <i>amargo</i> (e), <i>passado</i> (f), <i>óleo</i> (g) e <i>cozido</i> (h), para o atributo sabor.....	32
Figura 11. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores <i>gomos</i> (a) e <i>viscosidade</i> (b), para o atributo textura.....	34

Capítulo 3: SENSORY CHANGES DURING THE FCOJ PROCESSING..... 40

**Figure 1. SENSORY PROFILE OF THE ORANGE JUICE FROM THE FCOJ
PROCESSING STEPS IN THE 1st (a), 2nd (b), 3rd (c), 4th (d) AND 5th (e)
COLLECTION PERIODS..... 53**

**Figure 2. PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF APPEARANCE, AROMA, FLAVOR
AND TEXTURE DESCRIPTORS OF THE ORANGE JUICE FROM THE FCOJ
PROCESSING STEPS IN THE 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th COLLECTION
PERIODS..... 54**

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2: DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DO SUCO DE LARANJA DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DO FCOJ.....	14
Tabela 1. Definições e referências dos descritores.....	25
Tabela 2. Coeficientes de correlação ($p \leq 0,01$) da média dos descritores de cada julgador e da equipe sensorial.....	35
Tabela 3. Nível de significância (p) dos descritores para cada julgador em função da discriminação das amostras (p_{Famostra}) e da repetibilidade ($p_{\text{Repetição}}$) na etapa de seleção da ADQ do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ.....	36
Capítulo 3: SENSORY CHANGES DURING THE FCOJ PROCESSING.....	40
Table 1. DEFINITIONS OF THE SENSORY DESCRIPTORS AND REFERENCE STANDARTS USED IN THE DESCRIPTIVE QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE ORANGE JUICE FROM THE FCOJ PROCESSING STEPS.....	51
Table 2. AVEGARE OF DESCRIPTORS' INTENSITIES OF THE ORANGE JUICE FROM THE FCOJ PROCESSING STEPS IN THE 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th COLLECTION PERIODS.....	52
Capítulo 4: ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ORANGE JUICE FROM THE STEPS OF THE FCOJ PROCESSING.....	55
Table 1. Total phenolic compounds* (mg gallic acid/100 mL) and Trolox equivalent antioxidant capacity ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{mL}$) of the orange juice from the extraction, filtration, concentration, blend and colling steps of the FCOJ processing.....	72

RESUMO GERAL

O suco de laranja é um produto de grande importância para a economia nacional, tendo papel relevante na pauta de exportações brasileiras. A maior parte da produção brasileira de laranja é destinada à produção de suco concentrado congelado – FCOJ, que é predominantemente exportado para a Europa e América do Norte. O processamento do suco envolve as etapas de extração, filtração, concentração, mistura e de resfriamento. O tratamento térmico empregado na etapa de concentração para redução do volume de água, redução da carga microbiana e inativação enzimática, também é capaz de favorecer reações que alteram a composição do suco e promovem alterações sensoriais e degradação da vitamina C, além de arrastar e degradar compostos voláteis importantes para o sabor do suco. Os objetivos deste trabalho foram reunir informações referentes ao processamento do FCOJ e aos fatores relacionados às alterações de qualidade que podem ocorrer durante o processamento, avaliar o suco de laranja das principais etapas do processamento do FCOJ, de forma a avaliar as etapas mais críticas em relação às alterações no perfil sensorial e perda de qualidade e avaliar a atividade antioxidante total (AAT), os compostos fenólicos totais (TPC) e as características físico-químicas do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ. O suco de laranja das principais etapas do processamento do FCOJ foi avaliado por 12 julgadores selecionados e treinados utilizando a análise descritiva quantitativa (ADQ). Foram gerados 21 descritores para aparência (5), aroma (6), sabor (8) e textura (2). O suco das etapas de extração e filtração foram caracterizados por alta intensidade de sabor *doce*, aroma e sabor *natural*, aroma e sabor *cítrico* e aroma e sabor *óleo*, com perfil sensoriais semelhantes. O suco da etapa de extração também foi caracterizado por *gomos*, tanto para a aparência como para a textura. O suco das etapas de concentração, mistura e resfriamento foram caracterizados por alta intensidade de aroma e sabor *cozido*, com perfil sensoriais semelhantes. O perfil sensorial do suco de laranja foi marcadamente afetado pelo tratamento térmico. Após a etapa de

concentração, os descritores aroma *natural*, *cítrico*, *doce* e *óleo*, e sabor *natural*, *cítrico* e *óleo* foram drasticamente reduzidos, enquanto que os descritores aroma e sabor *cozido* e sabor *ácido* sofreram grande aumento. As análises de AAT e TPC foram realizadas utilizando as reações com radical ABTS e Folin-Ciocalteu, respectivamente. Os valores de AAT para o suco das etapas do processamento do FCOJ variaram de 467,78 a 795,40 $\mu\text{mol}/100\text{mL}$ suco, enquanto que os valores de TPC variaram de 17,20 a 94,03 mg ácido gálico/100mL suco. O suco da etapa de mistura mostrou os maiores valores de TPC em todas as coletas, enquanto que o suco da etapa de extração mostrou os menores valores. Houve tendência de aumento nos níveis de TPC com o processamento. O suco da etapa de extração teve a menor atividade antioxidante em todas as coletas. A análise de correlação mostrou que os compostos fenólicos tiveram notável contribuição para a atividade antioxidante.

ABSTRACT

Orange juice is an important product to the national economy, with great relevance to the Brazilian exportations. The majority of Brazilian orange production is used in the frozen concentrated orange juice (FCOJ) production, which is mainly exported to North America and Europe. The FCOJ processing covers the extraction, filtration, concentration, blend and cooling steps. The heat treatment used in the concentration step to reduce the water activity, favors reactions that drastically change the juice composition and promotes sensory changes, ascorbic acid degradation, and changes the volatile compounds important to the aroma and flavor of the juice. The aim of this work was to gather information regarding the FCOJ processing and the factors related with the juice quality changes during the processing, to evaluate the orange juice from the main steps of the FCOJ processing, in order to identify the most critical steps regarding the sensory changes and loss of quality using QDA and to evaluate the total antioxidant activity (TAA), the total phenolic compounds (TPC) and the physicochemical characteristics of the orange juice from the steps of the FCOJ processing. The orange juice from the main steps of the FCOJ processing was evaluated by 12 selected and trained judges using QDA. 21 descriptors were generated for appearance (5), aroma (6), flavor (8) and texture (2). The juices from the extraction and filtration steps were characterized by high intensity of sweet aroma, natural aroma and flavor, citric aroma and flavor, and oil aroma and flavor, with similar profile. The juice from the extraction step was also characterized by vesicles from both appearance and texture. The juice from the concentration, blend and cooling steps were characterized by high intensity of cooked aroma and flavor, with similar profile. The sensory profile of the orange juice was noticeably affected by heat treatment. After concentration natural, citric, sweet and oil aroma, and natural, citric and oil flavor were greatly decreased, while cooked aroma and flavor, and acid flavor were greatly increased. Total antioxidant activity (TAA) and total phenolic compounds (TPC) of orange juice from the FCOJ processing steps were evaluated using

ABTS and Folin-Cioalteau and assays, respectively. The TPC results ranged from 17.20 to 94.03 mg gallic acid 100 mL⁻¹ orange juice, while the TAA values ranged from 467.78 to 795.40 µmol Trolox 100 mL⁻¹ orange juice. Significant differences ($p \leq 0.05$) were found among the juice from the different FCOJ processing steps in all collection times. The juice from the blend step showed the highest TPC values in all collection times, while the juice from the extraction step showed the lowest. There was a similar behavior on the TPC levels in all collection times, increasing with the processing of the juice. The 2nd collection time showed the lowest TPC values when compared to the 1st and 3rd collection times. The juice from the extraction step showed the lowest antioxidant activity in all collection times. The correlation analysis showed that the phenolic compounds had a noticeable contribution to the antioxidant activity.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja concentrado e congelado (*frozen concentrated orange juice* – FCOJ). Em 2008, o país exportou cerca 780 mil toneladas de FCOJ, passando a exportar 574,78 mil ton em 2009, cerca de 440 mil ton em 2010 e, 192 mil ton até fevereiro de 2011. A atual tendência de queda das exportações é resultado das dificuldades enfrentadas pelo setor, relacionadas principalmente às pressões do comércio internacional como a questão cambial, à redução no consumo de suco dos países desenvolvidos, o surgimento de novas bebidas que passam a ganhar participação no mercado e à concorrência com outras regiões produtoras, entre outros fatores.

O processamento do FCOJ é realizado em várias etapas. Na recepção, a laranja é descarregada em esteiras e passa por inspeção manual para remoção das frutas danificadas e deterioradas. Posteriormente, a laranja é encaminhada para os silos de estocagem, onde é classificada de acordo com suas características. Em seguida, a laranja é encaminhada para extração e o suco extraído é conduzido para a filtração e centrifugação. Posteriormente, o suco é levado para os evaporadores, onde ocorre a concentração pelo aquecimento. O tratamento térmico favorece reações que promovem alterações sensoriais e degradação da vitamina C, além de arrastar compostos voláteis importantes para o sabor do suco. Após a concentração, o suco é transferido para o resfriador a vácuo e então bombeado para o tanque de mistura, onde são adicionados os compostos voláteis provenientes da recuperação do aroma, óleo essencial da casca da laranja e suco de outras frutas cítricas ou variedades de laranja. O suco é, então, resfriado e transferido para tanques de grande capacidade com temperatura entre -10 e -15 °C ou acondicionado em tambores metálicos, que são posteriormente mantidos em câmaras frias entre -10 °C a -25 °C.

Durante o processamento do FCOJ ocorrem alterações drásticas no perfil sensorial e na composição de voláteis, que afetam o aroma e o sabor do suco. Essas alterações podem levar à perda do sabor natural e característico do suco e influencia o perfil sensorial. A análise descritiva quantitativa é uma técnica sensorial capaz de fornecer descrições quantitativas de um produto baseada na percepção de uma equipe sensorial. Essa técnica é

muito empregada para avaliar alterações sensoriais originadas do processamento ou estocagem. Uma equipe de julgadores treinados é utilizada para identificar e definir os descritores sensoriais percebidos e quantificar a intensidade de cada um. A equipe é treinada para a compreensão da terminologia e para o uso consistente da escala de intensidade e das referências empregadas.

O consumo diário de suco de fruta vem sendo associado à prevenção de diversas doenças, incluindo diferentes tipos de câncer, doenças cardiovasculares e neurológicas. Os efeitos benéficos estão relacionados à presença de compostos antioxidantes, como polifenóis, tocoferóis e carotenóides, que são capazes de estabilizar radicais livres que provocam estresse oxidativo no organismo. O suco de laranja é uma fonte importante de antioxidantes na dieta, principalmente de ácido ascórbico e flavonóides. No entanto, alguns compostos antioxidantes, como os carotenóides e a vitamina C, podem ser afetados pelo aquecimento ou armazenamento do suco, levando à perda desses compostos.

O estudo do perfil sensorial e da atividade antioxidante do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ permitirá identificar as etapas críticas do ponto de vista da perda de qualidade do suco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CITRUSBR: Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos, 2011. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com.br>>. Acesso em 11 junho 2011.
- CITRUSBR. Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos, 2009. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com.br/exportadores-citricos/biblioteca/artigo193605-2.asp>>. Acesso em 6 maio 2011.

OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos deste trabalho foram:

Reunir informações referentes ao processamento do FCOJ e aos fatores relacionados às alterações de qualidade que podem ocorrer durante o processamento visando dar suporte às pesquisas experimentais.

Utilizar a análise descritiva quantitativa (ADQ), em cada uma de suas fases, para treinar e selecionar uma equipe sensorial apta a avaliar o suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ.

Avaliar o suco de laranja das principais etapas do processamento do FCOJ usando a ADQ, para identificar as etapas mais críticas em relação às alterações no perfil sensorial e perda de qualidade.

Avaliar a atividade antioxidante total, os compostos fenólicos totais e as características físico-químicas do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ.

Capítulo 1

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DO SUCO DE LARANJA DECORRENTES DO PROCESSAMENTO

Alterações na qualidade do suco de laranja decorrentes do processamento

Hitty-Ko Kamimura; Raíssa Bittar Mastello; Natália Soares Janzantti; Magali Monteiro

Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP. Rodovia Araraquara-Jaú, Km 01, CP. 502, Araraquara, SP, 14801-092.

RESUMO

O suco de laranja é um produto de grande importância para a economia nacional, tendo papel relevante na pauta de exportações brasileiras. A maior parte da produção brasileira de laranja é destinada à produção de suco concentrado congelado – FCOJ, que é predominantemente exportado para a Europa e América do Norte. O processamento do suco envolve as etapas de extração, filtração, concentração, mistura e resfriamento. O tratamento térmico é fundamental para a produção do FCOJ, pois o calor é capaz de inativar enzimas que comprometem a estabilidade do suco, enquanto que a redução da atividade de água inibe o desenvolvimento de microrganismos, estendendo a vida de prateleira do suco, e reduz custos de armazenamento e transporte pela redução do volume. No entanto, a concentração provoca alterações sensoriais no suco, perda da vitamina C e arrasta compostos voláteis importantes para o sabor, que são apenas parcialmente repostos na etapa de mistura. Na estocagem prolongada ocorre perda acentuada de vitamina C e formação de furfural, que podem comprometer a qualidade do suco.

Palavras-chave: suco de laranja, processamento, FCOJ, alterações durante o processamento.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de FCOJ. Em 2008, o país exportou cerca 780 mil toneladas de FCOJ, passando a exportar 574,78 mil ton em 2009, cerca de 440 mil ton em 2010 e, 192 mil ton até fevereiro de 2011. A atual tendência de queda das exportações é resultado das dificuldades enfrentadas pelo setor, relacionadas principalmente às pressões do comércio internacional como a questão cambial, à redução no consumo de suco dos países desenvolvidos, o surgimento de novas bebidas que passam a ganhar participação no mercado e à concorrência com outras regiões produtoras, entre outros fatores (CITRUSBR, 2011).

Apesar da expressiva produção de suco de laranja, o consumo per capita de suco industrializado no Brasil ainda é relativamente baixo. Isso pode ser atribuído ao custo, à falta de informações sobre as vantagens nutricionais da laranja e do suco e, sobretudo ao hábito de consumo do suco fresco, recém-extraído, pois no país há grande disponibilidade da fruta ao longo do ano, o que gera um preço reduzido. Isso torna o consumidor brasileiro mais exigente em relação ao aroma e sabor natural, que são característicos do suco fresco.

O objetivo desta revisão foi reunir informações referentes ao processamento do FCOJ e aos fatores relacionados às alterações de qualidade que podem ocorrer durante o processamento visando dar suporte às pesquisas experimentais.

2. PROCESSAMENTO DO FCOJ

O processamento do FCOJ é realizado em várias etapas (Figura 1): recepção da fruta, estocagem, inspeção, limpeza, classificação, extração, filtração, concentração, resfriamento, mistura, congelamento e estocagem (MACFADEM, 2004; DARROS-BARBOSA, 2006; MACHADO, 2010; QUEIROZ e MENEZES, 2010).

Na recepção, a laranja transportada a granel por caminhões, têm seu peso aferido para o cálculo da carga ao chegar na indústria. Após descarregada em esteiras, as frutas passam por inspeção manual, com a finalidade de remover galhos e frutas não maduras, danificadas ou deterioradas. No percurso entre a descarga e os silos de estocagem, uma amostra de cada carga de frutas é coletada para análises preliminares de cor, defeitos, estágio de maturação, rendimento de extração de suco e, sólidos solúveis, acidez e *ratio*, no suco extraído. Nos silos de estocagem as frutas são classificadas em lotes de acordo com suas características. Posteriormente à estocagem e antes da extração, a laranja é colocada em esteira para lavagem com água quente e solução desinfetante, usualmente à base de cloro, e passa por escovação com escovas de *nylon* e consequente remoção das partículas aderidas. Em seguida, a laranja é classificada em lotes de acordo com seu tamanho e encaminhada para extração. A extração do suco normalmente é realizada por dois tipos de extratores. No extrator FMC, o mais utilizado pelas indústrias brasileiras, as frutas são acondicionadas entre os copos superior e inferior. A pressão exercida pelo equipamento parte as porções internas da fruta, fazendo com que o suco escoe para um tubo filtro localizado no copo inferior, de onde é coletado. No extrator *Brown* as frutas são cortadas em

duas metades, que são posteriormente prensadas contra um extrator rotativo, de maneira semelhante ao extrator manual caseiro, enquanto o suco é recolhido em um coletor e a casca removida. Após a extração, o suco é conduzido para a filtração, realizada no *finisher*, prensa contínua com peneira e ajuste de pressão para controle do teor de polpa. A centrifugação é uma etapa opcional, onde os resíduos de polpa em suspensão são separados do suco, que é posteriormente levado para os evaporadores (MACFADEM, 2004; DARROS-BARBOSA, 2006; MACHADO, 2010; QUEIROZ e MENEZES, 2010; CITRUSBR 2011).

A etapa de concentração tem a finalidade de remover a água para facilitar o armazenamento, transporte e estocagem pela redução do volume, além de destruir os microorganismos, pelo aquecimento e redução da atividade de água, e consequentemente estender sua vida de prateleira. Nessa etapa, o suco passa por evaporadores com vários estágios e efeitos em sequência, que reutilizam no estágio ou efeito seguinte, o calor gerado pelo vapor do estágio anterior, para economia de energia. Já no primeiro estágio do evaporador, o suco é aquecido a 95 °C, simulando as condições de pasteurização. Nas etapas subsequentes, o aquecimento do suco de laranja estende-se até que a concentração dos sólidos solúveis atinja 65-66 °Brix. Nos estágios com efeitos de temperatura mais elevada, os compostos voláteis importantes para o aroma do suco são carregados pelo vapor, e posteriormente são recuperados para serem adicionados ao suco na etapa de mistura. Após a evaporação, o suco é transferido para o resfriador a vácuo, denominado *flash cooler*, e então bombeado para o tanque de mistura. Nesse tanque, podem ser adicionados os compostos voláteis provenientes da recuperação do aroma e óleo essencial da casca da laranja, dependendo do mercado consumidor. É necessário um período mínimo de dois dias para que a essência seja incorporada ao suco (BETTINI). Ainda no tanque de mistura, o suco é resfriado a -5 °C e transferido para tanques de grande capacidade, denominados *tank farm*, localizados em câmara fria com temperatura entre -10 e -15 °C ou encaminhado ao local de enchimento, onde é acondicionado em tambores metálicos revestidos com sacos plásticos de polietileno de alta densidade, que são posteriormente, mantidos em câmaras frias na temperatura de -10 °C a -25 °C (MACFADEM, 2004; DARROS-BARBOSA, 2006; MACHADO, 2010; QUEIROZ e MENEZES, 2010; CITRUSBR 2011).

3. QUALIDADE DO SUCO DE LARANJA

A qualidade do suco de laranja está associada às suas características sensoriais, físico-químicas e microbiológicas, que podem ser influenciadas por diversos fatores, como a flora microbiana, ação de enzimas, processamento, condições de estocagem, entre outros. A deterioração microbiológica nos alimentos pode gerar mudanças de cor, aroma, sabor e textura. No suco de laranja, a deterioração deve-se principalmente aos microorganismos resistentes ao meio ácido, como os fungos, leveduras e bactérias lácticas, cujo metabolismo produz compostos como ácido lático, etanol e CO₂, capazes de alterar a turbidez, produzir pequenas bolhas de ar e gerar odores e sabores estranhos, que reduzem a qualidade do suco. A ação de enzimas pode

causar alterações na cor e na turbidez, e degradar vitaminas. Quando não são inativadas, enzimas como a ácido ascórbico oxidase, citocromo oxidase e peroxidase podem oxidar a vitamina C presente no suco, e a pectinesterase irá hidrolisar as ligações éster-metílicas das substâncias pécicas presentes, o que gera perda da turbidez característica do suco. A desnaturação das enzimas pelo uso do tratamento térmico exige temperaturas mais elevadas do que as necessárias para a destruição dos microorganismos (SHAW, 1993; DARROS-BARBOSA, 2006; TEIXEIRA, 2006; MACHADO, 2010; QUEIROZ e MENEZES, 2010).

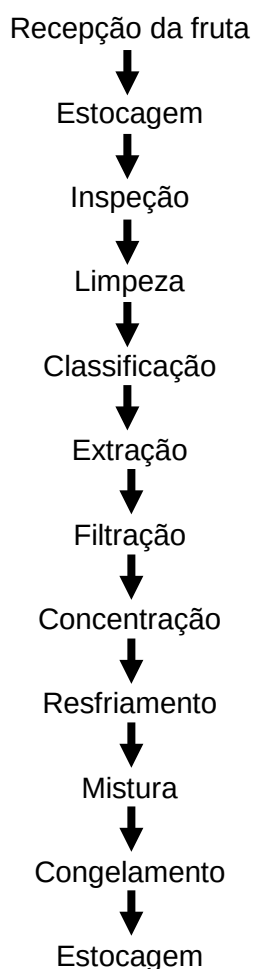


Figura 1. Fluxograma de produção de FCOJ.

As condições de extração interferem na quantidade de polpa e óleo, que varia dependendo da pressão exercida pelo extrator. Quanto maior a pressão exercida, maior o rendimento do suco, a quantidade de óleo essencial da casca, e o conteúdo de polpa e resíduos no suco, que são posteriormente removidos durante a etapa de filtração. A concentração tem a finalidade de remover a água para facilitar o armazenamento, transporte e estocagem pela redução do volume, de inativar enzimas e de destruir os microorganismos, pelo aquecimento e redução da atividade de água, e consequentemente estender sua vida de prateleira. Contudo, o tratamento térmico usado na concentração é capaz de favorecer reações que promovem alterações sensoriais e degradação da vitamina C, além de arrastar compostos voláteis importantes para o sabor do suco,

que são apenas parcialmente repostos na etapa de mistura. Ainda, na concentração pode ocorrer formação e/ou intensificação de compostos associados a odores e sabores estranhos, como alguns compostos sulfurados (dimetil sulfeto, sulfeto de hidrogênio e dimetil dissulfeto). Durante a estocagem, ocorre perda da vitamina C do suco e formação de furfural, dependendo principalmente do tempo e temperatura, mas também do tipo de embalagem utilizada e da quantidade de oxigênio presente no espaço livre, entre outros fatores (SHAW, 1993; DARROS-BARBOSA, 2006; TEIXEIRA, 2006; TEIXEIRA e MONTEIRO, 2006; MACHADO, 2010; QUEIROZ e MENEZES, 2010).

