Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação

Thais Pádua de Freitas

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

Thais Pádua de Freitas
Engenheira Agrônoma

Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **ANGELO PEDRO JACOMINO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Freitas, Thais de Pádua

Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação/ Thais Pádua de Freitas. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

59 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Eugenia pyriformis* Cambess 2. Variabilidade 3. Fisiologia 4. Qualidade pós-colheita I. Título

DEDICATÓRIA

A minha mãe Izabel, ao meu pai José (*in memoriam*) e ao meu irmão Thiago por tudo que sou, pelo apoio e confiança.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata a todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

Ao meu orientador Dr. Angelo Pedro Jacomino pela oportunidade de realizar o mestrado, por acreditar na minha capacidade, pelos ensinamentos e conselhos. Obrigada por fazer parte do meu crescimento profissional e pessoal!

Aos pesquisadores Dr. Ricardo Kluge, Dr. Eduardo Purgatto e Dr. Severino Matias de Alencar que colaboraram e permitiram o desenvolvimento de parte deste trabalho em seus laboratórios.

A todos os funcionários, estagiários e bolsistas que tive a oportunidade de conhecer no laboratório de pós-colheita de produtos hortícolas, pelo auxílio nos experimentos e análises, especialmente à Ana Carolina, Tatiane, Marcos, Aline, Isabela, Isabelli, Daiane. Obrigada pela ajuda!

A Dr.^a Poliana pela amizade, pela confiança, pelas risadas, pela coxinha 'de sexta' e, principal mente pela ajuda inestimável na execução final deste trabalho. Você é uma referência profissional para mim!

Ao Horst por todo suporte durante as viagens, desde a coleta até a boa conversa. Você foi fundamental para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, campus Inconfidentes, em especial aos pesquisadores Evandro Luiz Coelho e Verônica Soares de Paula Moraes, pela colaboração e apoio no acesso aos frutos.

Aos membros da banca examinadora, por aceitar o convite, pelas correções e sugestões que contribuem para a melhoria deste trabalho.

Aos meus amigos de vida e colegas de profissão, Paty, Thayza, Fabi e Renan pelo carinho e respeito.

'As meninas da rep': Joana, Jéssica, Andrea e Siméia pela convivência em Piracicaba.

A Luciane do programa de pós-graduação em fitotecnia pelo auxílio em relação aos assuntos da pós-graduação.

A Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pela oportunidade de estudo.

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

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
REFERÊNCIAS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. UVAIA - <i>EUGENIA PYRIFORMIS</i> CAMBESS	15
3.2. CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE UVAIA	16
3.3. AMADURECIMENTO, PONTO DE COLHEITA E QUALIDADE	17
REFERÊNCIAS	19
4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE UVAIAS (<i>EUGENIA PYRIFORMIS</i> CAMBESS) DE INCONFIDENTES, MINAS GERAIS.	23
RESUMO	23
ABSTRACT	23
4.1. INTRODUÇÃO	24
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.4. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	37
5. QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE UVAIA EM TRÊS ESTÁDIOS DE AMADURECIMENTO	39
RESUMO	39
ABSTRACT	40
5.1. INTRODUÇÃO	40
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	41
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
5.4. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	59