Vários trabalhos descritos na literatura relatam a influência das condições de processamento e estocagem na qualidade do suco de laranja. O suco de laranja pasteurizado em diferentes condições de temperatura e tempo foi comparado com o suco de laranja não processado utilizando a análise descritiva quantitativa. O perfil sensorial dos sucos indicou que o tratamento térmico afetou o aroma e sabor natural, que reduziram conforme aumentava o tempo de retenção da pasteurização (DELLA TORRE et al., 2003). A avaliação do perfil de aroma e sabor do suco de laranja recém extraído e estocado a -20 °C, do suco pasteurizado estocado a 4 °C e do suco processado sob alta pressão estocado a 4 e 10 °C, mostrou que os sucos apresentaram características semelhantes durante 12 semanas. O tratamento sob alta pressão permitiu que o suco se mantivesse estável durante o período estudado, mesmo armazenado a 10 °C (BAXTER et al.; 2005). O suco de laranja pasteurizado e estocado sob refrigeração conservou suas características e apresentou período de vida de prateleira de 26 dias, após o qual teve aumento significativo ($p \leq 0.05$) de aroma e sabor fermentado e redução de aroma e sabor natural, quando comparado ao início da estocagem, o que mostra a influência da estocagem sobre o perfil sensorial (TRIBESS et al., 2009). A técnica de *Spectrum* foi utilizada para avaliar a qualidade de sucos de laranja comerciais da Tailândia. Os descritores frutal/floral, característico de suco de laranja, gorduroso/metálico/verde e cozido/processado foram fortemente associados à qualidade do sabor e o emprego da técnica de cromatografia gasosa-olfatometria mostrou os compostos sulfurados (4-mercapto-4-metil-2-pentanona, p-meteno-8-tiol, 2-metil-3-furanotiol e 4-mercapto-4-metil-2-pentanol) como os mais importantes na discriminação dos sucos (ELSTON et al., 2006). O efeito da adição de diferentes aromas cítricos no suco de laranja revelou maior preferência dos consumidores pelo suco de laranja pronto para beber adicionado de aroma contendo frações de óleo essencial (ALMEIDA, 2006). A análise descritiva quantitativa, a aceitação e o mapa de preferência externo de sucos de laranja comerciais do Brasil (reconstituídos do FCOJ, sucos pasteurizado e néctares de laranja) mostrou que a maioria (86%) dos consumidores preferiu o suco de laranja com maior nota de sabor doce e cor amarela, que apresentaram maior *ratio* e menor acidez, enquanto que o suco com maior intensidade de amargo e adstringência, com menor *ratio* e maior acidez, foi o menos preferido (FRATA et al., 2006).

O Brasil não dispõe de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para FCOJ, já que este suco praticamente não é comercializado no país. A legislação brasileira apenas estabelece PIQ

para suco de laranja industrializado, de acordo com a Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que define suco de laranja como a “bebida não fermentada e não diluída, obtida da parte comestível da laranja (*Citrus sinensis*) através de processo tecnológico adequado”, e estabelece teores mínimos de sólidos solúveis, ácido ascórbico e *ratio*, de 10,5 °Brix, 25,0 mg/100g e 7,0 g/100g de ácido cítrico anidro, respectivamente, e teores máximos para açúcares totais de 13,0 g/100g e de óleo essencial de 0,035% (BRASIL, 2000). O PIQ do suco de laranja deve ser usado como parâmetro para a análise físico-química e controle de qualidade do suco. Vários trabalhos realizados no Brasil relatam as características físico-químicas do suco de laranja. A influência de diferentes configurações de extração sobre a qualidade do suco de laranja, em seis períodos da safra da laranja da variedade Pêra-Rio, mostrou que o teor de sólidos solúveis, acidez total titulável e *ratio* não foram afetados pelas diferentes configurações de extração, e o suco obtido estava de acordo com o PIQ estabelecido pela legislação brasileira. Uma das configurações, que visava aliar o máximo de rendimento de suco à qualidade sensorial, apresentou rendimento semelhante à configuração que é utilizada normalmente pela indústria para a produção de suco concentrado. Ainda, o suco obtido por tal configuração de extração não apresentou diferença do suco das duas configurações utilizadas como referência de qualidade em relação ao sabor doce, ácido, cozido e amargo, e apresentou média inferior para cor (MACFADEM, 2004). O suco de laranja pasteurizado e estocado sob condições normais e sob refrigeração apresentou, respectivamente, teor de sólidos solúveis entre 11,4 e 12,7 e entre 12,1 e 12,6 °Brix, *ratio* entre 16,0 e 19,1 e entre 15,2 e 19,3, e acidez entre 0,64 e 0,77 e entre 0,63 e 0,80 g ácido cítrico/100mL (TRIBESS et al., 2009), em conformidade com a legislação brasileira. O suco de laranjas armazenadas sob refrigeração por oito semanas não apresentou redução no teor de ácido ascórbico, diferente do suco de laranja recém-extraído e estocado sob refrigeração, o que pode estar associado ao fato do conteúdo interno das laranjas não estar em contato com a atmosfera, evitando assim a perda de ácido ascórbico por oxidação (ALVES et al., 2008). O suco das etapas de extração, filtração, concentração, mistura e resfriamento do processamento do FCOJ, coletado uma vez por semana durante cinco semanas, apresentou valores de acidez entre 0,65 e 1,21 g ácido cítrico/100 mL, *ratio* entre 9,91 e 16,56, pH entre 3,55 e 3,99, açúcares redutores entre 2,31 e 4,82 g glicose/100mL, açúcares totais entre 4,87 e 9,14 g glicose/100mL e valores de ácido ascórbico entre 31,45 e 47,44 mg/100mL (MACHADO, 2010). A análise físico-química de néctares e sucos de laranja prontos para beber de 10 marcas comerciais mostrou sólidos solúveis entre 11,5 e 13,5 °Brix, acidez total titulável entre 0,42 e 0,71 g ácido cítrico/100mL, *ratio* entre 19,9 e 27,5 para sucos e 17,1 e 35,2 para néctares, açúcares totais entre 9,5 a 16,5 g glicose/100mL e ácido ascórbico entre 8,2 e 57 mg/100mL para sucos e 14,6 e 67,2 mg/100mL para néctares (STELLA et al., 2011).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processamento do suco de laranja, as características físico-químicas e sensoriais do suco podem sofrer alterações, que alteram a sua qualidade.

O tratamento térmico é fundamental para a produção do FCOJ, pois o calor é capaz de inativar enzimas que comprometem a estabilidade do suco, enquanto que a redução da atividade de água inibe o desenvolvimento de microrganismos, estendendo a vida de prateleira do suco, e reduz custos de armazenamento e transporte pela redução do volume. No entanto, a concentração provoca alterações sensoriais no suco, perda da vitamina C e arrasta compostos voláteis importantes para o sabor, que são apenas parcialmente repostos na etapa de mistura. Na estocagem prolongada ocorre perda acentuada de vitamina C e formação de furfural, que podem comprometer a qualidade do suco.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. P. F.; SANTOS, J. V.; NEVES, L. B.; SEREIA, M. J. Estabilidade do ácido ascórbico em suco de laranja (*Citrus sinensis*) *in natura*, em suco refrigerado e em preparados quentes. **Rev. Bras. Tecnol. Agroind.**, v. 2, n. 1, p. 14-21, 2008.

CITRUSBR: Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos, 2011. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com.br>>. Acesso em 11 junho 2011.

ALMEIDA, S. B. **Efeito de diferentes aromas cítricos sobre a qualidade e estabilidade sensoriais de suco de laranja pronto para beber**. 2006. Tese de Doutorado (Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BAXTER, I. A.; EASTON, K.; SCHNEEBELI, K.; WHITFIELD, F. B. High pressure processing of Australian navel orange juices: Sensory analysis and volatile flavor profiling. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 6, 2005. p. 372-387.

BETTINI, M. F. M. Diretora da empresa Flavor Tec - Aromas de Frutas Ltda. Pindorama – SP. Comunicação pessoal.

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.

DARROS-BARBOSA, R. Processamento industrial da laranja. In: KOLLER, O. C. (Org.) **Citricultura: 1. Laranja: Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Industrialização e Comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora Ltda, 2006. p. 333-363.

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. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 23, p.105-111, 2003.

DRAGONE, D. S. **Formas de organização da produção e decisões de terceirização na citricultura**. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2003.

ELSTON, A.; SIMS, C.; MAHATTANATAWEE, K.; ROUSEFF, R. Determination of commercial orange juice quality factors using descriptive and GCO analyses. In: BREDIE, W.L.P.; PETERSEN, M.A. **Flavour Science: Recent Advances and Trends**. Elsevier Science, p. 541-544, 2006.

FRATA, M. T. **Análise descritiva quantitativa e mapa de preferência externo de suco de laranja**. 2003. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2003.

MACFADEM, H. H. L. A. **Avaliação da qualidade sensorial e físico-química de suco de laranja sob diferentes condições de extração**. 2004. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004.

MACHADO, T. V.; MONTEIRO, M. **Avaliação sensorial e físico-química do suco de laranja proveniente das etapas do processamento do suco concentrado**. 2010. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

QUEIROZ, C. E.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) **Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. p. 243-267.

SHAW, P. E.; NAGY, S.; ROUSEFF, R. L. The Shelf Life of Citrus Products. In: CHARALAMBOUS, G. (Coord.) **Shelf life studies of foods and beverages**. Holanda: Elsevier Science, 1993. p. 755–778.

STELLA, S. P.; FERRAREZI, A. P.; SANTOS, K. O.; MONTEIRO, M. Antioxidant Activity of Commercial Ready-to-Drink Orange Juice and Nectar. **J. Food Sci.** 76, p. 392–397, 2011.

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

TEIXEIRA, M. P; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.17, n.2, p.219-227, abr./jun. 2006.

TRIBESS, T. B.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M.; TADINI, C. C. The effect of refrigerated storage on sensory profile and physical-chemical characteristics of minimally pasteurized orange juice. **J. Food Process. Pres.** 33, p. 264–280, 2009.

Capítulo 2

DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA
DO SUCO DE LARANJA DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DO FCOJ

Desenvolvimento da análise descritiva quantitativa do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ

Hitty-Ko Kamimura; Raíssa Bitar Mastello; Natália Soares Janzantti; Magali Monteiro

Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP. Rodovia Araraquara-Jaú, Km 01, CP. 502, Araraquara, SP, 14801-092.

RESUMO

Para a análise descritiva quantitativa foram recrutados 25 julgadores, que gostavam no mínimo moderadamente e consumiam suco de laranja no mínimo uma vez por semana. O julgador era selecionado quando apresentava no mínimo 80% de acertos no teste de reconhecimento de gostos básicos, 60% de acertos no teste de reconhecimento de odores e número de acertos suficientes no teste triangular de diferença para atingir a região de aceitação na análise sequencial de Wald. Foram pré-selecionados 16 julgadores. O levantamento da terminologia descritiva foi realizado de acordo com o método de rede de Kelly, sendo gerados 21 descritores para caracterizar a aparência, o aroma, o sabor e a textura do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ. A seleção foi realizada com base na concordância da equipe e no coeficiente de correlação entre a média de cada julgador e a média da equipe para cada descritor, no coeficiente de correlação entre as médias dos julgadores, e na capacidade de discriminação ($pF_{amostra} \leq 0,50$) e repetibilidade ($pF_{repetição} > 0,05$) dos julgadores em no mínimo 70% dos descritores. Foram selecionados 12 julgadores dentre os 25 recrutados.

Palavras-chave: suco de laranja, análise descritiva quantitativa, etapas do processamento do FCOJ, análise sensorial.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de FCOJ. Em 2008, o país exportou cerca 780 mil toneladas de FCOJ, passando a exportar 574,78 mil ton em 2009, cerca de 440 mil ton em 2010 e, 192 mil ton até fevereiro de 2011. A produção de FCOJ sofreu redução de 2009 para 2010, enquanto que a de NFC (*not from concentrated*) aumentou de 930 para 960 mil toneladas (CITRUSBR, 2011). Esse comportamento está provavelmente relacionado ao aroma e sabor do NFC, mais próximo ao do suco recém-extraído.

Em 2009 os Estados Unidos da América e o Canadá consumiram 17% do total de FCOJ no Brasil, enquanto que a União Européia consumiu 71% (CITRUSBR, 2011). O consumo de suco processado no Brasil ainda é pequeno, principalmente devido a facilidade de comprar a fruta a baixo preço, em qualquer época do ano. Isso torna o consumidor brasileiro mais exigente em relação ao aroma e sabor natural e característico do suco de laranja.

Alterações drásticas no perfil sensorial e na composição de voláteis, que ocorrem durante o processamento do FCOJ, afetam o aroma e o sabor do suco. Essas alterações podem levar a perda do sabor natural e característico do suco e influencia o perfil sensorial. Diversos estudos reportaram que o tratamento térmico e as condições de estocagem são de grande importância para a qualidade e estabilidade do suco de laranja (SHAW et al., 1993; PETERSEN et al., 1998; POLYDERA et al., 2005; ELSTON et al., 2006; TEIXEIRA e MONTEIRO, 2006; QUEIROZ e MENEZES, 2010).

A análise sensorial é empregada para avaliar as características de um produto utilizando os órgãos dos sentidos humanos e é utilizada no cotidiano das pessoas de forma inconsciente, como por exemplo, ao evitar um alimento que não reúne os atributos sensoriais desejados ou na escolha entre dois produtos de marcas diferentes. O uso dessa ferramenta em alimentos permite desde detectar falhas na linha de produção, verificar as alterações causadas por determinado processo ou ingrediente, auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, identificar as características responsáveis pela aceitação de um produto e até correlacionar com medidas químicas, físicas ou instrumentais (PEDRERO e PANGBORN, 1997; MEILGAARD, 2010).

Vários trabalhos descritos na literatura relatam a influência das condições de processamento e estocagem na qualidade do suco de laranja. O perfil sensorial do suco de laranja pasteurizado em nove diferentes condições indicou que o tratamento térmico afetou o aroma e sabor natural do suco conforme aumentava o tempo de retenção da pasteurização (DELLA TORRE et al., 2003). A avaliação do perfil de aroma e sabor do suco de laranja recém extraído e estocado a -20 °C, suco pasteurizado estocado a 4 °C e suco processado sob alta pressão estocado a 4 e 10 °C mostrou que os sucos foram semelhantes durante 12 semanas (BAXTER et al., 2005). O suco de laranja pasteurizado e estocado sob refrigeração conservou suas características e apresentou período de vida de prateleira de 26 dias, após o qual teve um aumento significativo ($p \leq 0.05$) de aroma e sabor fermentado e redução de aroma e sabor natural, quando comparado ao início da estocagem (TRIBESS et al., 2009). A técnica de Spectrum foi

utilizada para avaliar a qualidade de sucos de laranja comerciais da Tailândia. Os descritores frutal/floral, característico de suco de laranja, gorduroso/metálico/verde e cozido/processado foram fortemente associados à qualidade do sabor (ELSTON et al., 2006). A análise descritiva foi usada para desenvolver um vocabulário de sabor que descrevesse o suco de laranja recém-extraído e o suco de laranja comercial dos Estados Unidos da América e Espanha. Os julgadores norte americanos e espanhóis geraram 25 e 27 descritores, respectivamente, sendo o odor e aroma cítrico, doce, frutal, grama e floral, gosto doce e ácido, e sensações de queimação e polpa (textura) os principais descritores em ambos os casos (PÉREZ-CACHO et al., 2008). O efeito da adição de diferentes aromas cítricos na qualidade do suco de laranja revelou maior preferência dos consumidores pelo suco de laranja pronto para beber adicionado de aroma contendo frações de óleo essencial (ALMEIDA, 2006). A análise descritiva quantitativa, a aceitação e o mapa de preferência externo de sucos de laranja comerciais do Brasil (reconstituídos do FCOJ, sucos pasteurizado e néctares de laranja) mostrou que a maioria (86%) dos consumidores preferiu o suco de laranja com maior nota de sabor doce e cor amarela, enquanto que o suco com maior intensidade de acidez, amargo e adstringência, com correlação negativa com doçura, foi o menos preferido (FRATA et al., 2006).

O objetivo desse trabalho foi desenvolver a análise descritiva quantitativa para avaliar o suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ. Para tanto, uma equipe de julgadores foi recrutada, treinada e selecionada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

1. Material

Foi utilizado suco de laranja da variedade Pêra Rio, fornecido por uma indústria citrícola da região de Araraquara, SP. O suco foi coletado em cinco etapas do processamento do FCOJ.

1.1. Obtenção do suco

Foram coletados 3 L de suco de laranja proveniente das etapas de extração, filtração e concentração, e 1 Kg do suco das etapas de mistura e resfriamento. Com objetivo de abranger o processamento industrial da laranja, com predomínio da variedade Pêra Rio, foram realizadas cinco coletas, uma por semana.

O suco foi coletado durante o processamento de forma que, em cada etapa, o suco obtido fosse proveniente da mesma carga de laranjas. O suco coletado foi então transportado ao Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Alimentos e Nutrição-DAN da Faculdade de Ciências Farmacêuticas-FCF/UNESP, Araraquara, SP. O suco proveniente das etapas de concentração, mistura e resfriamento foram reconstituídos com água até 11,8 °Brix (USDA, 1983).

2. Métodos

2.1. Análise Descritiva Quantitativa

A análise descritiva quantitativa (ADQ) foi empregada segundo a metodologia descrita por STONE et al, 1974.

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do DAN, FCF/UNESP.

O projeto foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/UNESP, tendo sido considerado aprovado (ANEXO I) por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e somente foi colocado em prática após explicação detalhada do seu desenvolvimento e mediante declaração de consentimento assinada pelos participantes (APÊNDICE I).

2.1.1. Recrutamento

Os candidatos foram recrutados entre os alunos de graduação e de pós-graduação da FCF/UNESP. Para tanto, foi utilizado questionário sobre dados sócio-demográficos, experiência anterior em análise sensorial, restrições alimentares, tempo de permanência na instituição de ensino, disponibilidade, interesse em participar dos testes, e quanto os julgadores gostavam ou desgostavam e a frequência de consumo de suco de laranja (Figura 1). O critério adotado para o recrutamento dos julgadores foi gostar no mínimo moderadamente e consumir suco de laranja pelo menos uma vez por semana.

2.1.2. Pré-seleção da equipe

Foram realizados testes de reconhecimento de gostos básicos e de odores (MEILGARD et al, 1999), e testes triangulares de diferença, empregando a análise sequencial de Wald, de acordo com AMERINE et al (1965).

2.1.2.1. Teste de reconhecimento de gostos básicos

Para o teste de reconhecimento de gostos básicos foram utilizadas soluções aquosas de cloreto de sódio 0,08% e 0,15% (m/v), cafeína 0,03% e 0,06% (m/v), ácido cítrico 0,02%, 0,03% e 0,04% (m/v), e sacarose 0,4% e 0,8% (m/v) (MEILGARD et al, 2010). Os julgadores receberam 20 mL de cada solução e de água em copos plásticos descartáveis codificados com números de três dígitos, apresentados em ordem aleatória (MACFIE et al, 1989). Os julgadores foram instruídos a provar, da esquerda para direita, e identificar o gosto percebido em cada solução, de acordo com a ficha apresentada na Figura 2. O critério adotado foi que o julgador deveria apresentar no mínimo 80% de acertos (MEILGARD et al, 2010).

2.1.2.2. Teste de reconhecimento de odores

Após a etapa de reconhecimento de gostos básicos, os julgadores pré-selecionados foram submetidos ao teste de reconhecimento de odores, utilizando amostras de essência de limão, de eucalipto, de laranja e de baunilha, gelatina em pó sabor tangerina, chá de erva-doce e de hortelã, grama e vinho tinto. As amostras foram colocadas em canecas de porcelana preta de 300 mL,

cobertas com papel alumínio contendo pequenas perfurações e com vidro de relógio. Os julgadores receberam as canecas codificadas com números aleatórios de três dígitos, foram instruídos a remover o vidro de relógio próximo ao nariz, aspirar e identificar e/ou descrever o conteúdo de cada caneca (Figura 3). Nesse teste, quando o julgador identificasse corretamente o odor, recebia 3 pontos, se descrevesse odor similar, 2 pontos, caso citasse um adjetivo relacionado ao odor, 1 ponto, e a falta de identificação ou descrição incorreta, 0 ponto, perfazendo um total de 27 pontos. O critério adotado foi um mínimo de 60% da pontuação máxima (MEILGARD, 2010).

Faculdade De Ciências Farmacêuticas - UNESP
Recrutamento de julgadores para Análise Sensorial de Suco de Laranja Concentrado

O preenchimento deste questionário é essencial para o recrutamento de candidatos que farão parte de uma **equipe de análise sensorial** que avaliará as características sensoriais do **Suco de Laranja Concentrado**. Os testes serão realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, em datas e horários previamente agendados com os julgadores. Se você tem interesse em participar desta equipe, por favor, preencha o questionário com todas as informações solicitadas.

Dados pessoais
 Nome: _____
 Idade ____ anos Sexo (F) (M) _____
 Aluno (S) (N) Graduação: Curso _____ Ano ____ Sala ____
 Aluno (S) (N) Pós-Graduação: Curso _____ Mestrado () Doutorado ()
 Funcionário (S) (N) Departamento: _____ Outra situação: _____
 Contato: Tel: _____ Celular: _____ e-mail: _____
 Experiência anterior em Análise Sensorial de Alimentos (S) (N) Qual: _____
 Você pretende permanecer na Unesp até Dezembro de 2010 (S) (N) _____
 Você tem alguma restrição alimentar (S) (N) _____
 Você faz uso de alguma medicação (S) (N) _____

Marque abaixo as suas disponibilidades, indicando o período no qual você poderá participar:

	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira
MANHÃ					
TARDE					
NOITE					

Utilizando a escala abaixo, indique o quanto você gosta de suco de laranja:

(9) Gosto extremamente
 (8) Gosto muito
 (7) Gosto moderadamente
 (6) Gosto ligeiramente
 (5) Nem gosto/ nem desgosto
 (4) Desgosto ligeiramente
 (3) Desgosto moderadamente
 (2) Desgosto muito
 (1) Desgosto extremamente

Utilizando a escala abaixo, indique com que frequência você consome suco de laranja:

(4) 5 vezes por semana ou mais
 (3) 3 vezes por semana
 (2) 1 vez por semana
 (1) 1 vez por mês
 (0) Não consome

Você gostaria de fazer algum comentário (S) (N) _____

Figura 1. Questionário utilizado para o recrutamento dos julgadores.

Nome: _____ Data ____/____/____

Por favor, prove cada amostra codificada e identifique com um "X" o gosto percebido: doce, salgado, ácido (azedo) ou amargo. Se você não perceber nenhum gosto (água pura) ou perceber outra sensação, marque um "X" em outros. Enxágüe a boca com água e/ou mastigue um pedaço de bolacha entre uma amostra e outra.

Código amostra	Doce	Ácido	Salgado	Amargo	Outros

Comentários: _____

Figura 2. Ficha de reconhecimento de gostos básicos utilizada pelos julgadores na etapa de pré-seleção.

Nome: _____ Data ____/____/____

Por favor, leve cada caneca codificada próxima ao nariz e cuidadosamente retire o vidro de relógio, aspirando em seguida o odor ali presente. Identifique ou descreva da melhor forma possível o odor percebido, na tabela abaixo.

Código amostra	Descrição de odor

Comentários: _____

Figura 3. Ficha de reconhecimento de odores, utilizada pelos julgadores na etapa de pré-seleção.

2.1.2.3. Análise sequencial de Wald

Para a análise sequencial de Wald (AMERINE et al, 1965) foram empregados testes triangulares utilizando suco de laranja pronto para beber de uma marca comercial (Sufresh, Caçapava, SP). Foram servidas duas amostras de suco, uma delas contendo 0,8% (v/v) de D-limoneno (Sigma-Aldrich, Steinheim, DE). Os julgadores receberam 20 mL de amostra de suco de laranja em copos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos. Foi solicitado que o julgador provasse as amostras e circulasse aquela diferente (Figura 4).

Na análise sequencial foram adotados os valores $p_0=0,3$ (máxima inabilidade aceitável), $p_1=0,60$ (mínima habilidade aceitável), e os riscos $\alpha=0,05$ (probabilidade de aceitar um candidato sem acuidade sensorial) e $\beta=0,05$ (probabilidade de aceitar um candidato com acuidade sensorial), para a construção do gráfico, que indica o número de acertos necessários à pré-seleção dos julgadores (Figura 5).

Nome: _____	Data: ____ / ____ / ____
Você está recebendo 3 amostras codificadas de SUCO DE LARANJA. Duas são iguais e uma é diferente. Prove as amostras, da esquerda para a direita, e circule o código da amostra diferente.	
Comentários: _____	

Figura 4. Ficha utilizada para o teste de diferença, na análise sequencial de Wald.

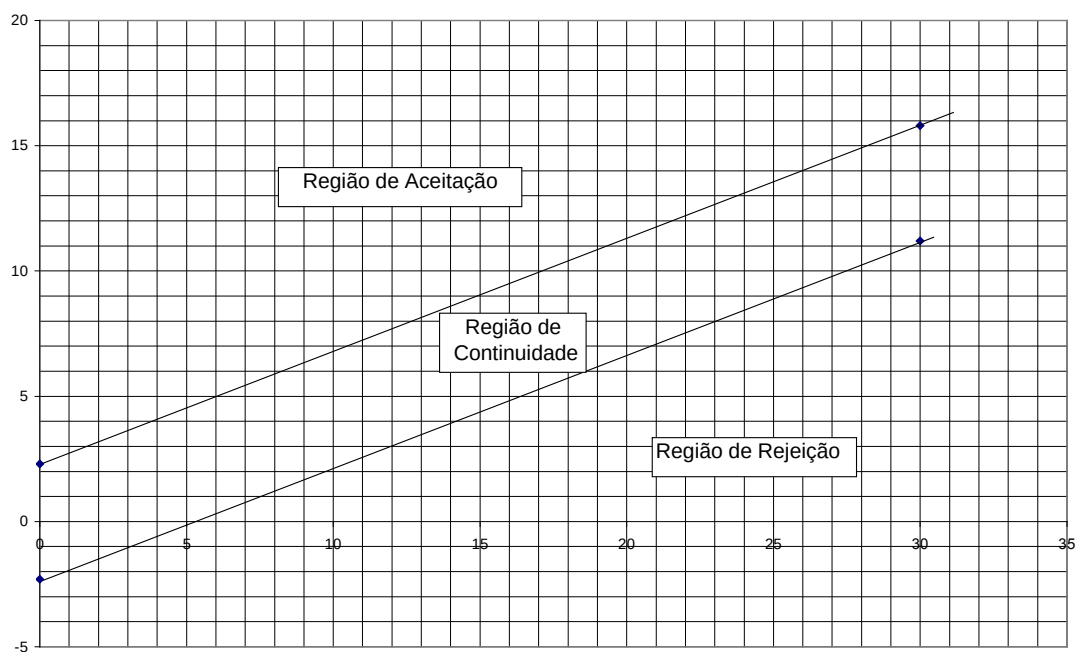


Figura 5. Gráfico utilizado na análise sequencial de Wald.

2.1.3. Levantamento da terminologia descritiva e treinamento da equipe sensorial

Para o levantamento da terminologia descritiva foi utilizado o método de rede de Kelly (*Kelly's repertory grid method*), descrito por MOSKOWITZ (1983). Os julgadores avaliaram o suco das seguintes etapas do processamento do FCOJ: extração, filtração, concentração (1º estágio do evaporador), concentração (4º estágio do evaporador), mistura e resfriamento.

O suco das diferentes etapas foi apresentado aos pares, em taças de vidro transparente cobertas com vidro de relógio e codificadas com números aleatórios de três dígitos. Foi solicitado aos julgadores que listassem similaridades e diferenças em relação à aparência, sabor, aroma e textura (Figura 6). A avaliação foi realizada em cabinas individuais iluminadas com luz branca.

Posteriormente, os termos gerados pelos julgadores foram listados e, de forma consensual, sob a supervisão do líder, os termos similares foram agrupados, e aqueles de frequência mais elevada e mais representativos de cada grupo foram selecionados para descrever o suco das diferentes etapas do processamento do FCOJ. Também foram definidos os descritores e estabelecidas as referências.

Com os descritores selecionados foi elaborada a ficha de avaliação, contendo escala não estruturada de 9 cm, ancorada nas extremidades com termos de intensidade (fraco e nenhum à esquerda, forte e muito à direita) e realizado o treinamento da equipe sensorial, empregando o suco de laranja recém-extraído, da etapa de mistura e resfriamento. Durante o treinamento os julgadores avaliaram o suco e as referências repetidas vezes, com o objetivo de ajustar as referências às definições dos descritores e à escala. O treinamento foi realizado em 11 seções.

Nome _____ Data _____		
Por favor, avalie as amostras de SUCO DE LARANJA e descreva suas similaridades e diferenças, quanto à APARÊNCIA, AROMA, SABOR E TEXTURA .		
Amostras	_____ e _____	
	APARÊNCIA	
	similaridades	diferenças
	AROMA	
	similaridades	diferenças
	SABOR	
	similaridades	diferenças
	TEXTURA	
	similaridades	diferenças

Figura 6. Ficha utilizada para levantamento dos termos descritores, usando o método de rede de Kelly (MOSKOWITZ, 1983).

2.1.4. Seleção da equipe sensorial

Após o treinamento foi realizada a seleção da equipe sensorial. Os julgadores avaliaram o suco de laranja proveniente das etapas de extração, concentração e resfriamento, em triplicata. O suco (20 mL) foi servido em taças de vidro transparente, cobertas com vidro de relógio e codificadas com números aleatórios de três dígitos. O suco foi apresentado de forma monádica. A avaliação sensorial foi conduzida em cabinas individuais iluminadas com luz branca. Os critérios adotados para a seleção dos julgadores foram $pF_{amostra} \leq 0,50$ e $pF_{repetição} \geq 0,05$ (STONE et al, 1974) para 70% dos descritores, e a concordância entre a média de cada descritor para cada julgador e a equipe sensorial.

2.1.5. Avaliação do suco das etapas do processamento do FCOJ

Após a seleção dos julgadores foi realizada a avaliação do suco proveniente das etapas de extração, filtração, concentração, mistura e resfriamento, em triplicata. O suco (20 mL) foi servido em taças de vidro transparente, cobertas com vidro de relógio e codificadas com números aleatórios de três dígitos, sendo apresentado de forma monádica. A avaliação sensorial foi conduzida em cabinas individuais iluminadas com luz branca. A ficha de avaliação, previamente elaborada, foi utilizada.

2.1.6. Análise de dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey utilizando o programa SAS® ("Statistical Analytical System"), versão 6.12. A ANOVA de dois fatores (amostra e repetição) foi empregada para a seleção dos julgadores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ADQ tem como objetivo identificar e quantificar as características sensoriais de um produto, gerando termos que o descrevem. Inicialmente na ADQ, candidatos usualmente são recrutados através de entrevista e/ou questionário, e ainda segundo o interesse e disponibilidade. Com o objetivo de descartar os candidatos com baixa acuidade sensorial e baixa capacidade discriminatória, emprega-se testes discriminativos para a pré-seleção dos julgadores, como o teste triangular, duo-trio e de ordenação, dependendo das características do produto e dos objetivos desejados. Os julgadores pré-selecionados realizam o levantamento dos termos que melhor descrevem as similaridades e diferenças do produto a ser analisado. Em seguida, com o consenso da equipe, os sinônimos para os mesmos termos são transformados em descritores eleitos pela equipe para a caracterização do produto. A equipe sensorial também sugere referências e a definição dos descritores. A ficha de avaliação, elaborada com os descritores, utiliza escala não estruturada com extremos de intensidade. Durante o treinamento, os julgadores são orientados a usar a ficha enquanto desenvolvem sensibilidade e habilidade discriminativa (DAMASIO e COSTELL, 1991; PEDRERO e PANGBORN, 1997). Durante o treinamento os

juízes devem se tornar capazes de reconhecer diferenças, descrever e mensurar características sensoriais e reproduzir resultados para que se obtenha dados confiáveis. Os juízes são selecionados com base na capacidade de discriminação, repetibilidade e concordância com a equipe (DAMASIO e COSTELL, 1991). Finalmente, juízes treinados e selecionados realizam a avaliação do produto em repetições, usando a ficha previamente desenvolvida e os resultados são submetidos à análise estatística (PEDRERO e PANGBORN, 1997).

3.1 Recrutamento e pré-seleção da equipe

Inicialmente foram recrutados 25 juízes (10 mulheres, 2 homens, idades entre 18 a 30 anos) com base no interesse e disponibilidade em participar da ADQ, que gostavam no mínimo moderadamente de suco de laranja e com frequência de consumo de no mínimo uma vez por semana.

Após os testes de reconhecimento de gostos básicos, reconhecimento de odores e análise sequencial de Wald, foram pré-selecionados 16 juízes.

3.2 Levantamento da terminologia descritiva e treinamento

O levantamento da terminologia descritiva usando o método de rede de Kelly foi realizado com os juízes pré-selecionados. Os termos citados pelos juízes em relação aos atributos aparência, aroma, sabor e textura foram reunidos em uma lista. A seguir, em reunião com os juízes e sob a supervisão de dois líderes, a lista foi discutida com a equipe sensorial, e de forma consensual, os termos mais importantes e mais frequentes foram selecionados para descrever o suco das diferentes etapas do processamento do FCOJ. As discussões são necessárias para adequar conceitos individuais aos da equipe.

Em sessões subsequentes a equipe sensorial estabeleceu as definições dos descritores e fez sugestões sobre suas respectivas referências até que fosse obtido o consenso (Tabela 1). Após essa etapa, a ficha de avaliação (Figura 7) contendo escala não estruturada de 9 cm, ancorada nas extremidades com termos de intensidade (fraco e nenhum à esquerda, forte e muito à direita) foi elaborada a partir dos 21 descritores gerados.

Durante o treinamento, foram servidas as referências para os extremos de cada descritor, e o suco de laranja das etapas de extração, mistura e resfriamento em taças de vidro codificadas com números de três dígitos. Os juízes foram, então, instruídos a avaliar o suco, verificar se as referências propostas estavam adequadas e incentivados a verbalizar possíveis dúvidas quanto às definições ou dificuldades em relação à percepção dos descritores.

Na sessão de treinamento, os juízes concordaram que algumas referências não estavam adequadas, visto que o suco de algumas etapas do processamento do FCOJ estava além dos extremos propostos ou que não representava o descritor. Portanto, algumas alterações foram realizadas.

Tabela 1. Definições e referências dos descritores.

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO	
APARÊNCIA		
Cor Amarela	cor amarela característica de suco de laranja.	Fraca: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 4 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ reconstituído a 20 °Brix com água ² .
Tom Esverdeado	variação da cor amarela para verde.	Nenhum: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 20 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 2 °Brix com água ² .
Gomos	partículas sólidas (vesículas ou "saquinhos" de suco) perceptíveis visualmente.	Nenhum: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 5 °Brix com água ² . Muito: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 15 °Brix com água ² , contendo 30% (m/m) de gomos ³ .
Viscosidade	aderência do suco de laranja na taça.	Fraca: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 2 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 20 °Brix com água ² .
Turbidez	passagem da luz através do suco de laranja em taça de cristal lisa, observada com luz artificial.	Fraca: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 2 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 20 °Brix com água ² .
AROMA		
Natural	aroma característico de suco de laranja.	Nenhum: Água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 0,1% (v/v) de D-limoneno.
Cítrico	aroma cítrico característico de suco de laranja.	Fraca: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 2 °Brix com água ² , contendo 5% (v/v) de suco de limão Tahiti, recém extraído, isento de gomos ⁴ . Forte: Suco de laranja concentrado (66 °Brix), sem aroma ¹ , reconstituído a 2 °Brix com água ² , contendo 30% (v/v) de suco de limão Tahiti, recém extraído, isento de gomos ⁴ .
Doce	aroma doce de suco de laranja madura.	Fraca: Suco de laranja Lima madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , diluído a 2 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja Lima madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ .
Passado	aroma característico de laranja passada, velha, que começa a apodrecer (senescência).	Nenhum: Água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio passada, recém extraído, isento de gomos ⁴ .
Óleo	aroma de óleo essencial da casca da laranja.	Nenhum: Água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 2% (v/v) de D-limoneno.
Cozido	aroma cozido de suco de laranja submetido a tratamento térmico.	Nenhum: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído isento de gomos ⁴ , diluído a 5 °Brix com água ² . Forte: 400mL de suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , quecidos a 400°C em chapa aquecedora por 40 minutos.
SABOR		
Natural	sabor de suco de laranja recém-extraído.	Nenhum: Água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ .
Cítrico	sabor característico de suco de laranja.	Fraca: Suco de laranja Lima madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 30% (v/v) de suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 5% (v/v) de suco de limão Tahiti, recém extraído, isento de gomos ⁴ .
Ácido	gosto ácido de laranja.	Fraca: Suco de laranja Lima madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 0,5% (m/v) de ácido cítrico.
Doce	gosto doce de laranja madura.	Fraca: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , diluído a 4 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , diluído a 4 °Brix com água ² , contendo 5% (m/m) de sacarose.
Amargo	gosto amargo do suco de laranja.	Fraca: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , diluído a 5 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 0,10% (m/m) de cafeína.
Passado	sabor de suco de laranja passada, velha, que começa a apodrecer (senescência).	Nenhum: Água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio passada, recém extraído, isento de gomos ⁴ .
Óleo	sabor relativo ao óleo essencial da casca da laranja.	Fraca: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , diluído a 5 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , contendo 2% (v/v) de D-limoneno.
Cozido	sabor de suco de laranja tratado termicamente.	Nenhum: Suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , diluído a 5 °Brix com água ² . Forte: 400mL de suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, isento de gomos ⁴ , quecidos a 400°C em chapa aquecedora por 40 minutos.
TEXTURA		
Gomos	presença de partículas sólidas (vesículas ou "saquinhos" de suco) do suco de laranja na boca.	Nenhum: Suco de laranja concentrado (66 °Brix) sem aroma ¹ , reconstituído a 5 °Brix com água ² . Muito: Suco de laranja concentrado (66 °Brix) sem aroma ¹ , reconstituído a 15 °Brix com água ¹ , contendo 30% (m/m) de gomos ² .
Viscosidade	sensação de aderência do suco de laranja na boca.	Fraca: Suco de laranja concentrado (66 °Brix) sem aroma ¹ , reconstituído a 2 °Brix com água ² . Forte: Suco de laranja concentrado (66 °Brix) sem aroma ¹ , reconstituído a 20 °Brix com água ² .

¹ Suco concentrado (66°Brix) sem aroma obtido do resfriador de expansão (flash cooler) do evaporador;

² Água mineral, sem gás, com prazo de validade de 3 meses, em embalagem retornável de polipropileno, com capacidade de 20 litros, marca "Água Natural de Brotas";

³ Gomos retidos em peneira de malha 60 mesh, provenientes de suco de laranja pêra-rio madura, recém extraído;

⁴ Suco peneirado em peneira de malha 60 mesh.

Nome:_____ Data:_____ Amostra nº _____

Por favor, avalie a aparência, depois aspire e prove a amostra de SUCO DE LARANJA e assinale a intensidade de cada atributo, utilizando a escala correspondente.

Aparência

Cor Amarela	fraco	forte
Tom esverdeado	nenhum	forte
Gomos	nenhum	muito
Viscosidade	fraco	forte
Turbidez	fraco	forte

Aroma

Natural	nenhum	forte
Cítrico	fraco	forte
Doce	fraco	forte
Passado	nenhum	forte
Óleo	nenhum	forte
Cozido	nenhum	forte

Sabor

Natural	nenhum	forte
Cítrico	fraco	forte
Ácido	fraco	forte
Doce	fraco	forte
Amargo	fraco	forte
Passado	nenhum	forte
Óleo	fraco	forte
Cozido	nenhum	forte

Textura

Gomos	nenhum	muito
Viscosidade	fraco	forte

Comentários _____

Figura 7. Ficha de avaliação utilizada na ADQ do suco de laranja das diferentes etapas do processamento do FCOJ.

Na aparência, o extremo “fraco” do descritor *cor amarela* foi alterado. O suco de algumas etapas apresentava intensidade de *cor amarela* abaixo do “fraco” inicialmente proposto e passou-se a utilizar então o suco reconstituído a 4 °Brix ao invés de 5 °Brix. Em relação ao descritor *tom esverdeado*, os julgadores perceberam uma leve tonalidade esverdeada no suco reconstituído a 15 °Brix, proposto para o extremo “nenhum”, que teve o teor de sólidos solúveis alterado para 20 °Brix.

Quanto ao aroma, o extremo “forte” do descritor *natural* foi acrescentado de 0,1% (v/v) de D-limoneno, pois na percepção dos julgadores, a adição desse composto volátil tornava a referência mais representativa. O descritor *cítrico* teve a concentração de suco de limão Tahiti dos extremos “fraco” e “forte” alterados de 3% e 10% (v/v) para 5% e 30% (v/v), respectivamente, para que as intensidades das referências se adequassem ao suco. Quanto ao descritor *passado*, a referência para o extremo “nenhum”, inicialmente de suco de laranja Pêra Rio recém extraído e diluído a 5 °Brix, foi alterada para água, pois isso eliminaria a possibilidade de que um leve aroma passado fosse percebido, como aconteceu nas sessões iniciais de treinamento.

Em relação ao sabor, as referências iniciais do descritor *cítrico* foram alteradas. No extremo “fraco”, era utilizado o suco de laranja concentrado reconstituído a 2 °Brix com água contendo 3% (v/v) de suco de limão Tahiti, e no extremo “forte”, o mesmo suco reconstituído, contendo 3% (v/v) de suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído e isento de gomos. Segundo a equipe sensorial, essas referências não eram adequadas e geravam dificuldades para a sua percepção no suco das diferentes etapas do processamento do FCOJ, sendo então sugerido para o extremo “fraco” o suco de laranja Lima recém extraído, adicionado de 30% (v/v) de suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, e para o extremo “forte” o suco de laranja Pêra Rio madura, recém extraído, com 5% (v/v) de suco de limão Tahiti, para realçar o sabor cítrico. Dessa forma, o sabor cítrico característico de suco de laranja foi melhor representado, pois a laranja Lima apresentava menor intensidade do descritor em relação à laranja Pêra Rio. Ainda, houve necessidade de reduzir a intensidade dos extremos “forte” dos descritores de sabor *ácido* e *amargo*, pois estavam muito acima daqueles percebidos no suco. No descritor *ácido*, o teor de ácido cítrico foi alterado de 0,7% (m/v) para 0,5% (m/v), enquanto que no *amargo*, o teor de cafeína foi reduzido de 0,15% (m/m) para 0,10% (m/m).

Após a concordância da equipe sensorial em relação às definições e às referências para cada descritor (Tabela 1) foi iniciado o treinamento com o suco das etapas do processamento do FCOJ. Para avaliar o desempenho individual dos julgadores e verificar a existência de possíveis dúvidas foram realizadas sessões em cabinas individuais fechadas, iluminadas com luz branca, onde o suco foi servido de forma monádica, em taças de vidro codificadas com números aleatórios de três dígitos, em duas repetições. Nessas sessões os julgadores aprenderam a utilizar a ficha de avaliação e puderam consultar a Tabela 1 com as definições e referências para cada descritor e lhes foi permitido sair das cabinas a qualquer momento para consultar as referências.

Os resultados eram tabelados e as dificuldades de cada julgador registradas para que pudessem ser trabalhadas em treinamentos posteriores, individualmente. Alguns descritores, no entanto, ainda foram percebidos de maneira confusa por toda equipe. Na aparência, foi padronizada a forma como as taças seriam observadas na avaliação de todos os descritores, pois surgiram divergências de acordo com o ponto ou o ângulo de observação. Por exemplo, foi observado que a presença de gomos interferia na avaliação da *viscosidade* e *turbidez*. Em relação ao sabor, houve confusão entre os descritores *cítrico* e *ácido*, pois os julgadores tinham dificuldade em diferenciá-los nas primeiras sessões. Nesse caso, toda a equipe era reunida e os julgadores expunham suas opiniões, possibilitando uma troca de informações entre eles e contribuindo para a solução das discordâncias.

Para garantir que a equipe estivesse bem treinada e ajustar o uso da escala foram confeccionadas em cartolina escalas de 60 cm, com tamanho suficiente para que os julgadores pudessem distribuir suas taças ao longo da escala. Esse procedimento permitiu a visualização sobre como os julgadores avaliavam cada atributo, e que os que aqueles que estivessem em discordância com a maioria pudessem se ajustar.

3.3 Seleção da equipe sensorial

A seleção dos julgadores para a ADQ do suco proveniente das diferentes etapas do processamento do FCOJ foi baseada em três critérios: concordância da equipe, poder discriminativo e repetibilidade dos julgadores. A concordância da equipe foi avaliada pelo consenso entre a média de cada julgador em relação à equipe para cada descritor. Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 estão apresentados os gráficos das médias atribuídas pelos julgadores e pela equipe sensorial aos descritores para os atributos da aparência, aroma, sabor e textura do suco das etapas de extração, concentração e resfriamento.

Quanto à aparência, podemos observar que, em relação ao descritor *cor amarela*, o julgador 11 apresentou um comportamento discordante da equipe (Figura 8a). Quanto ao descritor *tom esverdeado*, a equipe mostrou aumento da intensidade no suco da etapa de concentração quando comparada à do suco da etapa de extração, e uma queda na intensidade no suco da etapa de resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 3 e 4 não estavam em concordância com os demais (Figura 8b). Quanto ao descritor *gomos*, observa-se que a maioria dos julgadores registrou redução na intensidade do suco da etapa de concentração comparativamente ao suco da etapa de extração, que foi mantida no suco da etapa de resfriamento. O julgador 3, no entanto, apresentou comportamento diferenciado ao descrever redução menos acentuada da intensidade no suco da etapa de concentração (Figura 8c). Quanto ao descritor *viscosidade*, o comportamento dos julgadores revelou diminuição da intensidade no suco da etapa de concentração quando comparada à do suco da etapa de extração, e aumento no suco da etapa de resfriamento, em relação ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 7 e 9 descreveram elevação da intensidade no suco da etapa de concentração. Os julgadores 3 e 7

apresentaram redução na intensidade no suco da etapa de resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de concentração (Figura 8d). Quanto ao descritor *turbidez*, a equipe mostrou leve aumento na intensidade para o suco da etapa de concentração, em relação ao suco da etapa de extração, sendo mantida a intensidade elevada no suco da etapa de resfriamento. Os julgadores 6 e 8 descreveram redução na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto de acordo com os julgadores 3, 4, 7 e 11, a redução foi acentuada para o suco do resfriamento (Figura 8e).