RESUMO

Pós-colheita de uvaia: caracterização de acessos e estádios de maturação

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) é uma espécie nativa do Brasil, pertencente à família das mirtáceas, que se destaca por possuir um fruto de sabor e aroma agradável. No entanto, ainda faltam informações básicas, principalmente em relação a variabilidade existente em populações e sobre a fisiologia pós-colheita. Nesse contexto, este estudo objetivou caracterizar 31 acessos de uvaia originados de semente, quanto aos aspectos físicos, químicos e compostos bioativos e avaliar a influência do estágio de maturação na qualidade pós-colheita. O estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira, caracterizou-se a variabilidade dos acessos baseado nos atributos físicos e químicos. Foram realizadas análises de massa fresca, massa de sementes, diâmetro, formato, cor da casca, rendimento de polpa, sólidos solúveis, acidez total titulável, ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e capacidade antioxidante. Na segunda, avaliou-se a qualidade pós-colheita de uvaia colhidas em três estádios de amadurecimento quanto a cor da casca, sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, flavonoides, carotenoides, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e compostos voláteis, respiração (CO₂) e produção de etileno (C₂H₄). Entre os acessos foi verificada ampla diversidade na coloração dos acessos, variando de amarelo claro a alaranjado, com frutos classificados majoritariamente como achatados. Os atributos que apresentaram maior variação entre os acessos foram os sólidos solúveis, ácido ascórbico, compostos fenólicos e a capacidade antioxidante. Os resultados do armazenamento, mostraram que os frutos verdes alcançaram a mesma cor da casca, teor de acidez titulável, ácido ascórbico, flavonoides, carotenoides, compostos fenólicos e atividade antioxidante dos frutos maduros. Por outro lado, frutos colhidos verdes apresentaram baixo teor de sólidos solúveis e menor variedade de compostos voláteis. Não foi identificada relação entre o estágio de amadurecimento e a respiração. A produção de etileno foi diretamente proporcional ao estágio de amadurecimento. Estas informações sobre a qualidade da fruta colhida em diferentes estádios podem auxiliar a escolha daquele que melhor atender as exigências de uso para o consumo in natura e para a elaboração de produtos.

Palavras-chave: *Eugenia pyriformis* Cambess; Variabilidade; Fisiologia e qualidade pós-colheita

ABSTRACT

Postharvest of uvaia: characterization of accessions and maturation stages

The uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) is a native species of Brazil, belonging to the family Myrtaceae, which stands out for having a fruit of pleasant taste and aroma. However, basic information is still lacking, especially in relation to the variability in populations and their postharvest physiology. In this context, this study aimed to characterized 31 accessions of uvaia (propagated by seeds), as to physical, chemical and bioactive compounds and to evaluate the maturity stage influence on postharvest quality. The study was divided in two parts. First, was characterized the variability of the accessions based on physical and chemical attributes, were analyzed: fresh mass, seed mass, diameter, shape, skin color, yield of pulp, soluble solids, total titratable acidity, ascorbic acid, phenolic compounds, carotenoids, flavonoids and antioxidant capacity. Second, was evaluated the postharvest quality of uvaia at three stages of maturation as to skin color, soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, flavonoids, carotenoids, phenolic compounds, antioxidant capacity and volatile compounds, respiration (CO_2) and production of ethylene (C_2H_4). There was a wide diversity in the color of the accessions, varied from light yellow to orange, with fruits classified mainly as flattened. The highest variation among the accessions was observed in the attributes of soluble solids, ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant capacity. During storage, the fruits picked green achieved the same color of the skin, titratable acidity, ascorbic acid, flavonoids, carotenoids phenolic compounds and antioxidant activity of mature fruits. On the other hand, fruits harvested green exhibited low content of soluble solids and less variety of volatile compounds. There was no relationship between respiratory rate and ripening. Ethylene production was proportional to the ripening stage. This information on the quality of the fruit harvested in different stages can help to choose the one that best meets the requirements of use for fresh consumption and for the elaboration of products.

Keywords: *Eugenia pyriformis* Cambess; Variability; Physiology and post-harvest quality

1. INTRODUÇÃO

A uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess) é uma espécie nativa da Mata Atlântica. O bioma faz parte dos 25 centros de prioridade para a conservação da biodiversidade mundial e, também figura entre os mais degradados (MYERS et al., 2000).

Esta mirtácea é frequentemente encontrada nas regiões sul e sudeste do Brasil, e tornou-se atrativa pelo sabor, pelo aroma agradável e pela elevada quantidade de compostos antioxidantes de seus frutos. Todavia, assim como para a maioria das frutas nativas do Brasil, existem poucas informações sobre a uvaia. Grande parte das informações que existem, abordaram a qualidade da polpa e o potencial germinativo das sementes, mas não há relatos sobre a variabilidade das populações ou sobre a fisiologia e qualidade dos frutos após a colheita.

O mercado de frutas nativas está em pleno crescimento. Existe uma busca por novas experiências sensoriais pelos consumidores, configurando uma oportunidade para as espécies nativas. A uvaia tem sido bem aceita pelo consumidor, tendo a polpa congelada como matéria prima de diversos produtos. A forma mais tradicional do consumo da uvaia é em sucos, doces de compotas, sorvetes e geleias de uvaia. Muitas pessoas relatam o consumo desses produtos durante a infância e, para estes a uvaia representa uma memória afetiva. Atualmente, o sabor e o aroma característico da uvaia pode ser encontrado em licores, cervejas especiais, e em cosméticos, como hidratantes corporais, sabonetes e xampus.

No entanto, a fruta raramente é consumida in natura. A alta perecibilidade e a sensibilidade ao manuseio inviabilizam a chegada nos centros de comercialização. Outros fatores limitadores do consumo são a pequena quantidade produzida, e a ausência de conhecimentos e tecnologia sobre a conservação.

Para que a uvaia continue atendendo a crescente demanda do mercado de frutas nativas e, também possa ser comercializada in natura é imprescindível o desenvolvimento de estudos para a seleção variedades e a qualidade após a colheita. Desta forma, é possível gerar informações para auxiliar no desenvolvimento da cadeia produtiva da espécie (DONADIO, 2012; VIEIRA et al., 2006).

Neste contexto, caracterizar a variabilidade de acessos por meio dos aspectos morfológicos e físico-químicos, pode gerar dados sobre a diversidade genética de uma população e ser útil para futuros programas de melhoramento e seleção de cultivares (CARNEIRO, 1986). Do ponto de vista da fisiológico, a identificação do ponto de colheita pode garantir maior durabilidade e qualidade aos frutos e tornar possível a comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Estas ações colaboram para que a espécie possa, no futuro, fazer parte um sistema de produção e, viabiliza a conservação da espécie, gerando renda e empregos.

2. OBJETIVOS

Avaliar a variabilidade entre acessos e a qualidade pós-colheita de frutos de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) provenientes de uma população de 31 acessos de Inconfidentes, Minas Gerais, Brasil.

2.1. Objetivos específicos

Caracterizar 31 acessos de uvaia originados de semente, quanto aos aspectos físicos, químicos e compostos bioativos

Determinar o ponto de colheita da uvaia e avaliar a influência nos atributos físico, químicos e compostos voláteis.

REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, J.G. Estudos sobre a caracterização físico-química de frutas: II. Jamelão (*Syzygium jambolana* DC) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.8, n.2, p. 41–43, 1986.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- DONADIO, L. C. Frutas Nativas Do Brasil : Como Despertar O Interesse Pela Produção e comercialização. **VI Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul FRUTAS**, v. d, p. 181–182, 2012.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 2000.
- VIEIRA, R. F. et al. **Frutas Nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. 1ª ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 2006.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Uvaia - *Eugenia pyriformis* Cambess

A uvaia é uma frutífera nativa da Mata Atlântica brasileira, bioma reconhecido mundialmente como uma das 25 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Ao mesmo tempo, apresenta-se degradado devido os processos de desmatamento e urbanização ao longo dos anos, de acordo com dados apresentados pela fundação SOS Mata Atlântica e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2016). Entretanto, apesar de fragmentada, estima-se que a floresta ainda abrigue cerca de 20.000 espécies vegetais. Dentre essas espécies, muitas são frutíferas com grande potencial econômico, mas ainda pouco exploradas, como plantas da família das mirtáceas.

A uvaieira pertencente ao gênero *Eugenia*, família das mirtáceas, pode ser encontrada nas regiões centro-oeste, sul e sudeste do Brasil, e com maior frequência nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Atualmente, a uvaieira pode ser encontrada em fragmentos florestais da Mata Atlântica, em fundos de quintas, em estações experimentais e em propriedades de colecionadores de frutas. São desses locais que a maior parte da uvaia consumida é originada, pois não foram formados ainda plantios comerciais, apenas relatos de pequenos produtores no sul de Minas Gerais e no Rio Grande do Sul.

A fruta pode ser conhecida por uvaia, ubaia, uvalha, orvalha, uvalha-do-campo, uvaieira, uvalheira entre outros, o nome deriva de iwa'ya da língua tupi e significa 'fruto ácido' (LANDRUM; KAWASAKI, 1997).