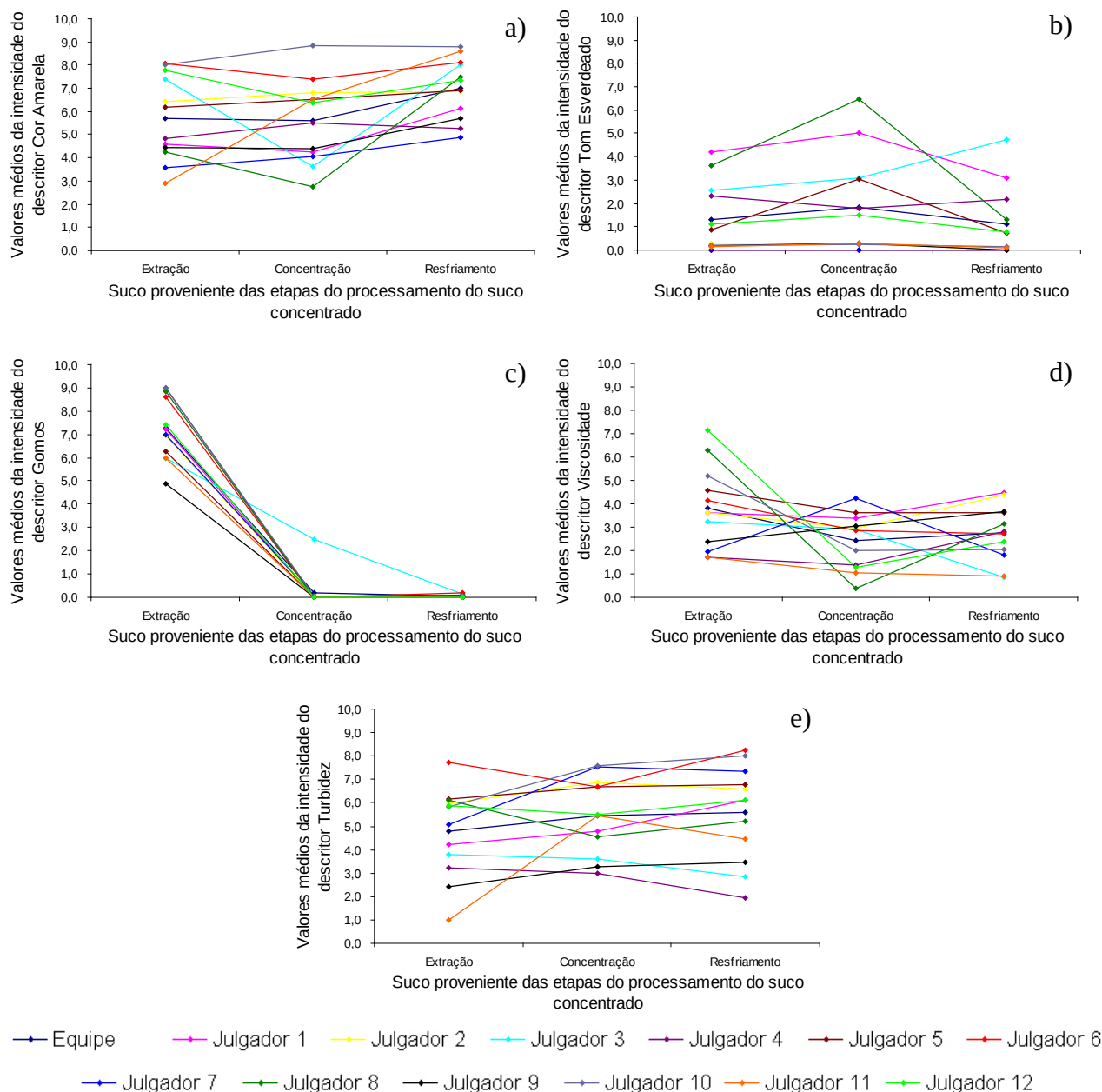
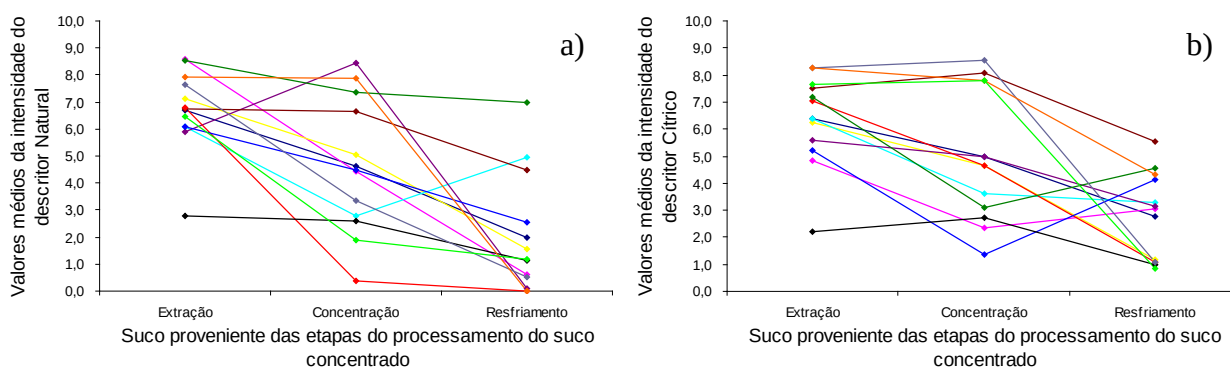


Figura 8. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores *cor amarela* (a), *tom esverdeado* (b), *gomos* (c), *viscosidade* (d) e *turbidez* (e), para o atributo aparência.

Em relação ao aroma, a equipe demonstrou diminuição na intensidade do descritor *natural* do suco da etapa de concentração e resfriamento, quando comparadas à do suco da etapa de extração. As menores intensidades foram atribuídas ao suco da etapa de resfriamento. O julgador 4 descreveu aumento acentuado na intensidade do suco da etapa de concentração e redução da

intensidade no suco do resfriamento, que foi similar à do julgador 11. Por outro lado, o julgador 3 descreveu elevação pronunciada na intensidade do suco do resfriamento quando comparada à do suco da etapa de concentração (Figura 9a). Quanto ao descritor *cítrico*, a equipe descreveu redução na intensidade do aroma do suco das etapas de concentração e resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de extração. Os julgadores 9, 10 e 12 descreveram aumento na intensidade do aroma cítrico do suco da etapa de concentração, enquanto os julgadores 1, 7 e 8 revelaram aumento da intensidade do suco da etapa de resfriamento (Figura 9b). Em relação ao descritor *doce*, a equipe mostrou um leve aumento da intensidade no suco da etapa de concentração, quando comparada à do suco da etapa de extração, e redução no suco da etapa de resfriamento, em relação ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 1, 2, 6 e 12 mostraram redução da intensidade no suco da etapa de concentração, enquanto os julgadores 3 e 10 descreveram aumento da intensidade no suco da etapa de resfriamento (Figura 9c). Quanto ao descritor *passado*, a equipe revelou aumento da intensidade no suco da etapa de concentração, em relação ao suco da etapa de extração, e redução no suco do resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 6, 9 e 12 revelaram redução na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto o julgador 3 descreveu aumento na intensidade do suco da etapa de resfriamento. O julgador 4 descreveu intensidade similar para o suco das etapas de extração e concentração e os julgadores 4, 9 e 10 também mostraram comportamento similar com relação à intensidade no suco das etapas de concentração e resfriamento (Figura 9d). Em relação ao descritor *óleo*, a equipe descreveu redução na intensidade do suco da etapa de concentração e resfriamento, quando comparada à do suco da etapa de extração. Os julgadores 10, 11 e 12 descreveram aumento na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto o julgador 2 teve o mesmo comportamento em relação ao suco da etapa de resfriamento (Figura 9e). Quanto ao descritor *cozido*, a equipe revelou aumento da intensidade no suco das etapas de concentração e resfriamento, quando comparada à do suco da etapa de extração. O julgador 3, no entanto, indicou redução na intensidade do suco da etapa de resfriamento, comparativamente aos sucos das etapas de extração e concentração, enquanto que os julgadores 4 e 7 não descreveram aumento na intensidade do suco da etapa de concentração, quando comparada à do suco da etapa de extração (Figura 9f).



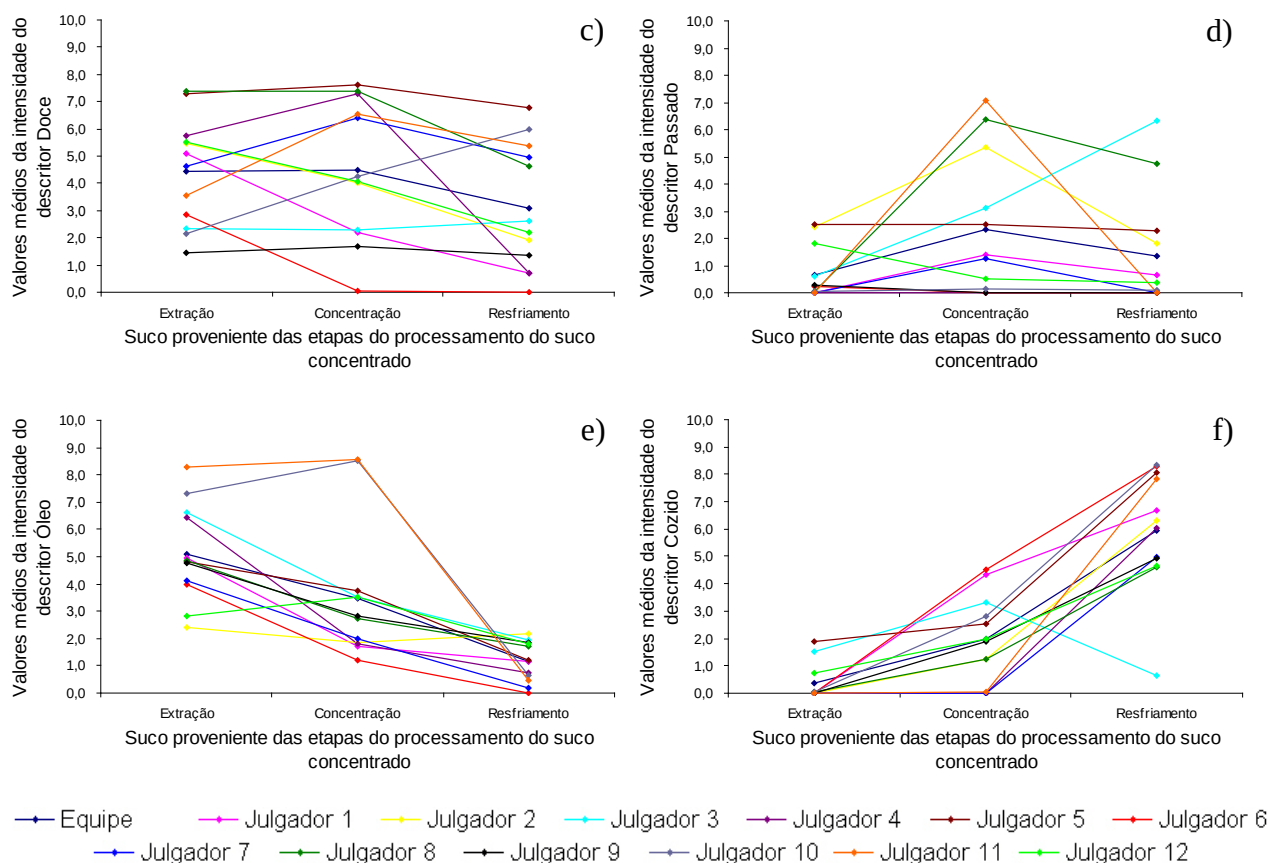
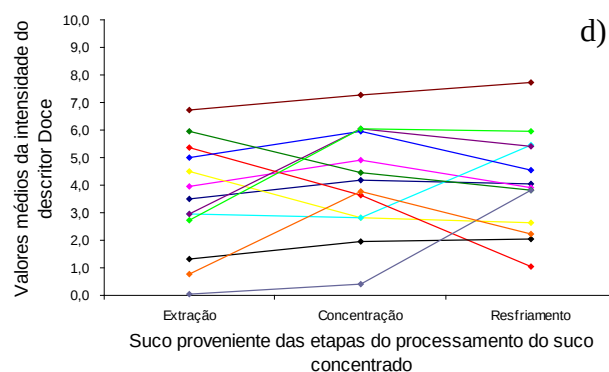
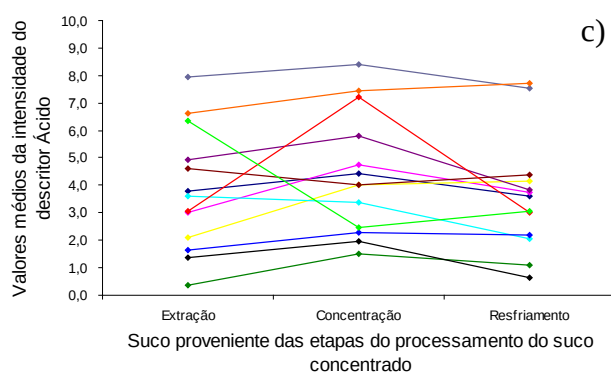
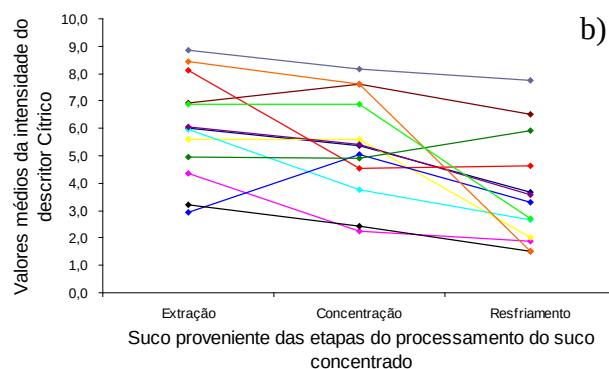
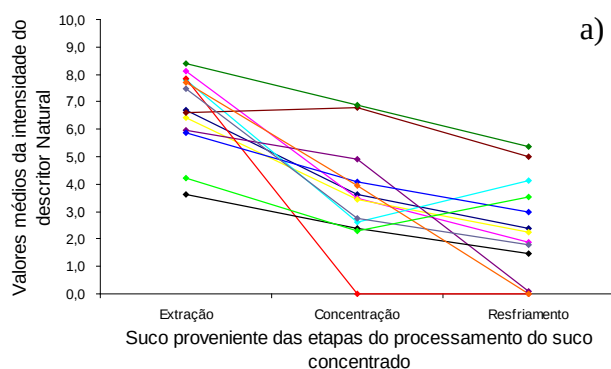


Figura 9. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores *natural* (a), *cítrico* (b), *doce* (c), *passado* (d), *óleo* (e) e *cozido* (f), para o atributo aroma.

Em relação ao sabor, quanto ao descritor *natural*, a equipe descreveu redução da intensidade no suco das etapas de concentração e resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de extração. O julgador 5 indicou aumento na intensidade do suco da etapa de extração, enquanto que os julgadores 3 e 12 descreveram aumento na intensidade do suco da etapa de resfriamento (Figura 10a). Em relação ao descritor *cítrico*, os julgadores mostraram redução na intensidade do suco das etapas de concentração e resfriamento, quando comparada à do suco da etapa de extração. Os julgadores 5 e 7 revelaram aumento acentuado na intensidade do suco da etapa de concentração, e os julgadores 6 e 8 do suco da etapa de resfriamento (Figura 10b). Quanto ao descritor *ácido*, a equipe descreveu aumento na intensidade do suco da etapa de concentração, em relação ao suco da etapa de extração, e redução no suco da etapa de resfriamento, quando comparada ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 3, 5 e 12 indicaram redução na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto que os julgadores 2, 5, 11 e 12 indicaram aumento da intensidade no suco da etapa de resfriamento (Figura 10c). Quanto ao descritor *doce*, a equipe revelou aumento da intensidade no suco da etapa de concentração quando comparada à do suco da etapa de extração, e queda no suco do resfriamento, em relação ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 2, 3, 6 e 8 indicaram redução na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto que os julgadores 3, 5, 9 e

10 descreveram aumento da intensidade no suco da etapa de resfriamento (Figura 10d). Em relação ao descritor *amargo*, os julgadores revelaram leve aumento da intensidade no suco da etapa de concentração, quando comparada à do suco da etapa de extração, e queda no suco da etapa de resfriamento, em relação ao suco da etapa de concentração. Os julgadores 1, 4, 6, 9 e 12 mostraram leve queda na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto o julgador 12 indicou aumento na intensidade do suco da etapa de resfriamento (Figura 10e). Quanto ao descritor *passado*, a equipe indicou aumento na intensidade do suco da etapa de concentração em relação ao suco da etapa de extração, e queda no suco da etapa de resfriamento. Os julgadores 9 e 12 indicaram diminuição na intensidade do suco da etapa de concentração, e o julgador 3, aumento acentuado no suco da etapa de resfriamento (Figura 10f). Quanto ao descritor *óleo*, os julgadores revelaram queda na intensidade do suco das etapas de concentração e resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de extração. As menores médias foram atribuídas ao suco da etapa de resfriamento. Os julgadores 2, 5 e 8 descreveram leve aumento na intensidade do suco da etapa de concentração e o julgador 2, do suco da etapa de resfriamento (Figura 10g). Em relação ao descritor *cozido*, a equipe descreveu aumento acentuado na intensidade do suco das etapas de concentração e resfriamento, em relação ao suco da etapa de extração. Os julgadores 5 e 12 descreveram leve queda na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto o julgador 3 descreveu acentuada queda na intensidade do suco da etapa de resfriamento, em relação ao suco das demais etapas (Figura 10h).



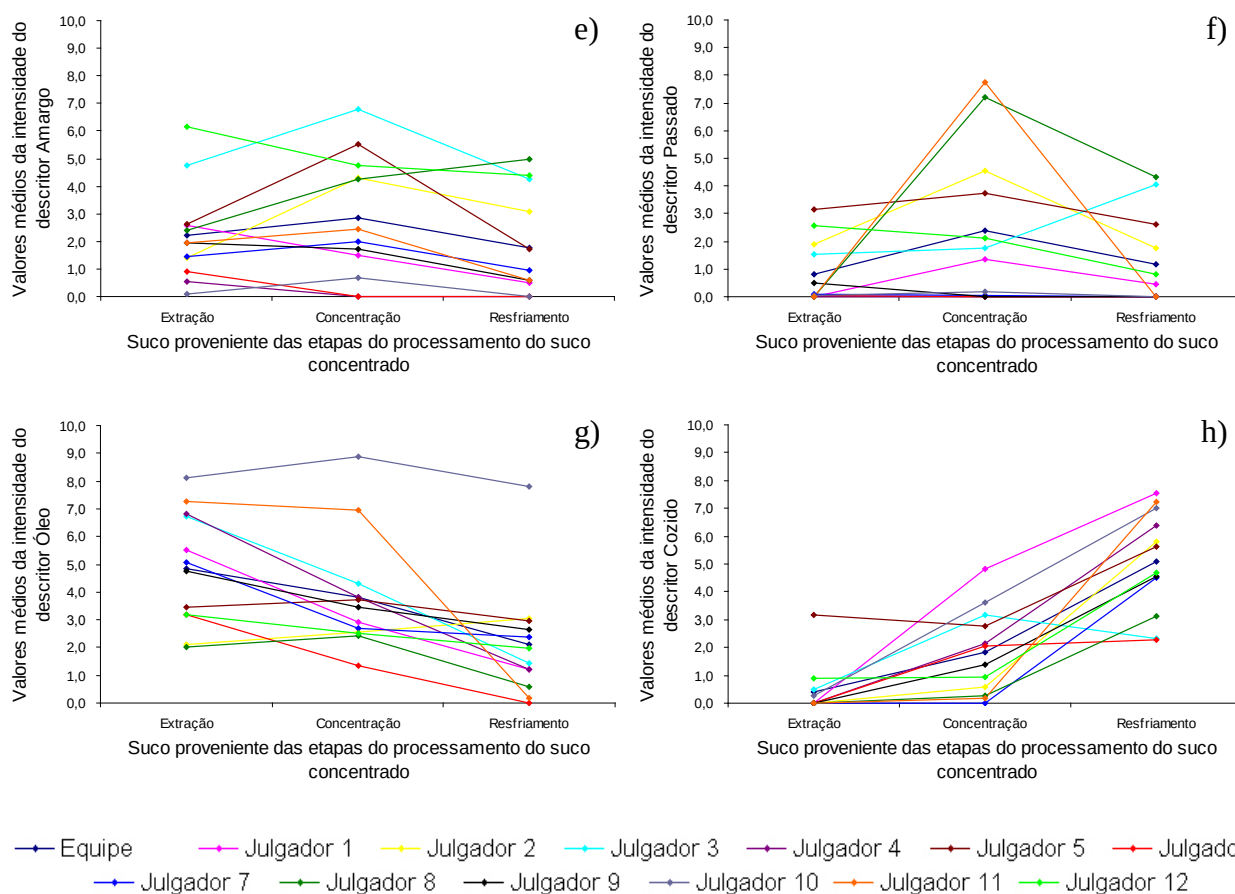


Figura 10. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores *natural* (a), *cítrico* (b), *ácido* (c), *doce* (d), *amargo* (e), *passado* (f), *óleo* (g) e *cozido* (h), para o atributo sabor.

Em relação à textura, quanto ao descritor *gomos*, a equipe descreveu acentuada queda na intensidade do suco da etapa de concentração, quando comparada à etapa de extração, e leve queda na intensidade do suco da etapa de resfriamento, comparativamente ao suco da etapa de extração. O julgador 3 indicou redução menos acentuada que os demais em relação ao suco da etapa de concentração (Figura 11a). Quanto ao descritor *viscosidade*, a equipe indicou aumento na intensidade do suco das etapas de concentração e resfriamento, quando comparada à do suco da etapa de extração. Os julgadores 3, 6 e 12 descreveram queda na intensidade do suco da etapa de concentração, enquanto que os julgadores 5, 6, 7, 8 e 12 indicaram diminuição da intensidade no suco da etapa de resfriamento (Figura 11b).

Foi possível observar que os julgadores 3 e 12 concordaram menos com a equipe sensorial. O julgador 9 constantemente mostrava valores de intensidade abaixo da equipe, embora apresentasse comportamento similar na maioria das vezes.

Para verificar a concordância da equipe sensorial também foi calculado o coeficiente de correlação entre a média de cada julgador e a da equipe sensorial, e entre as médias dos julgadores (Tabela 2). Os coeficientes de correlação obtidos estavam entre 0,242 e 0,818. Aqueles inferiores a 0,5 estavam relacionados aos julgadores 3 e 8. A correlação entre as médias

dos julgadores 3 e 8 com a média da equipe sensorial foi muito baixa, $r=0,564$ para o julgador 3 e $r=0,647$ para o julgador 8, enquanto todos os demais julgadores apresentaram $0,783 \leq r \leq 0,864$.

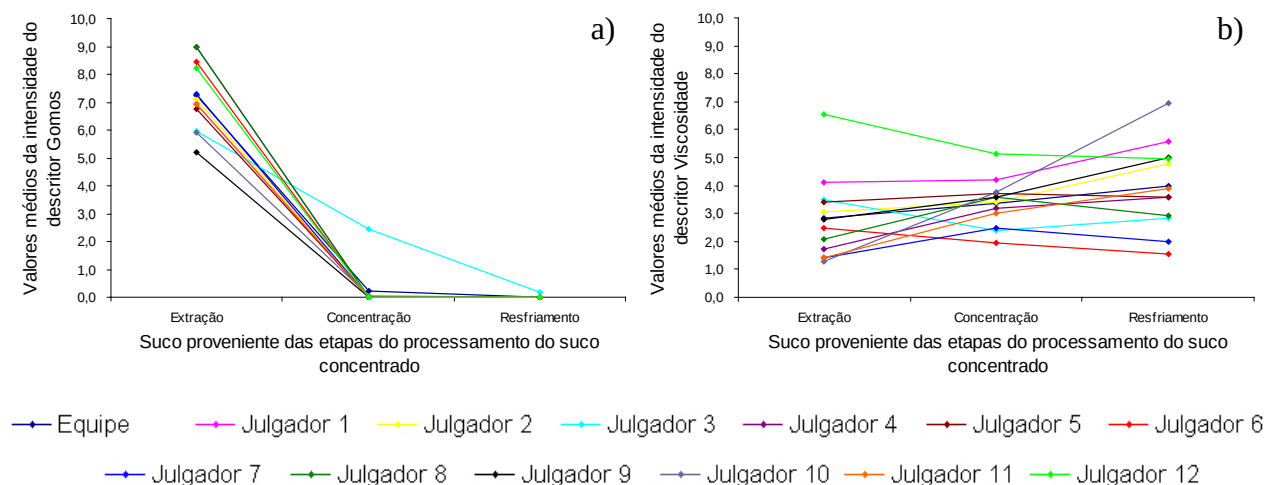


Figura 11. Gráfico da média de intensidade atribuída pelos julgadores aos descritores *gomos* (a) e *viscosidade* (b), para o atributo textura.

Para avaliar o poder de discriminação dos sucos e a repetição dos julgadores, foram calculados os $pF_{amostra}$ e $pF_{repetição}$ para cada julgador (Tabela 3). A magnitude da diferença entre as amostras e a consistência dos valores obtidos na avaliação sensorial estão refletidos no $pF_{amostra}$. Quanto mais próximo de 1, menor a contribuição do julgador para a discriminação do suco por aquele descritor.

Os critérios adotados para a seleção dos julgadores foram $pF_{amostra} \leq 0,50$ e $pF_{repetição} > 0,05$ (DAMASIO e COSTELL, 1991) para 70% dos descritores. O julgador 1 não apresentou discriminação em relação ao descritor *viscosidade*, para o atributo aparência ($pF_{amostra}=0,647$). O julgador 2 não apresentou discriminação em relação aos descritores aroma *óleo* ($pF_{amostra}=0,751$) e sabor *óleo* ($pF_{amostra}=0,598$). O julgador 3 não apresentou discriminação em relação aos descritores *turbidez* ($pF_{amostra}=0,896$), para o atributo aparência, aroma *natural* ($pF_{amostra}=0,703$), aroma *cítrico* ($pF_{amostra}=0,614$), aroma *doce* ($pF_{amostra}=0,988$), aroma *cozido* ($pF_{amostra}=0,581$), sabor *cozido* ($pF_{amostra}=0,593$) e *viscosidade* ($pF_{amostra}=0,895$), para o atributo textura. O julgador 4 não apresentou discriminação em relação aos descritores *cor amarela* ($pF_{amostra}=0,712$) e *tom esverdeado* ($pF_{amostra}=0,803$), para o atributo aparência. O julgador 5 não apresentou discriminação em relação aos descritores aroma *passado* ($pF_{amostra}=0,922$), sabor *ácido* ($pF_{amostra}=0,887$), sabor *óleo* ($pF_{amostra}=0,643$) e *viscosidade* ($pF_{amostra}=0,900$), para o atributo textura. O julgador 6 não apresentou discriminação em relação ao descritor *viscosidade* ($pF_{amostra}=0,666$), para o atributo aparência. O julgador 7 não apresentou discriminação em relação aos descritores sabor *cítrico* ($pF_{amostra}=0,503$), sabor *ácido* ($pF_{amostra}=0,850$) e sabor *amargo* ($pF_{amostra}=0,692$). O julgador 8 não apresentou discriminação em relação aos descritores *turbidez* ($pF_{amostra}=0,748$), para o atributo aparência, aroma *natural* ($pF_{amostra}=0,553$), aroma *óleo*

($pF_{amostra}=0,623$), sabor *cítrico* ($pF_{amostra}=0,895$), sabor *doce* ($pF_{amostra}=0,694$), sabor *óleo* ($pF_{amostra}=0,576$) e *viscosidade* ($pF_{amostra}=0,803$), para o atributo textura. O julgador 9 não apresentou discriminação em relação ao descritor aroma *doce* ($pF_{amostra}=0,583$). O julgador 10 não apresentou discriminação em relação ao descritor *tom esverdeado* ($pF_{amostra}=0,915$). O julgador 11 não apresentou discriminação em relação ao descritor sabor *ácido* ($pF_{amostra}=0,663$). O julgador 12 não apresentou discriminação em relação aos descritores *turbidez* ($pF_{amostra}=0,764$), para o atributo aparência e sabor *natural* ($pF_{amostra}=0,651$).

Tabela 2. Coeficientes de correlação ($p \leq 0,01$) da média dos descritores de cada julgador e da equipe sensorial.

Julgador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1											
2	0,656	1										
3	0,430	0,379	1									
4	0,749	0,624	0,390	1								
5	0,553	0,736	0,350	0,700	1							
6	0,720	0,752	0,443	0,622	0,618	1						
7	0,658	0,726	0,383	0,727	0,818	0,652	1					
8	0,487	0,626	0,485	0,490	0,648	0,401	0,623	1				
9	0,735	0,676	0,432	0,685	0,554	0,677	0,658	0,325	1			
10	0,576	0,623	0,378	0,667	0,599	0,714	0,591	0,242	0,740	1		
11	0,530	0,651	0,365	0,712	0,616	0,515	0,577	0,435	0,564	0,729	1	
12	0,575	0,732	0,478	0,594	0,699	0,697	0,601	0,449	0,652	0,612	0,505	1
Equipe	0,804	0,864	0,564	0,847	0,836	0,832	0,843	0,647	0,805	0,811	0,783	0,798

A reprodutibilidade de cada julgador foi avaliada pelo $pF_{repetição}$. Quanto maior o valor do $pF_{repetição}$, maior a reprodutibilidade do julgador. O julgador 4 não apresentou reprodutibilidade em relação aos descritores sabor *ácido* ($pF_{repetição}=0,034$), sabor *doce* ($pF_{repetição}=0,012$) e sabor *óleo* ($pF_{repetição}=0,022$). O julgador 8 não apresentou reprodutibilidade em relação aos descritores aroma *doce* ($pF_{repetição}=0,029$) e sabor *amargo* ($pF_{repetição}=0,035$). O julgador 10 não apresentou reprodutibilidade em relação ao descritor aroma *passado* ($pF_{repetição}=0,032$). O julgador 12 não apresentou reprodutibilidade em relação aos descritores aroma *natural* ($pF_{repetição}=0,033$) e aroma *doce* ($pF_{repetição}=0,011$).

Os julgadores cuja soma de valores de $pF_{amostra} \leq 0,50$ e $pF_{repetição} > 0,05$ foi maior ou igual a 70% dos descritores foram selecionados, estando aptos a participar da análise do suco de laranja das etapas do processamento do suco concentrado. Os julgadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, e 12 foram aqueles selecionados.

Os julgadores 3 e 8 apresentaram somatória de valores de $pF_{amostra} \leq 0,50$ e $pF_{repetição} > 0,05$ correspondente a 66,66% e 57,14% dos descritores, respectivamente. Devido ao grande interesse dos julgadores 3 e 8 em participar da ADQ, foi realizado novo treinamento, após o qual, na etapa de seleção foram obtidos coeficientes de correlação entre a média da equipe e o julgador 3, de $r=0,790$, e entre a média da equipe e o julgador 8, de $r=0,728$. Os julgadores 3 e 8 apresentaram valores de $pF_{amostra} \leq 0,50$ e $pF_{repetição} > 0,05$ correspondentes a 95,23% e 76,19% dos descritores, e portanto foram selecionados.

Tabela 3. Nível de significância (p) dos descritores para cada julgador em função da discriminação das amostras (pF_{amostra}) e da repetibilidade ($pF_{\text{repetição}}$) na etapa de seleção da ADQ do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ.

Atributo	Fonte de variação	Julgador											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aparência													
Cor Amarela	amostra	0,117	0,469	0,151	0,712	0,444	0,441	0,238	0,033	0,071	0,024	0,029	0,169
	repetição	0,704	0,219	0,805	0,332	0,160	0,399	0,494	0,781	0,444	0,925	0,323	0,307
Tom Esverdeado	amostra	0,196	0,400	0,279	0,803	0,486	----	----	0,018	0,018	0,915	0,484	0,123
	repetição	0,981	0,195	0,124	0,293	0,566	----	----	0,202	0,444	0,915	0,091	0,255
Gomos	amostra	<0,001	<0,001	0,383	<0,001	0,003	<0,001	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	repetição	0,444	0,444	0,988	0,444	0,444	0,277	0,406	0,444	0,444	0,694	0,444	0,444
Viscosidade	amostra	0,647	0,433	0,450	0,247	0,329	0,666	0,271	0,077	0,037	0,051	0,375	0,002
	repetição	0,860	0,422	0,963	0,517	0,777	0,499	0,886	0,754	0,657	0,307	0,396	0,447
Turbidez	amostra	0,077	0,048	0,896	0,358	0,306	0,287	0,036	0,748	0,055	0,290	0,051	0,764
	repetição	0,395	0,081	0,576	0,457	0,145	0,667	0,638	0,393	0,191	0,314	0,856	0,597
Aroma													
Natural	amostra	0,002	0,014	0,703	<0,001	0,022	0,030	0,001	0,553	0,116	0,004	0,000	0,000
	repetição	0,230	0,474	0,898	0,274	0,573	0,375	0,663	0,626	0,906	0,699	0,465	0,033
Cítrico	amostra	0,161	0,025	0,614	0,019	0,048	0,115	0,073	0,234	0,105	0,000	0,156	<0,001
	repetição	0,601	0,260	0,868	0,206	0,522	0,394	0,112	0,466	0,976	0,400	0,485	0,299
Doce	amostra	0,012	0,118	0,988	0,002	0,062	0,305	0,374	0,010	0,583	0,406	0,043	0,002
	repetição	0,124	0,652	0,785	0,504	0,212	0,418	0,334	0,029	0,065	0,504	0,069	0,011
Passado	amostra	0,025	0,006	0,144	----	0,922	0,444	0,155	0,119	0,139	0,444	<0,001	0,075
	repetição	0,231	0,541	0,806	----	0,410	0,444	0,444	0,809	0,444	0,032	0,444	0,504
Óleo	amostra	0,008	0,751	0,220	0,001	0,011	0,175	0,296	0,623	0,028	0,000	<0,001	0,202
	repetição	0,093	0,177	0,754	0,600	0,935	0,349	0,589	0,806	0,545	0,638	0,538	0,112
Cozido	amostra	0,016	0,000	0,581	0,000	0,002	0,002	0,005	0,119	0,002	0,034	<,0001	0,067
	repetição	0,370	0,192	0,507	0,444	0,900	0,244	0,444	0,253	0,732	0,337	0,270	0,732
Sabor													
Natural	amostra	0,028	0,007	0,157	0,049	0,111	0,000	0,005	0,009	0,011	0,021	0,012	0,651
	repetição	0,249	0,613	0,435	0,399	0,749	0,444	0,059	0,187	0,643	0,516	0,366	0,473
Cítrico	amostra	0,010	0,003	0,297	0,042	0,021	0,121	0,503	0,895	0,009	0,028	0,003	0,040
	repetição	0,092	0,151	0,813	0,092	0,091	0,248	0,199	0,509	0,374	0,367	0,287	0,543
Ácido	amostra	0,155	0,279	0,412	0,094	0,887	0,149	0,850	0,359	0,046	0,345	0,663	0,024
	repetição	0,745	0,162	0,206	0,034	0,335	0,696	0,263	0,141	0,705	0,149	0,414	0,273
Doce	amostra	0,338	0,064	0,045	0,007	0,185	0,173	0,079	0,694	0,018	0,059	0,027	0,048
	repetição	0,974	0,102	0,076	0,012	0,395	0,103	0,196	0,515	0,213	0,450	0,587	0,587
Amargo	amostra	0,048	0,090	0,465	0,444	0,030	0,211	0,692	0,135	0,117	0,444	0,486	0,043
	repetição	0,673	0,278	0,596	0,444	0,845	0,444	0,465	0,035	0,946	0,324	0,276	0,137
Passado	amostra	0,079	0,005	0,484	----	0,055	0,444	0,174	0,019	0,001	0,284	<0,001	0,144
	repetição	0,130	0,140	0,790	----	0,716	0,444	0,174	0,197	0,444	0,182	0,444	0,110
Óleo	amostra	0,036	0,598	0,127	<0,001	0,643	0,287	0,264	0,576	0,010	0,106	0,005	0,354
	repetição	0,438	0,849	0,579	0,022	0,253	0,356	0,726	0,615	0,115	0,205	0,704	0,731
Cozido	amostra	0,001	0,000	0,593	0,003	0,078	0,179	0,007	0,080	0,001	0,025	<0,001	0,055
	repetição	0,211	0,334	0,563	0,150	0,177	0,437	0,444	0,416	0,438	0,202	0,244	0,502
Textura													
Gomos	amostra	<0,001	<0,001	0,378	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,111	<0,001	<0,001
	repetição	0,444	0,444	0,983	----	0,444	0,444	0,444	----	0,444	0,440	0,444	0,444
Viscosidade	amostra	0,086	0,093	0,895	0,083	0,900	0,201	0,393	0,803	0,013	0,081	0,047	0,098
	repetição	0,722	0,884	0,592	0,323	0,244	0,196	0,083	0,348	0,053	0,806	0,845	0,364
Nº erros* de discriminação		1	2	7	2	4	1	3	7	1	1	1	2
Nº erros* de repetição		0	0	0	3	0	0	0	2	0	1	0	2
Total		1	2	7	5	4	1	3	9	1	2	1	4

* Valores para $pF_{\text{amostra}} > 0,50$ e $pF_{\text{repetição}} \leq 0,05$.

4. CONCLUSÕES

Os 21 descritores gerados foram considerados adequados para a caracterização do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ.

Com base na concordância da equipe e no coeficiente de correlação entre a média de cada julgador e a média da equipe para cada descritor, no coeficiente de correlação entre as médias dos julgadores, e na capacidade de discriminação ($pF_{\text{amostra}} \leq 0,50$) e repetibilidade ($pF_{\text{repetição}} > 0,05$) dos julgadores em no mínimo 70% dos descritores, foram selecionados 12 julgadores dentre os 25 recrutados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CITRUSBR: Associação nacional dos exportadores de sucos cítricos, 2010. Disponível em: <http://www.citrusbr.com.br/exportadores-citricos/estatisticas/exportacaode-sucos-e-subprodutos-151199-1.asp>. Acessado em: 10/julho/2010.

ALMEIDA, S. B. **Efeito de diferentes aromas cítricos sobre a qualidade e estabilidade sensoriais de suco de laranja pronto para beber**. 2006. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. 217f.

AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M.; ROESSLER, E. B. **Principles of sensory evaluation of food**. Nova York: Academic Press, 1965. 602p.

BAXTER, I. A.; EASTON, K.; SCHNEEBELI, K.; WHITFIELD, F. B. High pressure processing of Australian navel orange juices: Sensory analysis and volatile flavor profiling. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 6, p. 372-387. 2005.

DAMASIO, D. L.; COSTELL, E. Analisis sensorial descriptivo: geracion de descriptores y seleccion de catadores. **Rev. Agroquim. Tecnol. Alim.**, v. 31/2, p. 165-78, 1991.

DARROS-BARBOSA, R. Processamento industrial da laranja. In: KOLLER, O. C. (Org.) **Citricultura: 1. Laranja: Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Industrialização e Comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora Ltda, 2006. p. 333-363.

DE MARCHI, R. **Desenvolvimento de uma bebida a base de maracujá (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.) com propriedades de reposição hidroelétrica**. Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001. 92f.

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. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 23, p.105-111, 2003.

ELSTON, A.; SIMS, C.; MAHATTANATAWEE, K.; ROUSEFF, R. Determination of commercial orange juice quality factors using descriptive and GCO analyses. In: BREDIE, W.L.P.; PETERSEN, M.A. **Flavour Science: Recent Advances and Trends**. Elsevier Science, p. 541-544, 2006.

FRATA, M. T. **Análise descritiva quantitativa e mapa de preferência externo de suco de laranja.** Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição. Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2003. 100f.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais.** São Paulo: Livraria Varela, 2003. 246p.

MACFADEM, H. H. L. A. **Avaliação da qualidade sensorial e físico-química de suco de laranja sob diferentes condições de extração.** Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004. 70f.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies** 4, n.2, p. 129-148. 1989.

MEILGARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques.** 3nd ed. Boca Raton. Florida: CRC Press, 1999. 387p.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods: Marketing and R&D approaches.** Westport, Conn., EUA: Food & Nutrition Press, 1983. 605p.

PEDRERO, D. L.; PANGBORN R. M. **Evaluacion sensorial de los alimentos.** Alambra Mexicana, México, 1997. 251p.

PÉREZ-CACHO, P., R.; GALÁN-SOLDEVILLA, H.; MAHATTANATAWEE, K.; ELSTON, A., ROUSEFF, R. L. Sensory Lexicon for Fresh Squeezed and Processed Orange Juices. **Food Science and Technology International**, p. 131-141, 2008.

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.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SILGLETON, R. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technol.**, v. 28, n. 11, p. 24-33, 1974.

TEIXEIRA, M. P. **Estudo da vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado.** Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006. 85p

TEIXEIRA, M. P; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alim. Nutr.** 17, n.2, p.219-227, abr./jun. 2006.

USDA: United States Department of Agriculture, 1983. Disponível em: http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ams.usda.gov%2FAMSv1.0%2Fgetfile%3FdDocName%3DSTELDEV3011864&ei=2Ox4TrGdOYPHgAeP1PDjDQ&usg=AFQjCNEDxrRHBQry0bnzuyDpf8of9u3_ag. Acessado em: 10/setembro/2011.

Capítulo 3

SENSORY CHANGES DURING THE FCOJ PROCESSING

Artigo submetido à revista *Journal of Food Science*.

Sensory Changes During the FCOJ Processing

Hitty-Ko Kamimura^a, Raíssa Mastello^a, Natalia Janzantti^a, Magali Monteiro^a

^a *Department of Food and Nutrition, School of Pharmaceutical Science, São Paulo State University-UNESP, P.O. Box 502, Araraquara, SP, Brazil, 14801-902.*

Corresponding Author: Magali Monteiro, *Department of Food and Nutrition, School of Pharmaceutical Science, São Paulo State University-UNESP, P.O. Box 502, Araraquara, SP, Brazil, 14801-902.* Tel.: + 5516 3301 6930; fax: + 5516 3301 6020, E-mail address: monteiro@fcfar.unesp.br

ABSTRACT

The orange juice from the main steps of the FCOJ processing was evaluated by 12 selected and trained judges using QDA. 21 descriptors were generated for appearance (5), aroma (6), flavor (8) and texture (2). The juices from the extraction and filtration steps were characterized by high intensity of *sweet* aroma, *natural* aroma and flavor, *citric* aroma and flavor, and *oil* aroma and flavor, with similar profile. The juice from the extraction step was also characterized by *vesicles* from both appearance and texture. The juice from the concentration, blend and cooling steps were characterized by high intensity of *cooked* aroma and flavor, with similar profile. The sensory profile of the orange juice was noticeably affected by heat treatment. After concentration *natural*, *citric*, *sweet* and *oil* aroma, and *natural*, *citric* and *oil* flavor were greatly decreased, while *cooked* aroma and flavor, and *acid* flavor were greatly increased.

Keywords: orange juice, quantitative descriptive analysis, FCOJ processing steps, sensory analysis.

PRACTICAL APPLICATIONS

Brazil is the largest producer and exporter of frozen concentrated orange juice (FCOJ) in the world. Drastic changes occur in the sensory profile and the volatile composition during the FCOJ processing which strongly affect the aroma and flavor of the juice. This work intended to identify the most critical steps that affect the sensory profile of the orange juice during the FCOJ processing, in order to identify the most important changes and loss in quality of the juice. These aspects should therefore be targeted by product developers.

Introduction

Brazil is the largest producer and exporter of frozen concentrated orange juice (FCOJ) in the world. 440 thousand tons were exported in 2010 and 192 thousand tons up to February 2011. The FCOJ exportation was reduced from 2009 to 2010, while that from NFC (not from concentrated) increased from 930 thousand to 960 thousand tons (CitrusBR 2011). This is probably related to the aroma and flavor of the NFC, closer to the fresh squeezed orange juice.

Drastic changes in the sensory profile and volatile composition that occur during the FCOJ processing strongly affect the aroma and flavor of the juice. These changes may lead to the loss of the natural and characteristic flavor of the juice and influence the sensory profile. Many studies have reported that heat treatment and storage conditions are critical for the quality and stability of orange juice (Shaw and others 1993; Petersen and others 1998; Polydera and others 2005; Elston and others 2006; Teixeira and Monteiro 2006; Queiroz and Menezes 2010).

The descriptive analysis is commonly used to evaluate changes during the process and storage, providing quantitative descriptions of products based on the perception of a panel (Baxter and others 2005; Facundo and others 2010; Garruti and others 2010). A trained panel is used to identify and define the perceived sensory descriptors and quantify the intensities of the descriptors. Since human subjects are used as a tool in descriptive analysis, the validity and reliability of the method depends on training a panel to standardize evaluation practices among the judges. The panel must be trained to fully understand the terminology and consistently use the intensity scales and references in the same way (Meilgaard and others 2006).

The sensory profile of the pasteurized orange juice showed that heat treatment reduced the natural aroma and flavor with increasing the retention time (Della Torre and others 2003). The shelf life of the fresh squeezed orange juice stored at -20 °C, pasteurized orange juice stored at 4 °C and high pressure processed orange juice stored at 4 °C and 10 °C showed similar aroma and flavor profiles during 12 weeks. The effect of storage on the sensory profile of all the orange juices followed a decrease in sweet odor and flavor, overall strength of orange odor and flavor, sour flavor, acid aftertaste, sour aftertaste and duration of aftertaste, alongside an increase in aged odor, artificial odor, fermented odor, and processed flavor (Baxter and others 2005). The color intensity, suspended particles, natural orange odor and flavor, fermented odor and flavor, acid taste and bitter taste descriptors were used to characterize the pasteurized orange juice stored under refrigeration, that showed a shelf life period of 26 days, after which there was a significant ($p \leq 0.05$) increase of the fermented odor and flavor, and a decrease of natural odor and flavor when compared to the beginning of the storage (Tribess and others 2009). Quantitative descriptive analysis (QDA), acceptance and external preference mapping of commercial orange juices from Brazil, either reconstituted from FCOJ or NFC showed that the juices were characterized by yellow color,

sweetness, cooked, sourness, bitterness and astringency descriptors, and that 86% of the consumers preferred the orange juice rated higher in sweetness and yellow color, while the juice with higher intensity of sourness, bitterness and astringency was less preferred, with negative correlation with sweetness (Frata and others 2006). The spectrum technique was used to evaluate the quality of commercial orange juices from the Thailand market. The fruity/floral, orange juice character, fatty/metallic/green and cooked/heated/processed were considered the most important to characterize the juices and therefore were strongly associated with flavor quality (Elston and others 2006). In order to develop a flavor vocabulary to describe both fresh squeezed and commercial orange juices in the USA and Spain, the descriptive analysis was performed. The American and Spanish panel generated 25 and 27 descriptors, respectively. Citrusy, sweet fruit, grassy and floral odor and aroma, sweet and acid taste, burning and pulp texture were the main descriptors in both cases (Pérez-Cacho and others 2008).

The aim of this work was to evaluate the orange juice from the main steps of the FCOJ processing, in order to identify the most critical steps regarding the sensory changes and loss of quality.

Materials and Methods

Orange juice

The juice was from Pêra-Rio orange, obtained from the FCOJ processing steps. The juice was provided by a citrus industry from Araraquara, SP, Brazil. 3 L of orange juice from the extraction, filtration and concentration (1st stage of the multiple effect evaporator) steps and 1 kg from the blend and cooling steps were collected in five periods in order to cover the whole 2009 harvest. The juice collected at each step was obtained from the same load of oranges. Afterwards, the juice was packaged in high density polyethylene bottles (500 mL), taken to the laboratory and then analyzed. The juice from concentration, cooling and blend steps was reconstituted with water up to 11.2 to 11.8 °Brix (USDA 1983). The juice from the extraction and filtration steps showed soluble solids content of 9.6 to 11.8 °Brix in all periods.

Sensory analyses

The orange juice from the different steps of the FCOJ processing was evaluated by twelve trained and selected judges (ten females, two males, ages 18-30) using QDA (Stone and others 1974). The judges were screened for their sensory ability by using basic tastes and odor detection tests, and Wald's sequential analysis. The criteria were 80% of correct responses in the basic tastes and 60% for odor detection. For Wald's analysis values of $\rho_0 = 0.3$, $\rho_1 = 0.60$, $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.05$ were adopted (Meilgard and others 2006; Amerine and others 1965).