A frutífera possui porte arbóreo e pode medir de 5 a 15 m de altura. As são flores brancas e hermafroditas. No sudeste, a espécie floresce nos meses de agosto e setembro e a frutificação ocorre ao longo dos meses de outubro e novembro (SARTORI et al., 2010a). Os frutos são indeiscentes, carnosos e de casca pilosa. O formato pode variar entre globoso a piriforme, com coloração de amarelo a alaranjado. As sementes são grandes, mas apresentam-se em pequeno número, cerca de 2 a 4 por fruto, sendo recalcitrantes e de grande potencial germinativo mesmo quando fracionada (DE ANDRADE; FERREIRA, 2000; DELGADO; BARBEDO, 2007; SCALON et al., 2012; SILVA et al., 2003).

Apesar de não ser consumida in natura, a polpa da uvaia é utilizada para a obtenção de inúmeros produtos como sucos, licores, cervejas, vinagres, geleias, doces, sorvetes, iogurtes. Também são produzidos cosméticos, como xampus, hidratantes corporais e sabonetes. A polpa ainda possui atrativos que compõe pratos doces e salgados na gastronomia (DE ANDRADE; FERREIRA, 2000; DONADIO, 1997; LORENZI, 1992; SOBRAL et al., 2015).

A polpa possui sabor ácido e levemente adocicado caracterizado pelo balanço entre os ácidos orgânicos e sólidos solúveis. Na literatura são encontrados na polpa fresca valores baixos de pH (2,97 a 3,15), ácido cítrico variando de 1,05 a 1,25 % e pequena quantidade de sólidos solúveis a média é de 6 °Brix.

A uvaia é um fruto que possui propriedades nutricionais potencialmente benéficas devido ao conteúdo de compostos bioativos. Os principais compostos com capacidade antioxidante presentes na polpa da uvaia são: o ácido ascórbico que pode variar entre 39,3 a 100,7 mg 100 g⁻¹ massa fresca (RUFINO et al., 2010; ZILLO et al., 2014), os compostos fenólicos que oscila entre 27,5 a 127 mg 100 g⁻¹ GAE massa fresca (SILVA et al., 2014), e os carotenoides que, apresentam-se em níveis elevados entre 909,33 µg g⁻¹ na massa seca (PEREIRA et al., 2012) e 1306,6 µg 100 g⁻¹ de massa fresca (SILVA et al., 2014). Acredita-se que essas substâncias possuam a capacidade de diminuir o risco do desenvolvimento de doenças cardiovasculares, cânceres e outras doenças neurodegenerativas pela ação antioxidante (SEIFRIED et al., 2007).

Apesar dos métodos de avaliação ainda não estarem padronizados, os resultados mostram perspectivas promissoras em relação a atividade antioxidante da uvaia (RUFINO et al., 2010), apresenta até 170,26 g g⁻¹ DPPH massa seca (PEREIRA et al., 2012) e pode ser uma alternativa para substituir antioxidantes sintéticos utilizados para conservar alimentos, como BHT (hidroxitolueno butilado) e BHA (2,3-terc-butil-4-hidroxianisol) (HAMINIUK et al., 2011). Além disso, a mistura de compostos presente nos extratos de uvaia pode inibir o efeito oxidante e processos inflamatórios in vitro e in vivo (RAMIREZ et al., 2012). Os resultados indicam que a uvaia possui valor nutricional elevado e, portanto grande potencial para uso na alimentação humana.

3.2. Caracterização de acessos de uvaia

A variabilidade existente nas populações de frutíferas nativas representa um universo de recursos genéticos com possibilidades ainda pouco exploradas.

A diversidade genética é necessária para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, pois as espécies se relacionam de forma complementar onde qualquer perda de variabilidade é significativa e fundamental para o desenvolvimento de programas de melhoramento de plantas e obtenção de variedades (GAMFELDT; HILLEBRAND; JONSSON, 2008; GHILAROV, 2000). Além disso, as espécies nativas podem conter substâncias com propriedades funcionais e nutracêuticas (BERNSTEIN; LUDWIG, 2008; YOUNG, 1999). Portanto, configuram oportunidades para a geração de riquezas econômicas e conhecimento científico podendo contribuir com o desenvolvimento de uma parte importante do setor agrícola do país, o das frutas nativas (GOEDERT, 2007; NICOLAI et al., 2013).