The generation of descriptors followed the grid method, as suggested by Moskowitz (1983), where pairs of samples were offered to the judges so as to define the terms that describe similarities and differences among the samples in relation to appearance, aroma, flavor and texture attributes. Orange juice from the extraction, filtration, concentration (1st and 4th stages), blend and cooling steps were used. The judges, under the supervision of two moderators, selected the descriptors that better characterized the orange juice from the different steps of the FCOJ processing. The training was accomplished during 11 sessions (Facundo and others 2010).

Descriptors were quantified with a 9-cm nonstructured linear scale, anchored on the extremes with terms that expressed their intensities (none/weak in left and strong/too much in right). At this point, a list of definitions of each descriptive term, with the respective reference standards, was determined by the consensus of the panel and used to develop the proper descriptive language and to calibrate the panel on the use of the intensity scale. After the terminology development phase, the judges were trained on the evaluation of orange juice. Training consisted of evaluating the juice prepared with fresh squeezed orange, and reconstituted juice from the concentration and cooling steps, both adjusted to 11.8 °Brix, by means of the developed ballot in order to describe and quantify appearance, aroma, flavor and texture. The reference standards were presented along with the orange juice. Results were submitted to analysis of variance (ANOVA), with the sources of variation being judges and repetitions in order to check the discriminatory ability and repeatability of the judges. The criteria were values of $P_{\text{Fsample}} \leq 0.50$ and $P_{\text{Frepeatability}} \geq 0.05$, as well as the accordance between the mean of each descriptor for each judge and the sensory panel (Damásio and Costell 1991).

After the panel validation, the orange juice from the extraction, filtration, concentration, blend and cooling steps from FCOJ processing was evaluated in five collection periods during the 2009 harvest. These tests were performed in an experimental design of balanced complete blocks with three repetitions. Aliquots of 25 mL of orange juice were served at room temperature, in tulip-shaped glasses covered with Petri dishes, identified by random three-digit number codes. At first the judges evaluated the appearance, then the aroma, flavor and texture. In order to eliminate the residual flavor, mineral water and unsalted cracker were used. The tests were performed in individual acclimatized booths (25 °C).

Statistical analysis

The panel mean score of each descriptor was calculated and analysis of variance (ANOVA) and Tukey test were used to determine whether significant differences ($P \leq 0.05$) existed among orange juice from the different steps of the FCOJ processing in each collection period.

The principal component analysis (PCA), relying on the correlation matrix, was carried out on the mean value across the judges and triplicate evaluations for each processing step, with data separated by collection periods.

Correlation ($P \leq 0.05$) analysis was conducted among descriptors to determine linear relationships.

All the statistical analyses were performed using the SAS statistical program for Windows system, version 6.12 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Results and Discussion

The descriptive terms selected to characterize the orange juice are listed in Table 1, which also presents the definitions and reference samples for each descriptor.

Spider graphs (Figure 1) were built for each collection period using the mean intensity (Table 2) of each descriptor for orange juice from the different steps of the FCOJ processing. The juice from the extraction and filtration steps showed similar profile. The juice from the extraction step showed higher intensity of *natural* aroma ($P \leq 0.05$) and flavor ($P \leq 0.05$) and *sweet* aroma ($P > 0.05$), for all the collection periods, and also higher intensity of *citric* aroma ($p > 0.05$) and *oil* aroma ($P > 0.05$) in the 1st, 2nd and 5th collection periods, and *citric* flavor ($P > 0.05$) in the 1st, 2nd, 3rd and 5th collection periods, while in the 3rd and 4th collection periods the juice from the filtration step showed higher intensity ($P > 0.05$) of *citric* aroma and *oil* aroma and also in the 4th collection period, it showed higher intensity of *citric* flavor ($P > 0.05$). *Oil* flavor was higher in the juice from the filtration step of the 1st ($P > 0.05$), 3rd ($P \leq 0.05$) and 4th ($P > 0.05$) collection periods, while in the 2nd ($P > 0.05$) and 5th ($P \leq 0.05$) collection periods showed higher intensity in the juice from the extraction step. The *vesicles*, from both appearance and texture, had higher intensity ($P \leq 0.05$) only in the juice from the extraction step, followed by a great decrease in the following steps in all the collection periods, as expected. It seems that the natural and characteristic aroma and flavor were preserved during the extraction and filtration steps.

The juice from the concentration, blend and cooling steps showed similar profile. The juice from the concentration step showed higher intensity of *cooked* aroma and flavor in all the collection periods with significant difference ($P \leq 0.05$) in the 1st, 2nd 5th collection periods; higher intensity of *yellow color* in the 1st ($P \leq 0.05$), 2nd ($P \leq 0.05$), 3rd ($P > 0.05$) and 4th ($P > 0.05$) collection periods and *viscosity*, from texture, in the 1st ($P > 0.05$), 2nd ($P \leq 0.05$) and 4th ($P > 0.05$) collection periods. In the 3rd collection period the juice from the blend step had higher intensity of *viscosity* ($P > 0.05$). In the 5th collection period the juice from the blend step showed higher intensity of *yellow color* ($P \leq 0.05$), while the juice from the cooling step had higher intensity of *viscosity* ($P > 0.05$). The juice from the cooling step also showed higher intensity of *acid* flavor (P

> 0.05) in the 1st, 2nd and 4th collection periods. In the 3rd collection period there was no difference ($P > 0.05$) in *acid* flavor among the juice from the concentration, blend and cooling steps, while in the 5th collection period there was no difference ($P > 0.05$) among the juice from the extraction, concentration, blend and cooling steps. In the 1st, 3rd and 4th collection periods, the juice from the concentration step showed higher intensity of *viscosity* ($P > 0.05$). Regarding *turbidity*, from appearance, the juice from the concentration step also showed higher intensity, with difference ($P \leq 0.05$) only in the 1st collection period. The juice from the extraction step showed higher intensity of *viscosity*, from appearance, in the 2nd and 5th collection periods, but did not differ ($P > 0.05$) from the juice of the concentration step. The juice from the filtration step showed higher intensity of *turbidity* in the 2nd collection period, but did not differ ($P > 0.05$) from the juice of the extraction and concentration steps. The juice from the blend step showed higher intensity of *turbidity* in the 5th collection period and did not differ ($P > 0.05$) from the juice of the concentration step. The concentration step had a strong influence in the sensory profile of the orange juice. After concentration *natural*, *citric*, *sweet* and *oil* aroma, and *natural*, *citric* and *oil* flavor were greatly decreased, while *cooked* aroma and flavor, and *acid* flavor were greatly increased. Concentration also affected yellow color, turbidity and viscosity (appearance and texture). The decrease of *natural* aroma and flavor was already associated with heat treatment (Shaw and others 1993; Della Torre and others 2003; Polydera and others 2005).

The intensity of *sweet* (2.96 to 4.63) and *bitter* (1.36 to 5.36) flavor varied among the juice from the different FCOJ processing steps and among the collection periods. Regarding the *sweet* flavor, the juice from the filtration and extraction steps showed the highest and the lowest mean ($P \leq 0.05$), respectively, but did not differ ($P > 0.05$) from the juice of all the other steps in the 1st collection period. The juice from the concentration step showed the highest *sweet* flavor mean, differing ($P \leq 0.05$) only from the juice of the extraction step in the 2nd collection period. There was no difference ($P > 0.05$) in *sweet* flavor among the juice from all the steps in the 3rd and 4th collection periods. The juice from the blend step showed the highest *sweet* flavor mean, differing ($P \leq 0.05$) only from the juice of the extraction step in the 5th collection period. There was no difference ($P > 0.05$) in *bitter* flavor among the juice from all the processing steps in the 1st collection period. The juice from the filtration step showed the highest *bitter* flavor mean, but did not differ ($P > 0.05$) from the juice of the extraction and blend steps in the 2nd collection period, and only differ ($P \leq 0.05$) from the juice of the extraction step in the 3rd collection period. The juice from the blend step showed the highest *bitter* flavor mean, differing ($P \leq 0.05$) only from the juice of the extraction step in the 4th collection period. The juice from the cooling step showed the highest *bitter* flavor mean, without difference ($P > 0.05$) from the juice of the extraction step in the 5th collection period.

The juice from the different FCOJ processing steps showed low intensity of *green tone* and *over-ripen* aroma and flavor. In a general way there was no noticeable difference in *green tone*, *over-ripen* aroma and flavor among the juice from all the steps in all the collection periods, once the scale varied from 0.60 to 2.05, 0.72 to 2.18 and 0.79 to 2.33, respectively.

The similarities and differences among the juice from the steps of the FCOJ processing of all the collection periods were highlighted by the PCA (Figure 2). The first two components (PC I and PC II) together explained up to 65.74% of the juice variability, indicating that the descriptors suitable discriminate the juice from the steps of the FCOJ processing. The first component, responsible for most of the statistical variance, was characterized by large positive loadings for *natural*, *citric*, *sweet* and *oil* aroma, and *natural*, *citric* and *oil* flavor, and *vesicles* from both appearance and texture, and a negative loading for *cooked* aroma and flavor, and *acid* flavor. Thus, it could be related to the general quality of the orange juice. The juice from the extraction and filtration steps from all the collection periods, loaded positively on PC I, was characterized by high intensity of *natural*, *citric*, *sweet* and *oil* aroma, and *natural*, *citric* and *oil* flavor, and *vesicles* from both appearance and texture with higher intensity in the juice from the extraction step (farther right on PC I). *Cooked* aroma and flavor, and *acid* flavor had lower intensities in the juice from the extraction step. The juice from the concentration step from all the collection periods, from the cooling step of the 5th collection period and that from the blend step of the 3rd, 4th and 5th collection periods, negatively loaded on PC I and positively loaded on PC II, was characterized by higher intensity of *yellow color*, *cooked* aroma and flavor, *viscosity* from texture and *turbidity*. The juice from the cooling step of the 1st, 2nd, 3rd and 4th collection periods, and the juice from the blend step of the 1st and 2nd collection periods, negatively loaded on PC I and PC II, were characterized by higher intensity of *acid* flavor, with different sensory profile from the juice of all the other steps. The *green tone*, *over-ripen* aroma and flavor, and *sweet* and *bitter* flavor provided small contribution to discriminate the juice from the steps of the FCOJ processing. These results confirmed those from the ANOVA and Tukey test (Table 2).

There was a positive correlation among *yellow color*, *turbidity* and *viscosity*, from both appearance and texture with correlation coefficient from $0.613 < r < 0.819$ ($P \leq 0.05$), which negatively correlated with *green tone* ($-0.613 < r < -0.818$). Also, positive correlation was obtained among *sweet* aroma, *natural* (aroma and flavor), *citric* (aroma and flavor) and *oil* (aroma and flavor), with $0.887 < r < 0.988$, which negatively correlated with *cooked* (aroma and flavor), with $-0.878 < r < -0.967$. The *vesicles* (appearance and texture) positively correlated with *sweet* aroma, *natural* (aroma and flavor), *citric* (aroma and flavor) and *oil* aroma, with $0.643 < r < 0.794$, and negatively correlated with *cooked* (aroma and flavor), with $-0.633 < r < -0.658$, as expected. Vesicles are from the juice of the extraction step, where natural and characteristic orange juice

attributes predominate. Rega and others 2004 reported that the *vesicles* affect the sensory perception of some descriptors, and the addition of natural vesicles in juices increases the fresh orange juice character. There was a positive correlation between *cooked* aroma and flavor ($r = 0.994$) and between *over-ripen* aroma and flavor ($r = 0.884$), and also among *acid* flavor with *cooked* aroma ($r = 0.612$), and with *cooked* flavor ($r = 0.652$). Della Modesta and others 2005 developed the sensory profile of processed passion fruit juice, and reported that cooked flavor positively correlated with fermented (aroma and flavor) with $0.73 < r < 0.77$, and that passion fruit flavor negatively correlated with artificial (aroma and flavor), cooked (aroma and flavor) and fermented aroma ($-0.51 < r < -0.66$); *sweet* and *bitter* flavor did not correlate with any descriptors.

Conclusion

The juices from the extraction and filtration steps were characterized by high intensity of *sweet* aroma, *natural* aroma and flavor, *citric* aroma and flavor and *oil* aroma and flavor, showing similar profile. The juice from the extraction step was also characterized by *vesicles* from both appearance and texture. The juice from the concentration, blend and cooling steps were characterized by high intensity of *cooked* aroma and flavor, with similar profile. The sensory profile of the orange juice was noticeably affected by heat treatment. The high temperatures of concentration may negatively impact on orange juice quality. After concentration *natural*, *citric*, *sweet* and *oil* aroma, and *natural*, *citric* and *oil* flavor were greatly decreased, while *cooked* aroma and flavor, and *acid* flavor were greatly increased.

References

- Amerine MA, Pangborn RM, Roessler EB. 1965. *Principles of sensory evaluation of food*. Nova York: Academic Press. 377 p.
- Baxter IA, Easton K, Schneebeli K, Whitfield FB. 2005. High pressure processing of Australian navel orange juices: Sensory analysis and volatile flavor profiling. *Innov Food Sci Emerg Technol* 6:372-87.
- CitrusBR: Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. [Internet]. Brazil. 2009 [accessed May 6, 2011]. Available from: <http://www.citrusbr.com.br/exportadores-citricos/biblioteca/artigo193605-2.asp>.
- CitrusBR: Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. [Internet]. Brazil. 2011 [accessed May 6, 2011]. Available from: <http://www.citrusbr.com/citrusbr/assuntos/estatist.asp>.
- Damásio MH, Costell E. 1991. Análisis sensorial y descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. *Rev Agroquim Tecnol Aliment* 31:165-78.

- Darros-Barbosa R. 2006. Processamento industrial da laranja. In: Koller OC, editor. Citricultura: 1. Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização. Porto Alegre: Cinco Continentes. p 333-96.
- Della Modesta RC, Golçalves EB, Rosenthal A, Silva ALS, Ferreira JCS. 2005. Desenvolvimento do perfil sensorial e avaliação sensorial/instrumental de suco de maracujá. *Ciênc Tecnol Aliment* 25:345-52.
- Della Torre JCM, Rodas MAB, Badolato GG, Tadini CC. 2003. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. *Ciênc Tecnol Aliment* 23:105-11.
- Elston A, Sims C, Mahattanatawee K, Rouseff R. 2006. Determination of commercial orange juice quality factors using descriptive and GCO analyses. In: Bredie WLP, Petersen MA, editors. *Developments in Food Science: Flavour Science*. Amsterdam: Elsevier. p 541-44.
- Facundo HVV, Souza Neto MA, Maia GA, Narain N, Garruti DS. 2010. Changes in flavor quality of pineapple juice during processing. *J Food Process Pres* 34:508-19.
- Frata M, Valim MF, Monteiro M. 2006. Preference mapping of commercial orange juices. *Fruit Process* 2:116-21.
- Garruti DS, Facundo HVV, Souza Neto MA, Wagner R. 2010. Changes in the key odour-active compounds and sensory profile of cashew apple juice during processing. In: Blank I, Wüst M, Yeretizian C, editors. *Expression of Multidisciplinary Flavour Science: Proceedings of the 12th Weurman Symposium*. Winterthur: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. p 215-18.
- Meilgaard MC, Civille GV, Carr BT. 2006. *Sensory Evaluation Techniques*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press. 464 p.
- Moskowitz HR. 1983. *Product Testing and Sensory Evaluation of Foods: Marketing and R & D Approaches*. Westport: Food and Nutrition Press. 605 p.
- Pérez-Cacho PR, Galán-Soldevilla H, Mahattanatawee K, Elston A, Rouseff RL. 2008. Sensory Lexicon for Fresh Squeezed and Processed Orange Juices. *Food Sci Tech Int* 14:131-41.
- Petersen MA, Tønder D, Poll L. 1998. Comparison of normal and accelerated storage of commercial orange juice - Changes in flavour and content of volatile compounds. *Food Qual Pref* 9:43-51.
- Polydera AC, Stoforos NG, Taoukis PS. 2005. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. *Innov Food Sci Emerg Technol* 6:1-9.
- Queiroz CE, Menezes HC. 2010. Suco de laranja. In: Venturini Filho WG, editor. *Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia*. São Paulo: Edgard Blücher. p 243-67.

- Rega B, Fournier N, Nicklaus S, Guichard E. 2004. Role of Pulp in Flavor Release and Sensory Perception in Orange Juice. *J Agric Food Chem* 52:4204-12.
- Shaw PE, Nagy S, Rouseff RL. 1993. The shelf life of citrus products. In: Charalambous G, editor. *Shelf life studies of foods and beverages*. Amsterdam: Elsevier. p 755-78.
- Stone H, Sidel J, Oliver S, Woolsey A, Singleton RC. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol* 28:24-34.
- Teixeira M, Monteiro M. 2006. Degradação da vitamina C em suco de fruta. *Alim Nutr* 17:219-27.
- Tribess TB, Rodas MAB, Della Torre JCM, Tadini CC. 2009. The effect of refrigerated storage on sensory profile and physical-chemical characteristics of minimally pasteurized orange juice. *J Food Process Pres* 33:264-80.
- USDA. 1983. (United States Department of Agriculture): United States Standards for Grades of Orange Juice. Available from: http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ams.usda.gov%2FAMSv1.0%2Fgetfile%3FdDocName%3DSTELDEV3011864&ei=2Ox4TrGdOYPHgAeP1PDjDQ&usg=AFQjCNEDxrRHBQry0bnzuyDpf8of9u3_ag. Accessed Sep 10, 2011.

Acknowledgments

The authors thanks to FAPESP, CAPES and Prope/UNESP for the financial support. Special thanks are given to the sensory panels for their volunteer participation.

Table 1 – Definitions of the sensory descriptors and reference standards used in the descriptive quantitative analysis of the orange juice from the FCOJ processing steps.

Attribute	Definition	Reference Standard
Appearance		
Yellow color	yellow color characteristic of orange juice	Weak: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 4 °Brix. Strong: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 20 °Brix.
Green tone	yellow color to green	None: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 20 °Brix. Strong: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 2 °Brix.
Vesicles	visually noticable vesicles	None: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 5 °Brix. Too much: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 15 °Brix, containing 30% (m/m) of vesicles ^c .
Viscosity	adherence of the orange juice in the cup	Weak: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 2 °Brix. Strong: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 20 °Brix.
Turbidity	light through the orange juice in the crystal glass	Weak: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 2 °Brix. Strong: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 20 °Brix.
Aroma		
Natural	characteristic aroma of orange juice	None: water ^b . Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , containing 0.1% (v/v) of D-limonen.
Citric	characteristic citric aroma of orange juice	Weak: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 2 °Brix, containing 5% (v/v) of fresh squeezed Tahiti lemon juice, without vesicles ^d . Strong: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 2 °Brix, containing 30% (v/v) of fresh squeezed Tahiti lemon juice, without vesicles ^d .
Sweet	sweet aroma of ripe orange juice	Weak: fresh squeezed ripe orange juice from Lima variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 2 °Brix. Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Lima variety, without vesicles ^d .
Over-ripen	characteristic aroma of over-ripen orange, aged, that start to rot (senescence)	None: water ^b . Strong: fresh squeezed over-ripen orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d .
Oil	orange's peel oil aroma	None: water ^b . Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , containing 2% (v/v) of D-limonen.
Cooked	heat treated orange juice aroma	None: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 5 °Brix. Strong: 400mL of fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , heated to 400C for 40 minutes.
Flavor		
Natural	fresh squeezed orange juice flavor	None: water ^b . Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d .
Citric	characteristic orange juice flavor	Weak: fresh squeezed ripe orange juice from Lima variety, without vesicles ^d , containing 30% (v/v) of fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d . Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , containing 5% (v/v) of fresh squeezed Tahiti lemon juice, without vesicles ^d .
Acid	orange acid taste	Weak: fresh squeezed ripe orange juice from Lima variety, without vesicles ^d . Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , containing 0.5% (m/v) of citric acid.
Sweet	ripe orange taste	Weak: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 4 °Brix. Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 4 °Brix, containing 5% (m/m) of sucrose.
Bitter	bitter taste of orange juice	Weak: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 5 °Brix. Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , containing 0.10% (m/m) of caffeine.
Over-ripen	characteristic flavor of over-ripen orange, aged, that start to rot (senescence)	None: water ^b . Strong: fresh squeezed over-ripen orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d .
Oil	flavor of orange's peel oil	Weak: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 5 °Brix. Strong: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , containing 2% (v/v) of D-limonen.
Cooked	heat treated orange juice flavor	None: fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , diluted with water ^b up to 5 °Brix. Strong: 400mL of fresh squeezed ripe orange juice from Pêra Rio variety, without vesicles ^d , heated to 400C for 40 minutes.
Texture		
Vesicle	presence of vesicles in mouth	None: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 5 °Brix. Too much: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 15 °Brix, containing 30% (m/m) of vesicles ^c .
Viscosity	adherence feeling of the orange juice in mouth	Weak: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 2 °Brix. Strong: concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma ^a , reconstituted with water ^b up to 20 °Brix.

^a concentrated orange juice (66 °Brix), without aroma, from the flash cooling step; ^b mineral water; ^c vesicles retained in 60 mesh sieve, from fresh squeezed ripe Pêra Rio orange; ^d juice sifted in 60 mesh.

Table 2 – Mean of descriptors’ intensities of the orange juice from the FCOJ processing steps in the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th collection periods.

Descriptors	1st collection period					2nd collection period					3rd collection period					4th collection period					5th collection period				
	Extraction	Filtration	Concentration	Blend	Cooling	Extraction	Filtration	Concentration	Blend	Cooling	Extraction	Filtration	Concentration	Blend	Cooling	Extraction	Filtration	Concentration	Blend	Cooling	Extraction	Filtration	Concentration	Blend	Cooling
Appearance																									
Yellow color	5.21 bc	5.45 b	7.24 a	4.73 c	4.81 bc	5.70 bc	6.05 b	6.80 a	4.92 d	5.28 cd	5.56 b	5.67 b	6.71 a	6.71 a	4.91 c	5.74 b	5.79 b	6.82 a	6.66 a	6.16 b	5.31 d	5.92 bc	6.38 b	7.15 a	5.87 c
Green tone	1.44 a	1.51 a	0.60 b	2.03 a	1.60 a	1.10 a	1.49 a	1.08 a	1.52 a	1.53 a	1.15 c	1.71 ab	1.31 bc	1.23 bc	2.05 a	1.23 a	1.58 a	1.03 a	1.13 a	1.43 a	1.60 a	1.43 a	1.26 ab	0.77 b	1.37 ab
Vesicle	7.33 a	0.10 b	0.06 b	0.01 b	0.03 b	6.79 a	0.04 b	0.01 b	0.03 b	0.03 b	7.33 a	0.49 b	0.06 c	0.04 c	0.06 c	7.65 a	0.09 b	0.04 b	0.04 b	0.03 b	7.06 a	0.07 b	0.04 b	0.04 b	0.04 b
Viscosity	3.81 ab	3.26 abc	4.14 a	2.30 c	2.91 bc	3.96 a	3.24 abc	3.65 ab	2.71 c	2.86 bc	3.88 ab	3.31 bc	4.09 a	4.09 a	2.65 c	3.65 ab	3.17 b	3.97 a	3.32 ab	3.03 b	4.06 a	3.48 a	3.59 a	3.80 a	3.69 a
Turbidity	4.70 b	4.68 b	6.27 a	3.80 c	4.21 bc	5.09 a	5.55 a	5.51 a	4.15 b	3.79 b	5.34 a	5.30 a	5.43 a	5.36 a	4.18 b	5.21 a	5.00 a	5.36 a	5.09 a	4.21 b	5.36 a	5.30 a	5.49 a	5.79 a	5.64 a
Aroma																									
Natural	7.33 a	6.07 b	1.90 c	1.80 c	2.05 c	7.26 a	5.58 b	1.64 d	2.66 c	1.75 d	6.89 a	6.24 b	2.26 c	2.01 c	1.34 d	7.03 a	5.83 b	2.35 c	1.96 c	2.22 c	7.03 a	5.78 b	2.17 c	1.96 c	1.87 c
Citric	6.43 a	5.59 a	2.88 b	3.16 b	3.03 b	5.76 a	5.15 a	3.06 c	4.06 b	2.77 c	5.45 a	5.53 a	3.62 b	3.79 b	2.53 c	5.11 ab	5.13 a	4.24 bc	3.80 c	3.87 c	5.87 a	5.21 a	3.73 b	3.39 b	3.38 b
Sweet	4.82 a	4.55 a	2.56 b	2.01 b	2.39 b	5.15 a	4.27 b	2.38 c	2.77 c	2.39 c	4.82 a	4.33 a	2.64 b	2.47 b	1.58 c	5.27 a	4.46 b	2.35 c	2.26 c	2.38 c	4.95 a	4.58 a	2.36 b	2.14 b	2.08 b
Over-ripen	0.72 b	1.55 ab	1.33 ab	1.74 a	0.92 ab	1.57 ab	2.08 a	1.03 ab	1.58 ab	0.99 b	2.14 a	1.18 b	1.69 ab	1.81 ab	1.28 b	2.18 a	1.96 ab	1.90 ab	1.36 ab	1.01 b	1.09 a	1.72 a	1.07 a	1.39 a	1.31 a
Oil	6.17 a	5.29 a	1.73 b	1.92 b	1.31 b	5.50 a	4.78 a	1.68 b	1.83 b	1.16 b	5.02 a	5.77 a	1.76 b	2.26 b	0.72 c	4.97 a	5.17 a	1.59 b	1.09 b	1.08 b	5.35 a	4.53 b	1.41 c	1.03 c	0.92 c
Cooked	0.32 c	0.65 c	6.86 a	4.33 b	5.07 b	0.27 d	1.04 d	6.76 a	4.10 c	5.06 b	0.36 c	0.60 c	6.24 a	5.85 a	4.55 b	0.43 c	0.79 c	6.29 a	5.53 ab	5.24 b	0.23 c	0.43 c	6.75 a	5.44 b	5.11 b
Flavor																									
Natural	6.84 a	4.88 b	1.80 c	2.24 c	2.18 c	7.20 a	4.71 b	1.71 c	2.36 c	2.17 c	6.83 a	5.82 b	2.31 c	2.07 c	2.11 c	6.35 a	5.31 b	2.10 c	2.28 c	2.27 c	6.47 a	5.04 b	1.93 c	2.21 c	1.72 c
Citric	5.64 a	5.09 a	3.22 b	3.62 b	3.39 b	5.66 a	4.72 ab	3.29 c	3.76 bc	3.61 bc	5.60 a	5.48 a	3.86 b	3.26 b	3.09 b	4.45 a	4.54 a	3.62 a	3.95 a	3.47 a	5.18 a	4.71 ab	3.99 bc	3.97 bc	3.63 c
Acid	3.09 b	3.17 b	4.02 ab	4.21 ab	4.91 a	2.66 b	3.40 ab	3.52 ab	3.79 a	3.93 a	2.66 c	2.96 bc	4.04 a	4.34 a	3.65 ab	1.73 b	2.04 b	3.10 a	3.41 a	3.80 a	2.58 ab	2.11 b	2.58 ab	3.10 a	2.84 a
Sweet	3.07 b	4.13 a	3.97 ab	3.54 ab	3.96 ab	3.49 b	4.08 ab	4.63 a	3.89 ab	3.93 ab	4.20 a	3.72 a	4.03 a	3.94 a	3.59 a	3.86 a	4.39 a	4.43 a	4.24 a	4.13 a	2.96 b	3.89 a	3.82 a	3.97 a	3.41 ab
Bitter	2.83 a	3.36 a	2.85 a	2.76 a	2.80 a	2.29 ab	3.11 a	1.90 b	2.76 ab	2.09 b	1.53 b	3.59 a	2.99 a	2.88 a	2.59 a	1.36 b	1.96 ab	2.23 a	2.71 a	2.26 a	4.77 ab	2.62 d	4.11 bc	3.61 c	5.36 a
Over-ripen	0.89 b	1.74 a	1.30 ab	1.89 a	0.79 b	1.72 a	2.03 a	1.11 a	1.71 a	1.23 a	1.48 a	1.15 a	1.72 a	1.73 a	1.22 a	2.33 a	1.98 ab	1.80 ab	1.42 ab	1.15 b	1.49 a	1.59 a	1.16 a	1.53 a	1.21 a
Oil	5.77 a	5.82 a	2.53 b	2.50 b	2.03 b	4.98 a	4.54 a	2.38 b	1.99 b	1.93 b	4.94 b	6.14 a	2.78 c	2.64 cd	1.82 d	4.38 a	4.69 a	1.58 b	1.68 b	1.55 b	5.07 a	3.97 b	1.99 c	1.79 c	2.02 c
Cooked	0.41 d	1.04 d	6.56 a	4.56 c	5.58 b	0.34 c	0.91 c	6.13 a	4.29 b	5.01 b	0.36 b	0.91 b	5.74 a	5.71 a	4.95 a	0.50 b	0.86 b	6.07 a	5.53 a	5.80 a	0.40 c	0.62 c	6.14 a	5.24 b	5.15 b
Texture																									
Vesicle	7.43 a	0.11 b	0.08 b	0.04 b	0.04 b	6.98 a	0.03 b	0.02 b	0.02 b	0.03 b	7.48 a	0.36 b	0.04 c	0.06 c	0.08 c	7.41 a	0.06 b	0.06 b	0.04 b	0.06 b	7.06 a	0.05 b	0.05 b	0.06 b	0.06 b
Viscosity	3.37 b	3.92 ab	4.52 a	3.06 b	3.11 b	3.55 bc	4.03 b	4.78 a	2.96 c	3.17 c	3.52 b	4.13 ab	4.47 a	4.64 a	2.52 c	3.07 c	3.24 bc	4.50 a	3.91 ab	3.30 bc	3.75 bc	3.54 c	4.79 a	4.45 ab	4.86 a

Mean with the same letter for each processing steps, in each collection period, did not differ significantly by the Tukey test ($P > 0.05$).

0= none/weak; 9= strong/too much, n= 12 judges.

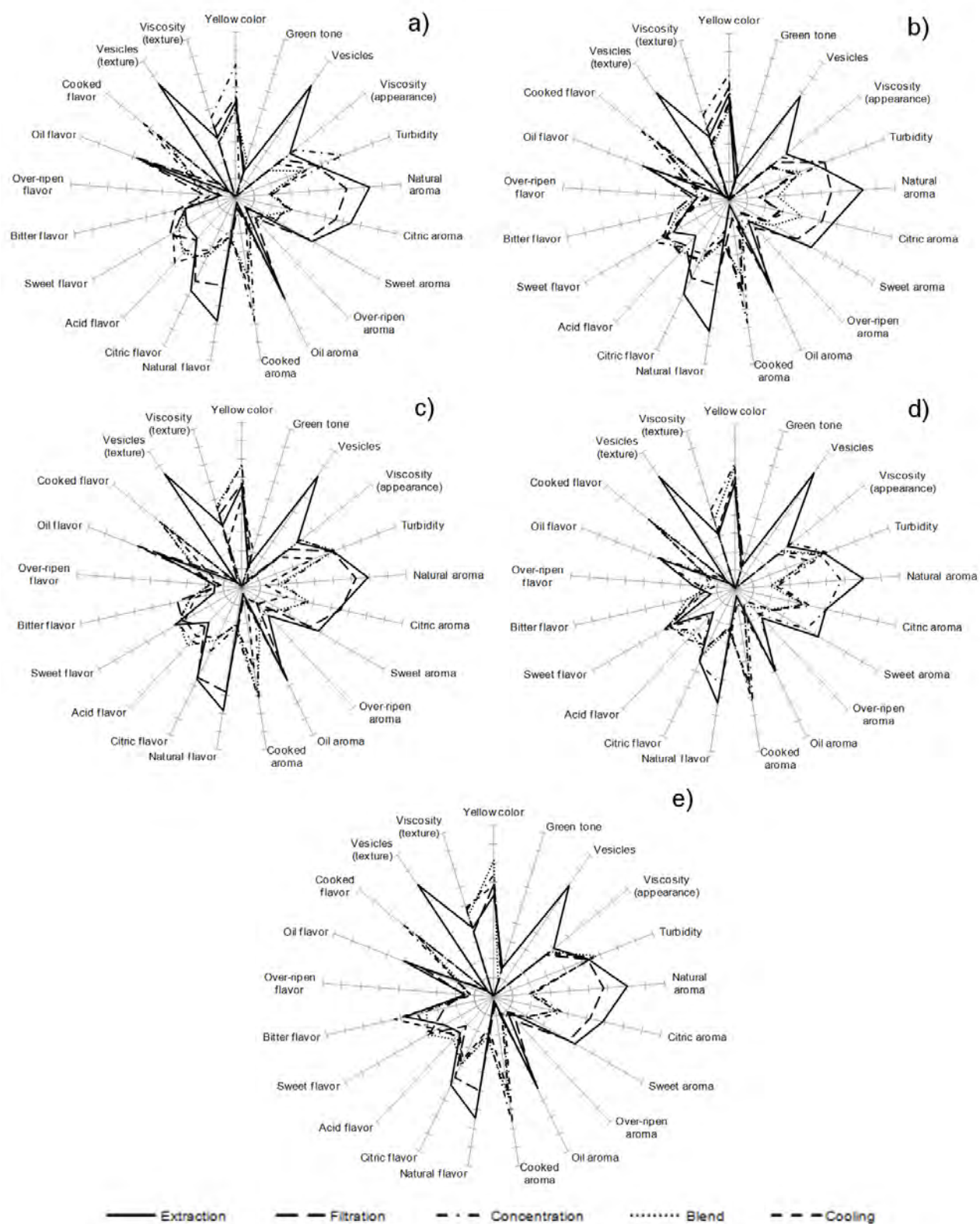


Figure 1 – Sensory profile of the orange juice from the FCOJ processing steps in the 1st (a), 2nd (b), 3rd (c), 4th (d) and 5th (e) collection periods.

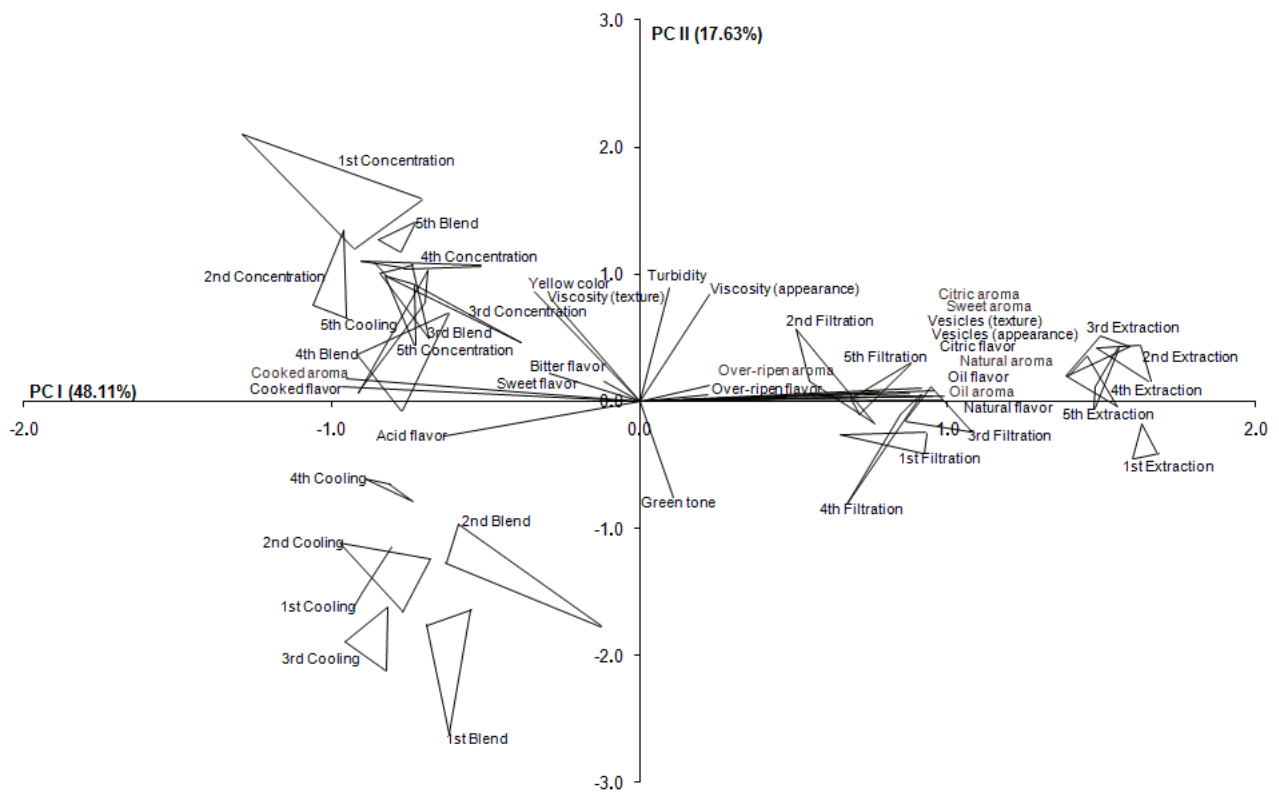


Figure 2 – Principal component analysis of appearance, aroma, flavor and texture descriptors of the orange juice from the FCOJ processing steps in the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th collection periods.

Capítulo 4

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ORANGE JUICE FROM THE STEPS OF THE FCOJ PROCESSING

Artigo a ser submetido à revista *International Journal of Food Science & Technology*.

Antioxidant activity of orange juice from the steps of the FCOJ processing

Hitty-Ko Kamimura, Raíssa B. Mastello, Talita V. Machado, Natalia S. Janzantti, Magali Monteiro*

Department of Food and Nutrition, School of Pharmaceutical Science, São Paulo State University-UNESP, P.O. Box 502, Araraquara, SP, Brazil, 14801-902.

Summary

Total antioxidant activity and total phenolic compounds (TPC) of orange juice from the FCOJ processing steps were evaluated using ABTS and Folin-Ciocalteu assays, respectively. The TPC results ranged from 17.20 to 94.03 mg gallic acid 100 mL⁻¹ orange juice, while the total antioxidant activity values ranged from 467.78 to 795.40 µmol Trolox 100 mL⁻¹ orange juice. Significant differences ($p \leq 0.05$) were found among the juice from the different FCOJ processing steps in all collection times. The TPC levels increased with the processing of the juice in all the collection times. The 2nd collection time showed the lowest TPC values when compared to the 1st and 3rd collection times. The total antioxidant activity of the juice was high in the juice from all the FCOJ processing steps. There was an increase in the total antioxidant activity with processing. The phenolic compounds had a noticeable contribution to the total antioxidant activity.

Keywords: antioxidant activity, ABTS, orange juice, FCOJ processing steps, total phenolic compounds, physicochemical characteristics.

***Correspondent:** Tel.: + 5516 3301 6930; fax: + 5516 3301 6020;
e-mail address: monteiro@fcar.unesp.br

Introduction

Brazil is the largest producer and exporter of frozen concentrated orange juice (FCOJ) in the world. 440 thousand tons were exported in 2010 and 192 thousand tons up to February 2011. In 2009 the United States of America and Canada consumed 17% of the total exported Brazilian orange juice, and the European Union consumed 71% (CitrusBR, 2011).

Fruit juice consumption has been increasing in the last years as a consequence of the search for a healthier life. The daily consumption of fruit, fruit juice and vegetables has been associated to the prevention of several pathologies, including different kinds of cancer, cardiovascular and neurological diseases. The beneficial effects are related to the presence of many antioxidant compounds such as polyphenols, ascorbic acid, tocopherols and carotenoids, which are able to stabilize free radicals. Different mechanisms can be involved including the inhibiting initiation and breaking chain propagation of free radicals, reducing hydrogen peroxide, and quenching superoxide and singlet oxygen (Prior *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2009, Ryan *et al.*, 2010, Sariburum *et al.*, 2010).

The antioxidants in foods are usually quantified using different techniques in order to cover the different antioxidants and mechanisms. The most used are DPPH and ABTS, based on the ability of antioxidants to stabilize the radical formation, resulting in reduction of absorbance, as well as the Folin-Ciocalteu reaction that quantifies the total phenolic compounds (Sun *et al.*, 2002; Asami *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2009; Stella *et al.*, 2011).

The orange juice is an important source of antioxidants in the diet, mainly ascorbic acid and flavonoids. Gil-Izquierdo *et al.* (2001) reported values of total phenolics (sum of flavanones, hydroxycinnamic derivates and C-glycosylflavone

contents) of orange juice ranging from 34.1 to 86.7 mg 100 mL⁻¹. The values of flavanones (64.9 mg 100 mL⁻¹) were higher in the fresh squeezed orange juice than in the manufactured juice (8.1-20.0 mg 100 mL⁻¹), with a decrease of 50% during storage for 72 hours under refrigeration (4 °C). Gil-Izquierdo *et al.* (2002) reported phenolic compounds (hydroxycinnamic acid derivatives, flavones and flavanones) ranging from 33.8 to 49.9 mg ascorbic acid equivalent 100 mL⁻¹ juice for fresh squeezed and manufactured orange juice (squeezing, mild pasteurization, standard pasteurization, concentration and freezing). Freezing affected the phenolic compounds that decreased from 87.5 to 56.7 mg ascorbic acid equivalent 100 mL⁻¹ orange juice. The ascorbic acid provided 77% of antioxidant activity of the orange juice while the phenolic compounds had a lower contribution (Gil-Izquierdo *et al.*, 2002). Stella *et al.* (2011) reported phenolic compounds ranging from 18.7 to 54.2 mg gallic acid 100 mL⁻¹ and total antioxidant activity ranging from 57.9 to 349.3 µmol Trolox 100 mL⁻¹ of ready to drink orange juice and nectar. Cortés *et al.* (2008) and Tabart *et al.* (2009) reported 249 µmol Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC) 100 mL⁻¹ and 198 µmol TEAC 100 mL⁻¹, respectively, for orange juice. Rapisarda *et al.* (1999) found total antioxidant activity values for different orange clones varying from 74 µmol Trolox 100 mL⁻¹ late Valencia to 705 µmol Trolox 100 mL⁻¹ Moro IV.

Some antioxidant compounds like ascorbic acid and carotenoids are very sensitive to heat and storage. They can be lost during manufacturing (Zhang and Hamauzu, 2004), although flavonoids and other phenolic compounds are quite stable at high temperatures (Vallejo *et al.*, 2003). During the FCOJ processing drastic changes occur which strongly affect the juice. The aim of this study was to evaluate the total antioxidant activity, the total phenolic compounds and the physicochemical characteristics of the orange juice from the steps of the FCOJ processing.

Materials and Methods

Samples

The juice was from Pêra-Rio orange, obtained from the FCOJ processing steps. The juice was provided by a citrus industry from Araraquara, SP, Brazil. 3 L of orange juice from the extraction, filtration and concentration (1st stage of the multiple effect evaporator) steps and 1 kg from the blend and cooling steps were collected three times in order to cover the whole 2009 harvest. The juice collected at each step was obtained from the same load of oranges. At each time the juice collected was collected, packaged in high density polyethylene bottles (500 mL) and then analyzed. The juice from the concentration, blend and cooling steps was reconstituted with water up to 11.8 °Brix (USDA, 1983) prior to the analysis. The juice from the extraction and filtration steps showed soluble solids content of 9.6 - 11.8 °Brix in all the collection times.

Chemicals

The gallic acid and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) were obtained from Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., U.S.A.); 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) was from Sigma (Steinheim, Germany); ascorbic acid and ethanol from Merck (Darmstadt, Germany); sodium carbonate from Labsynth (Diadema, SP, Brazil); Folin-Ciocalteu reagent from Imbralab (Ribeirão Preto, SP, Brazil); potassium persulfate from Fluka (Steinheim, Germany); methanol from J.T. Baker (Phillipsburg, N.J., U.S.A.); glucose from Quimibrás (Rio de Janeiro, RJ, Brazil); sodium hydroxy, potassium sodium tartrate tetrahydrate, and cupric sulfate pentahydrate from Labsynth (Diadema, SP, Brazil); oxalic acid and 2,6-dichloroindophenol sodium salt hydrate from Vetec (Rio

de Janeiro, RJ, Brazil).

Sample preparation for total phenolic compounds and total antioxidant activity

Aliquots of 5 mL of orange juice from the different steps of the FCOJ processing were centrifuged at 9000 rpm for 30 min at 20 °C. The supernatants were filtered through a Whatman #1 filter to a 10 mL volumetric flask and the volume was adjusted with ethanol.

Determination of total phenolic compounds

Total phenolic compounds (TPC) were determined using the Folin-Ciocalteu assay as reported by Asami *et al.* (2003). In a 25 mL volumetric flask, 5.0 mL of water, 5.0 mL of orange juice and 0.3 mL of Folin-Ciocalteu reagent were added, mixed and allowed to stand at room temperature for 5 min. After that, 10 mL of a sodium carbonate solution (10%, w/v) was added, and then the flask volume was adjusted with water, mixed and heated at 40 °C for 30 min in a water bath. The absorbance was measured at 720 nm using a Beckman DU® 121 640 Spectrophotometer (Fullerton, CA, USA). Quantification was carried out using a gallic acid calibration curve (70 to 260 µg gallic acid mL⁻¹) and the results were expressed as milligrams of gallic acid L⁻¹ orange juice. Triplicate analyses were performed.

Determination of total antioxidant activity

The ABTS assay was performed according to Rufino *et al.* (2009). The ABTS radical cation (ABTS^{•+}) was obtained from the reaction between 5.0 mL ABTS (7 mmol L⁻¹) with 88 µL potassium persulfate (140 mmol L⁻¹), and was maintained in the dark, at room temperature for 16 hours before use. Afterwards, 1.0 mL ABTS^{•+}

solution was diluted with ethanol to the absorbance 0.7 ± 0.1 at 752 nm.

Three different solutions of orange juice:ethanol (1:5 to 3:5 v/v) were prepared. These solutions (30 μL) were added to 3.0 mL of the diluted ABTS, and after 5 minutes the absorbance decrease was read at 752 nm, against a blank (ethanol). In order to determine total antioxidant activity, calibration curves with Trolox (100-1200 $\mu\text{mol L}^{-1}$) were built. Triplicate analyses were performed.

Physicochemical evaluation

Ascorbic acid and total sugar were determined according to AOAC (2005). The analyses were performed in triplicates.

Statistical Analysis

The results were analysed using ANOVA and considered significant at $p \leq 0.05$ in Tukey test. SAS System Version 6.12 (SAS Institute Inc., Cary, NC) was used for statistical analysis and Origin 2007 was used for linear regression graphs and correlation analyses.

Results and Discussion

Total phenolic compounds

The Folin-Ciocalteu reaction is based on the reduction of the phenolic compounds by the phosphomolybdic-phosphotungstic acid to tungsten and molybdenum oxides under alkaline conditions, resulting in a blue complex, which can be measured spectrophotometrically. Absorption spectra of gallic acid solution and orange juice were compared in order to determine the maximum absorption lambda, 720 nm. Calibration curves (70 to 260 μg gallic acid mL) showed correlation

coefficients greater than 0.991. Folin-Ciocalteu reaction was performed in triplicate for the juice from each step of the FCOJ processing at each collection time and for each point of the calibration curve.