A uvaieira é uma das frutíferas nativa pouco conhecida, especialmente sobre as questões relacionadas à variabilidade genética. Possui um potencial real de utilização como alimento e como matéria prima para inúmeros produtos devido ao sabor ácido, aroma agradável e elevada capacidade antioxidante atendendo à demanda crescente do nicho de mercado de frutas nativas: a busca por frutos que possam proporcionar novas experiências sensoriais ao consumidor conciliado ao potencial efeito curativo.

No entanto, o bioma brasileiro do qual ela se origina, a Mata Atlântica, está extremamente degradado e sob o risco constante de extinção. A alta perecibilidade, a ausência de conhecimento técnico e de cultivos comerciais, entre outros motivos, faz com que a uvaia seja desconhecida pela maioria da população. Atualmente, a espécie não faz parte de nenhum programa de melhoramento. Por outro lado, a seleção tem sido realizada pela ação de produtores e viveiristas. Nestes casos, predominam as características que atendam as preferências de uso, aos hábitos de consumo local. Nesse cenário e sob essas ações as populações de uvaia podem perder a diversidade genética, antes que haja a oportunidade de conhecê-la.

Diante disso, os estudos sobre a caracterização da variabilidade dos acessos de uvaieira são essenciais para conhecer e conservar a diversidade genética da espécie, podendo colaborar com a diminuição dessas perdas. (WILSON; PETER, 1988). Além, disso os resultados podem contribuir para formação de um banco de dados para programas de melhoramento genético (BIANCHINI et al., 2016).

A caracterização dos aspectos físico-químicos é eficiente para conhecer e quantificar a diversidade genética, porque a expressão dessas características está associadas a variabilidade genética. Considerando que, a expressão das características fenotípicas são dependentes da interação entre genótipo e ambiente, essas respostas podem ser ainda melhores, quando os indivíduos avaliados estiverem sob a influência da mesma condição ambiental. Sendo assim, os

resultados podem ser utilizados para orientar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; PENONI et al., 2011).

Essa metodologia é amplamente utilizada para seleção de variedades de espécies tradicionais e exóticas como o melão e a pitaya. E, recentemente também tem sido empregada para espécies nativas, como o cambuci, camucamu e para a uvaia (CHAGAS et al., 2015; LIMA; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2013; MORAIS, 2014; SANTOS et al., 2016). Desta forma foram identificadas 7 possíveis variedades de uvaia denominadas Bolívia, Rugosa, Rugosa Doce, Comum, Doce de Patos de Minas, Doce e Pera provenientes de uma coleção de espécies frutíferas localizadas no município de Rio Claro, no estado de São Paulo (SARTORI et al., 2010b).

Estudos que reúnam informações sobre a biodiversidade da espécie são fundamentais para a preservação da espécie e para o estudo do potencial agrônomo, tendo em vista o valor alimentar e nutricional dos seus frutos.

3.3. Amadurecimento, ponto de colheita e qualidade

O amadurecimento é um processo complexo de transformações bioquímicas e fisiológicas simultâneos e geneticamente programado que faz parte do desenvolvimento do fruto e refletem nos atributos físicos, químicos e sensoriais como a cor, o sabor e no aroma definindo a qualidade (WATADA et al., 1984) CHITARRA; CHITARRA, 2005). O estágio de amadurecimento em que os frutos são colhidos interfere no acúmulo de substâncias durante o metabolismo primário e, conseqüentemente afetam a quantidade e o tipo de substratos necessários para o funcionamento do metabolismo secundário.

O amadurecimento é um processo complexo de transformações bioquímicas e fisiológicas, simultâneos e geneticamente programado que faz parte do desenvolvimento do fruto. Essas mudanças refletem nos atributos físicos, químicos e sensoriais, como a cor, o sabor e no aroma (CHITARRA; CHITARRA, 2005; WATADA et al., 1984).