Many reducing compounds may interfere in the quantification of total phenolic compounds by the Folin-Ciocalteu reaction, among which ascorbic acid and reducing sugars. For this reason correction factors were used to discount the contribution of both ascorbic acid and sugar to the total phenolic compounds of the juice from the steps of the FCOJ processing. Ascorbic acid (30 to 50 mg 100 mL⁻¹) and total sugar (2.0 to 5.0 g glucose 100 mL⁻¹) standard solutions were prepared in concentrations corresponding to those found in the orange juice from the FCOJ processing steps, and submitted to Folin-Ciocalteu reaction. The results were deducted from the previous TPC values.

The TPC values of the orange juice from the FCOJ processing steps are in Table 1. The results ranged from 17.20 to 94.03 mg gallic acid 100 mL⁻¹. Statistical differences ($p \leq 0.05$) were found among the juice from all the FCOJ processing steps. The juice from the blend step showed the highest TPC values in all the collection times, with significant difference ($p \leq 0.05$) from the juice of the other steps only in the 1st collection time. It could be possibly due to the blend of orange juices of different orange varieties in this step. The juice from the extraction step showed the lowest ($p \leq 0.05$) TPC values in all the collection times. A similar behavior of the juice from the manufacturing steps was observed, that is an increasing in the TPC levels during processing.

The 1st collection time showed the highest TPC for the extraction, filtration, blend and cooling steps when compared to the 2nd and 3rd collection times. The concentration step showed the highest values in the 3rd collection time. There was

an overall decrease in the TPC values from the 1st to the 2nd collection times, followed by a slight increase in the 3rd collection time.

The TPC values of orange juice matches those already reported by Stella *et al.* (2011) that ranged from 18.7 to 54.2 mg gallic acid 100 mL⁻¹ of ready to drink orange juice and nectar, Franco (2008), who determined 64.2 mg gallic acid 100 mL⁻¹ and Valverde *et al.* (2000) that reported TPC values ranging from 0.2 to 70 mg gallic acid 100 mL⁻¹. Sun *et al.* (2002) reported 56.8 mg gallic acid 100 g⁻¹ orange and Lim *et al.* (2007) reported 75 mg gallic acid 100 g⁻¹ Valencia orange. The high TPC values in orange juice have been related to the flavanones hesperidin and narirutin, anthocyanins cyanidin 3-6''-malonyl glucoside and cyanidin 3-glucoside, and ferulic, caffeic, sinapic, coumaric, gallic and vanilic acids (Kelebek *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2008; Gil-Izquierdo *et al.*, 2002; Rapisarda *et al.*, 1999), reported TPC of orange juice prepared with different clones of fruits from Italy, which ranged from 0.36 to 1.15 mg ferulic acid 100 mL⁻¹ fresh juice. Gil-Izquierdo *et al.*, 2002) reported TPC values of fresh, squeezed, pasteurized, concentrated, and frozen orange juice ranging from 33.8 to 49.9 mg ascorbic acid equivalent 100 mL⁻¹. Haminiuk *et al.* (2011) reported TPC values for the Brazilian fruits uvaia (37.34 mg gallic acid 100 mL⁻¹), jabuticaba (31.28 mg gallic acid 100 mL⁻¹), grumixama (56.87 mg gallic acid 100 mL⁻¹), araçá (68.47 mg gallic acid 100 mL⁻¹), feijoa (183.40 mg gallic acid 100 mL⁻¹), gabirola (271.40 mg gallic acid 100 mL⁻¹) and cambuci (341.40 mg gallic acid 100 mL⁻¹), the values of which for the first four fruits are in the interval of the TPC found for orange juice from the steps of the FCOJ processing.

Total antioxidant activity

The ABTS assay is based on the capacity of the antioxidant compounds to

scavenge the radical cation ABTS (dark green) promoting radical stabilization (light green), the process of which can be spectrophotometrically quantified.

Absorption spectra of standard solutions of Trolox, the water-soluble α -tocopherol analogue, and orange juice were compared to determine the maximum absorption lambda, 752 nm.

Calibration curves for the TEAC was built by plotting absorbance versus concentration of Trolox standard solutions (100 to 1200 μ M). Each point of the curve was performed in triplicate. All correlation coefficients obtained for the linear regression equation were higher than 0.952. The TEAC values of the orange juice from the different FCOJ processing steps were determined using these calibration curves.

The TEAC values of the juice from the steps of the FCOJ processing ranged from 467.78 to 795.40 μ mol Trolox 100 mL⁻¹ orange juice (Table 1). The TEAC of the juice from the FCOJ processing steps statistical differed ($p \leq 0.05$), with a wide variation among the juice from the steps of the FCOJ processing. The juice from the blend step showed the highest ($p > 0.05$) total antioxidant activity in the 1st collection time, while that of the juice from the filtration step was the highest ($p \leq 0.05$) in the 2nd collection time, and that from the concentration step was the highest ($p > 0.05$) in 3rd collection time. There was a similar behavior on the TEAC values among the juices from all the FCOJ processing steps in all the collection times, that is an increasing with processing.

The highest TEAC values were verified for the juice from the extraction, blend and cooling steps in the 1st collection time. The juice from the filtration step showed the highest values in the 2nd collection time, while that from the concentration step showed the highest values in the 3rd collection time. With the exception of the juice

from the filtration step, there was a decrease in the TEAC values from the 1st to the 2nd collection time.

There was few available data regarding total antioxidant activity of the orange juice during the processing, which made it difficult to perform a data comparison. The TEAC values of orange juice from the FCOJ processing steps were higher than those reported by Stella *et al.* (2011), the values of which ranged from 57.88 to 349.32 $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ mL}^{-1}$ of ready to drink orange juice and nectar, by Tabart *et al.* (2009), with 198 $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ mL}^{-1}$ orange juice and by Cortés *et al.* (2008), with 249 $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ mL}^{-1}$ orange juice. Polydera *et al.* (2004) studied the effect of storage on the total antioxidant activity of high pressured pasteurized orange juice using the ABTS assay. The decrease of total antioxidant activity during the storage was associated to the degradation of ascorbic acid. Sánchez-Moreno *et al.* (2005) reported DPPH radical scavenge capacity of fresh squeezed orange juice (194.2 mL juice g^{-1} DPPH), high pressure processed orange juice (184.7 mL juice g^{-1} DPPH), low pasteurization (30 seconds, 70 °C) treated orange juice (183.1 mL juice g^{-1} DPPH) and high pasteurization (1 min, 90 °C) treated orange juice (206.9 mL juice g^{-1} DPPH).

Physicochemical evaluation

The physicochemical characteristics of the juice from the steps of the FCOJ processing in the three collection times are in Table 1. The total sugar values varied from 4.87 to 9.14 g glucose 100 mL^{-1} . The juice from the filtration step showed the highest ($p \leq 0.05$) values in the 1st and 2nd collection times, while in the 3rd collection time the juice from the blend step ($p \leq 0.05$) was higher. The ascorbic acid values ranged from 31.45 to 45.42 mg 100 mL^{-1} juice. The juice from the extraction

step showed the highest ascorbic acid values in all the collection times, with significant difference ($p \leq 0.05$) among the juice from the other steps in the 2nd and 3rd collection times. The physicochemical characteristics of the juice from the FCOJ processing steps of are close to those reported in literature. Stella *et al.* (2011) reported total sugar values ranging from 9.5 to 16.5 g glucose 100 mL⁻¹ juice and ascorbic acid values ranging from 8.2 to 57 mg 100 mL⁻¹ for juice and from 14.6 to 67.2 mg 100 mL⁻¹ for nectar. Teixeira and Monteiro (2004) reported total sugar values of 9.0 g glucose 100 mL⁻¹ for fresh squeezed juice, 8.6 g glucose 100 mL⁻¹ mL for pasteurized juice and 8.5 g glucose 100 mL⁻¹ mL for reconstituted from concentrated orange juice, and ascorbic acid values of 66.7, 49.4 and 48.3 mg 100 mL⁻¹ juice for fresh squeezed juice, pasteurized juice and reconstituted from concentrated orange juice, respectively. Sugai *et al.* (2002) reported 41.0 mg ascorbic acid 100 mL⁻¹ orange juice and Iha *et al.* (2000) reported total sugar values of 7.9 g glucose 100 mL⁻¹ for fresh squeezed juice and 8.1 g glucose 100 mL⁻¹ for pasteurized orange juice and ascorbic acid values of 47.7 mg 100 mL⁻¹ for fresh squeezed juice and 39.9 mg 100 mL⁻¹ for pasteurized orange juice.

Correlation analysis

There was a positive correlation between TEAC and TPC values, with $r = 0.874$ in the 3rd collection time, $r = 0.870$ in the 1st collection time and $r = 0.606$ in the 2nd collection time. There was a negative correlation between ascorbic acid and TPC, with $r = -0.958$ in the 1st collection time, $r = -0.650$ in the 3rd collection time and $r = -0.600$ in the 2nd collection time. A negative correlation was also found between ascorbic acid and total antioxidant activity, with $r = -0.964$ in the 1st collection time, $r = -0.510$ in the 2nd and $r = -0.310$ in the 3rd collection time. The results showed the

phenolic compounds had an effective contribution to the total antioxidant activity.

Conclusions

The TPC levels increased with the processing of the juice in all the collection times. The 2nd collection time showed the lowest TPC values when compared to the 1st and 3rd collection times.

The total antioxidant activity of the juice was high in the juice from all the FCOJ processing steps. There was an increase in the total antioxidant activity with processing.

The phenolic compounds had a noticeable contribution to the total antioxidant activity.

Acknowledgements

The authors thanks to FAPESP, CAPES and Prope/UNESP for the financial support.

References

- Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. & Mitchell, A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 1237–1241.
- CitrusBR: Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. (2011). Online reference included in article [Internet document] URL <http://www.citrusbr.com/citrusbr/assuntos/estatist.asp>. Accessed 05/06/2011.
- Cortés, C., Barba, F., Esteve, M.J., González, R. & Frígola, A. (2008). Total antioxidant capacity of refrigerated orange juice treated with pulsed electric fields.

- Franco, M.F. (2002). Estudio antioxidantes de bebidas. Actividad antioxidante de bebidas de frutas y de té comercializadas em Costa Rica. Florida Ice and Farm Co. S.A. Available from: http://www.florida.co.cr/productos_es/estudio_antioxidantes.pdf. Accessed Jan 20 2008.
- Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I., Ferreres, F. & Tomás-Barberán, F.A. (2001). In vitro availability of flavonoids and other phenolics in Orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 1035–1041.
- Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I. & Ferreres, F. (2002). Effect of processing techniques at industrial scale on Orange juice antioxidant and beneficial health compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 5107–5114.
- Haminiuk, C.W.I., Plata-Oviedo, M.S.V. *et al.* (2011). Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, **46**, 1529–1537.
- Iha, M.H., Fávaro, R.M.D. *et al.* (2000). Avaliação físico-química e higiênico-sanitária do suco de laranja fresco engarrafado e do suco pasteurizado. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, **59**, 39-44.
- Kelebek, H., Canbas, A. & Selli, S. (2008). Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grown in Turkey. *Food Chemistry*, **107**, 1710–1716.
- Lim, Y.Y., Lim, T.T. & Tee, J.J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. *Food Chemistry*, **103**, 1003–1008.
- Nisida, A.L.A.C., Menezes, H.C., Tocchini, R.P. & Berbari, S.A.G. (2002)

- Estabilidade de suco de laranja (*Citrus sinensis*) refrigerado, acondicionado em embalagem asséptica. *Brazilian Journal of Food Technology*, **5**, 95-100.
- Oliveira, A.C., Valentim, I.B. *et al.* (2009). Total phenolic content and free scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. *Food Chemistry*, **115**, 469–475.
- Polydera, A.C., Stoforos, N.G. & Taoukis, P.S. (2004). The effect of storage on the antioxidant activity of reconstituted orange juice which had been pasteurized by high pressure or heat. *International Journal of Food Science and Technology*, **39**, 783–791.
- Prior, R.L., Wu, X. & Schaich K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 4290–4302.
- Rapisarda, P., Tomaino, A. *et al.* (1999). Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh Orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 4718–4723.
- Rufino, M.S.M., Alves, R.E. *et al.* (1999). Comunicado Técnico on line. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS⁺. [Internet document] URL http://209.85.215.104/search?q=cache:yg8h2CqoBSAJ:www.cnpat.embrapa.br/home/down/index.php%3Fpub/Cot_128.pdf+atividade+antioxidante+ABTS&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=5&gl=br&client=firefox-a. Accessed 03/15/2009.
- Ryan, L. & Prescott, S.L. (2010). Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an in vitro digestion. *International Journal of Food Science and Technology*, **45**, 1191–1197.

- Sánchez-Moreno, C., Plaza, L. *et al.* (2005). Impact of high pressure and pulsed electric fields on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice in comparison with traditional thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 4403–4409.
- Sariburun, E., Sahin, S., Demir, C., Turkben, C. & Uylaser, V. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of raspberry and blackberry cultivars. *Journal of Food Science*, **75**, 328–335.
- Stella, S.P., Ferrarezi, A.P., Santos, K.O. & Monteiro M. (2011). Antioxidant Activity of Commercial Ready-to-Drink Orange Juice and Nectar. *Journal of Food Science*, **76**, 392–397.
- Sugai, A.Y., Shigeoka, D.S., Badolato, G.G. & Tadini, C.C. (2002). Análise físicoquímica e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **22**, 233–238.
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X. & Liu, R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 7449–7454.
- Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne J. & Dommes J. (2009). Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chemistry*, **113**, 1226–1233.
- Teixeira, M. & Monteiro, M. (2006). Degradação da vitamina C em suco de fruta. *Alimentos e Nutrição*, **17**, 219–227.
- Vallejo, F., Tomas-Barberan, F. & Garcia-Viguera, C. (2003). Health promoting compounds in broccoli as influenced by refrigerated transport and retail sale period. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 3029–3034.

- Valverde, I.M., Periago, M.J. & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, **50**, 5–18.
- Xu, G., Liu, D., Chen, J. *et al.* (2008). Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, **106**, 545–551.
- Zhang, D. & Hamauzu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of brocoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, **88**, 503–509.
- USDA. 1983. (United States Department of Agriculture): United States Standards for Grades of Orange Juice. Available from: http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ams.usda.gov%2FAMSv1.0%2Fgetfile%3FdDocName%3DSTELDEV3011864&ei=2Ox4TrGdOYPHgAeP1PDjDQ&usg=AFQjCNEDxrRHBQry0bnzuyDpf8of9u3_ag. Accessed Sep 10, 2011.

Table 1. Physicochemical parameters, total phenolic compounds* (mg gallic acid 100 mL⁻¹) and trolox equivalent antioxidant capacity (μmol Trolox 100 mL⁻¹) of the orange juice from the extraction, filtration, concentration, blend and colling steps of the FCOJ processing.

Collection time	Processing step	TPC (mg gallic acid 100mL ⁻¹)	TEAC (μmol trolox 100mL ⁻¹)	Ascorbic Acid (mg 100mL ⁻¹)	Total Sugar (g glucose 100mL ⁻¹)
1st	Extraction	35.67 ± 1.05 ^d	572.26 ± 7.28 ^c	47.44 ± 3.78 ^a	7.52 ± 0.03 ^d
	Filtration	44.31 ± 0.76 ^c	583.57 ± 0.75 ^c	47.18 ± 0.58 ^a	8.77 ± 0.06 ^a
	Concentration	43.31 ± 0.31 ^c	704.41 ± 23.71 ^b	42.65 ± 0.44 ^b	8.41 ± 0.10 ^b
	Blend	94.03 ± 0.90 ^a	762.25 ± 31.10 ^{ab}	35.23 ± 0.44 ^c	8.17 ± 0.03 ^c
	Cooling	90.09 ± 1.80 ^b	777.44 ± 28.51 ^a	34.60 ± 0.38 ^c	8.15 ± 0.03 ^c
2nd	Extraction	17.20 ± 0.26 ^d	492.98 ± 9.17 ^d	45.42 ± 0.44 ^a	8.43 ± 0.03 ^c
	Filtration	34.74 ± 0.20 ^c	795.40 ± 20.43 ^a	42.91 ± 0.38 ^b	8.93 ± 0.08 ^a
	Concentration	43.06 ± 0.49 ^a	592.61 ± 12.95 ^c	42.02 ± 0.58 ^b	8.65 ± 0.07 ^b
	Blend	43.46 ± 2.14 ^a	713.72 ± 6.36 ^b	34.59 ± 0.65 ^c	8.70 ± 0.02 ^b
	Cooling	38.33 ± 0.46 ^b	730.08 ± 4.12 ^b	31.45 ± 0.22 ^d	8.67 ± 0.04 ^b
3rd	Extraction	35.24 ± 0.32 ^d	467.78 ± 17.45 ^c	44.03 ± 0.23 ^a	7.81 ± 0.03 ^d
	Filtration	43.95 ± 0.65 ^c	622.81 ± 5.47 ^b	42.24 ± 0.22 ^c	6.60 ± 0.01 ^e
	Concentration	53.98 ± 0.58 ^a	747.37 ± 16.74 ^a	43.38 ± 0.31 ^b	8.07 ± 0.03 ^c
	Blend	55.35 ± 0.66 ^a	588.43 ± 13.23 ^b	39.17 ± 0.19 ^d	8.61 ± 0.04 ^a
	Cooling	52.07 ± 0.06 ^b	726.68 ± 18.96 ^a	39.16 ± 0.27 ^d	8.23 ± 0.02 ^b

*Deduced from ascorbic acid and reducing sugar interferents.

n = 3

Means with same letter in the same column did not differ significantly on the Tukey test (p ≤ 0.05).

CONCLUSÕES GERAIS

Durante o processamento do suco de laranja, as características físico-químicas e sensoriais do suco podem sofrer alterações, que alteram a sua qualidade.

O tratamento térmico é fundamental para a produção do FCOJ, pois o calor é capaz de inativar enzimas que comprometem a estabilidade do suco, enquanto que a redução da atividade de água inibe o desenvolvimento de microrganismos, estendendo a vida de prateleira do suco, e reduz custos de armazenamento e transporte pela redução do volume. No entanto, a concentração provoca alterações sensoriais no suco, perda da vitamina C e arrasta compostos voláteis importantes para o sabor, que são apenas parcialmente repostos na etapa de mistura. Na estocagem prolongada ocorre perda acentuada de vitamina C e formação de furfural, que podem comprometer a qualidade do suco. Os 21 descritores gerados foram considerados adequados para a caracterização do suco de laranja das etapas do processamento do FCOJ.

Com base na concordância da equipe e no coeficiente de correlação entre a média de cada julgador e a média da equipe para cada descritor, no coeficiente de correlação entre as médias dos julgadores, e na capacidade de discriminação ($pF_{amostra} \leq 0,50$) e repetibilidade ($pF_{repetição} > 0,05$) dos julgadores em no mínimo 70% dos descritores, foram selecionados 12 julgadores dentre os 25 recrutados.

O suco das etapas de extração e filtração foram caracterizados por alta intensidade de sabor *doce*, aroma e sabor *natural*, aroma e sabor *cítrico* e aroma e sabor *óleo*, com perfil sensoriais semelhantes. O suco da etapa de extração também foi caracterizado por *gomos*, tanto para a aparência como para a textura. O suco das etapas de concentração, mistura e resfriamento foram caracterizados por alta intensidade de aroma e sabor *cozido*, com perfil sensoriais semelhantes. O perfil sensorial do suco de laranja foi marcadamente afetado pelo tratamento térmico. Após a etapa de concentração, os descritores aroma

natural, *cítrico*, *doce* e *óleo*, e sabor *natural*, *cítrico* e *óleo* foram drasticamente reduzidos, enquanto que os descritores aroma e sabor *cozido* e sabor *ácido* sofreram grande aumento.

O suco da etapa de mistura mostrou os maiores valores de TPC em todas as coletas, enquanto que o suco da etapa de extração mostrou os menores valores. Houve tendência de aumento nos níveis de TPC com o processamento.

O suco da etapa de extração teve a menor atividade antioxidante em todas as coletas.

A análise de correlação mostrou que os compostos fenólicos tiveram notável contribuição para a atividade antioxidante.

ANEXO I



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Araraquara



Protocolo CEP/FCF/CAr nº 01/2010

Interessado: Hitty-Ko Mamimura

Orientador: Profa. Dra. Magali Conceição Monteiro da Silva

Projeto: Influência do processamento sobre as características sensoriais e a composição de voláteis do suco de laranja

Parecer nº 23/2010 – Comitê de Ética em Pesquisa

O projeto "Influência do processamento sobre as características sensoriais e a composição de voláteis do suco de laranja", encontra-se adequado em conformidade com as orientações constantes da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS.

Por essa razão, o Comitê de Ética em Pesquisa desta Faculdade, considerou o referido projeto estruturado dentro de padrões éticos manifestando-se FAVORAVELMENTE à sua execução.

O relatório final do projeto de pesquisa deverá ser entregue em julho de 2011, no qual deverá constar o Termo de Consentimento Livre Esclarecido dos sujeitos da pesquisa.

Araraquara, 26 de julho de 2010.

Prof. Dra. AURELUCE DEMONTE
Coordenadora do CEP/FCF/CAr

Coordenadora do CEP/FCF/CAr.

APÊNDICE I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____ RG: _____ Estado
Civil: _____ Idade: _____ anos Residente: _____ nº: _____
Complemento: _____ Bairro: _____ Cidade: _____ CEP: _____
Estado: _____ Telefone: _____ e-mail: _____

Declaro ter sido esclarecido sobre os seguintes pontos:

1. O trabalho tem por finalidade avaliar sensorialmente amostras de suco de laranja.
2. Ao participar desse trabalho, além de colaborar para o desenvolvimento de um projeto de pesquisa, estarei sendo treinado para avaliar o sabor e o aroma do suco de laranja proveniente das etapas do processamento.
3. A minha participação como voluntário terá a duração de 7 meses, com cronograma de sessões semanais de acordo com a minha disponibilidade.
4. Não terei nenhuma despesa ao participar desse estudo.
5. Os procedimentos aos quais serei submetido não provocarão danos físicos ou financeiros e por isso não haverá a necessidade de ser indenizado por parte da equipe responsável por esse trabalho ou da Instituição (FCF/UNESP).
6. Meu nome será mantido em **sigilo**, assegurando assim a minha **privacidade** e, se desejar, serei informado sobre os resultados dessa pesquisa pelo pesquisador Hitty-Ko Kamimura (tel. (16)3301-6924, (16)3501-2155 e (16)3372-9114 ou e-mail: hitty_ko@hotmail.com.br)
7. Poderei me recusar a participar ou mesmo retirar meu consentimento a qualquer momento da realização dessa pesquisa, sem nenhum prejuízo ou penalização.
8. Para qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos poderei entrar em contato com a equipe científica do projeto pelo telefone: (16)3301-6924 (Hitty-Ko - laboratório), (16)3501-2155 (Hitty-Ko - residência), (16)3372-9114 (Hitty-Ko - residência) e (16)3301-6930 (Profa. Dra. Magali Monteiro - Sala) ou e-mail: hitty_ko@hotmail.com.br.
9. Para notificação de qualquer situação relacionada com a ética, que não puder ser resolvida pelos pesquisadores, deverei entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Câmpus de Araraquara da UNESP, pelo telefone (16)3301-6897.

Diante dos esclarecimentos prestados concordo em participar, como voluntária (o), do estudo "Influência do processamento sobre as características sensoriais do suco de laranja".

Araraquara, (data)

Assinatura do Voluntário

Assinatura do Pesquisador