O ponto de colheita é fundamental para a manutenção da qualidade pós-colheita. Alguns frutos, como a banana e a manga, são classificados como climatéricos e podem ser colhidos antes de completar a maturação. Por outro lado, os não-climatéricos, como o limão e a uva, devem ser colhidos após atingirem a maturidade fisiológica. Isto, é devido aos comportamentos fisiológicos distintos. Enquanto o fruto está na planta, a obtenção de energia (ATP) se dá pelos processos de fotossíntese e respiração. Após a colheita, o suprimento para manutenção e formação de tecidos é dependente da energia produzida pela respiração e das reservas acumuladas durante o desenvolvimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dependendo do estágio de maturação, os substratos fornecidos para as vias ativadas durante a respiração (glicólise, a via alternativa das pentoses-fosfatos, ciclo dos ácidos tricarboxílicos (ciclo de Krebs) e a cadeia transportadora de elétrons) serão alterados. Frutos colhidos maduros possuem maior período para acumular amido, açúcares, lipídeos, proteínas e ácidos orgânicos (SALTVEIT, 2004). A uvaia é colhida completamente madura, o índice de maturação utilizado é a mudança da coloração da casca de verde para amarela ou alaranjada. No entanto, nesse estágio a vida útil é curta e compromete o uso e as propriedades nutricionais.

O etileno é um hormônio vegetal gasoso sintetizado a partir de S-adenosil metionina (SAM) em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) (YANG; HOFFMAN, 1984). O etileno é conhecido por modular o amadurecimento. A ação influencia o acúmulo e a produção de pigmentos, açúcares solúveis, ácidos orgânicos afetando o sabor e o aroma (DEFILIPPI, 2009). A biossíntese de etileno e sua ação nos estádios de maturação mais avançados é bem conhecida, no entanto os estudos sobre a forma de atuação e produção de etileno em diferentes estádios de desenvolvimento de frutos, ainda não são bem compreendidos (CARA; GIOVANNONI, 2008).

Dentre os atributos de qualidade, a mudança da cor da casca é um importante indicador da maturação utilizado para identificar o ponto de colheita dos frutos. O processo é resultado da síntese de novos pigmentos como, os carotenoides e da degradação de outros, como a clorofila. Comportamento comum na maioria dos frutos tradicionais, ocorre em bananas, tomates e mamões. (CHITARRA; CHITARRA, 2005; FRASER et al., 1994; HÖRTENSTEINER; KRÄUTLER, 2011).

O sabor dos frutos é formado por um balanço entre os níveis de açúcares e ácidos orgânicos obtido pela conversão de açúcares (amido para glicose, frutose e sacarose) e pela degradação de ácidos orgânicos (BEAUDRY et al., 1989; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Na maioria das vezes, o amido e os ácidos são as principais formas de armazenamento de substâncias nos vacúolos. Os açúcares podem ser obtidos durante a fotossíntese ou a partir de ácidos orgânicos pelo processo de gliconeogênese. E os ácidos orgânicos são biossintetizados no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, os encontrados em maior quantidade nos frutos são o málico e o cítrico. Tanto o amido quanto os ácidos são utilizados como substratos no processo respiratório para a produção de energia (ATP) e para a obtenção de esqueletos de carbono para outros processos metabólicos (PALIYATH et al., 2008).

O aroma é o resultado da combinação de diversas substâncias voláteis, cuja a composição é particular à espécie a fase do desenvolvimento do fruto (SCHWAB; DAVIDOVICH-RIKANATI; LEWINSOHN, 2008). A biossíntese desses compostos é dependente alterações intrínsecas e extrínsecas ao fruto. O estágio de maturação é um dos fatores que afetam, significativamente a composição do aroma (EL HADI et al., 2013; ROSENKRANZ; SCHNITZLER, 2016; SONG; FORNEY, 2008). Os frutos colhidos completamente maduros possuem maior abundância de compostos voláteis que os frutos colhidos imaturos (KADER, 2003).

Os ésteres e terpenos são considerados os principais precursores de compostos voláteis dos frutos. Os ésteres são obtidos nas rotas metabólicas de α e β -oxidação e reação de lipoxigenase a partir dos ácidos graxos acumulados durante o metabolismo primário. (DEFILIPPI et al., 2009; HAMBERG; SANZ; CASTRESANA, 1999; OSORIO; MUÑOZ; VALPUESTA, 2010; SANZ; PÉREZ, 2010). A reação de lipoxigenase pode ocorrer quando as membranas tornam se mais permeáveis, ou quando há ruptura do tecido vegetal, uma vez que a enzima LOX e o substrato ficam em compartimentos celulares separados. Esta reação produz compostos com aroma característicos de folha verde ou grama cortada que são atribuídos ao (Z) - 3 - hexenal e ao n - hexanal. (HATANAKA, 1993; MATSUI, 2006).

A formação de terpenos ocorre pela via acetato / mevalonato localizada no citosol e pela via de Rohmer (via metileritritol-4-fosfato) no cloroplasto. Na via acetato/mevalonato são sintetizados sesquiterpenos, fitoesteróis e ubiquinona a partir da acetil coenzima A. Na via de Rohmer são obtidos como produtos os monoterpênos, giberelinas, ácido abscísico, carotenoides tendo como precursor são piruvato (BACH et al., 1999; EISENREICH et al., 2004; ROHMER et al., 1993). Os terpenos foram identificados como compostos voláteis predominantes nos frutos de umbu-cajá, camu-camu, araçá-boi, cupuaçu e pitanga nativos do Brasil (BICAS et al., 2011; FRANCO; SHIBAMOTO, 2000). Os substratos utilizados para obtenção dos ésteres e terpenos (ácidos graxos, piruvato e acetil coenzima A) são decorrentes do metabolismo de carboidratos, logo a quantidade e a variedade de voláteis produzidos são afetadas pelo ponto de colheita.

REFERÊNCIAS

- BACH, T. J. et al. Mevalonate biosynthesis in plants. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v. 34, n. 2, p. 107–122, 1999.
- BEAUDRY, R. M. et al. Banana ripening: implications of changes in glycolytic intermediate concentrations, glycolytic and gluconeogenic carbon flux, and fructose 2,6-bisphosphate concentration. **Plant Physiol**, v. 91, p. 1436–1444, 1989.
- BERNSTEIN, A. S.; LUDWIG, D. S. The importance of biodiversity to medicine. **JAMA**, v. 300, n. 19, p. 2297, 2008.
- BIANCHINI, F. G. et al. Caracterização morfológica e química de frutos de cambucizeiro. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 10–18, 2016.
- BICAS, J. L. et al. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1843–1855, 2011.
- CARA, B.; GIOVANNONI, J. J. Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. **Plant Science**, v. 175, n. 1, p. 106–113, 2008.
- CHAGAS, E. A. et al. Intraspecific variability of camu-camu fruit in native populations of northern Amazonia. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 265–271, 2015.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- CRUZ, COSME DAMIÃO; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012.
- DE ANDRADE, R. N. B.; FERREIRA, A. G. Germinação E Armazenamento De Sementes De Uvaia. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 118–125, 2000.
- DEFILIPPI, B. G. et al. Aroma Volatiles: Biosynthesis and Mechanisms of Modulation During Fruit Ripening. In: KADER, J.-C.; DELSENY, M. (Eds.). **Advances in Botanical Research**, volume 50. 1. ed. Paris: Elsevier, 2009. p. 228.
- DELGADO, L. F.; BARBEDO, C. J. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de Eugenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 265–272, 2007.
- DONADIO, L. C. Study of some brazilian Myrtaceae in Jaboticabal, Sp. **Acta Horticulturae**, v. 452, p. 181–183, 1997.
- EISENREICH, W. et al. Biosynthesis of isoprenoids via the non-mevalonate pathway. **CMLS, Cell. Mol. Life Sci**, v. 61, p. 1401–1426, 2004.
- EL HADI, M. A. M. et al. Advances in fruit aroma volatile research. **Molecules**, v. 18, n. 7, p. 8200–8229, 2013.
- FRANCO, M. R.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some brazilian fruits: umbu-caja (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*), and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 4, p. 1263–5, abr. 2000.
- FRASER, P. D. et al. Carotenoid Biosynthesis during Tomato Fruit Development (Evidence for Tissue-Specific Gene Expression). **Plant physiology**, v. 105, n. 1, p. 405–413, 1994.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2014-2015**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2014-2015_relatorio_tecnico_2016.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2017.

- GAMFELDT, L.; HILLEBRAND, H.; JONSSON, P. R. Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning. **Ecology**, v. 89, n. 5, p. 1223–1231, 2008.
- GHILAROV, A. M. Ecosystem functioning and intrinsic value of biodiversity. **Oikos**, v. 90, n. 2, p. 408–412, 2000.
- HAMBERG, M.; SANZ, A.; CASTRESANA, C. Alpha-Oxidation of fatty acids in higher plants: Identification of a pathogen-inducible oxygenase (PIOX) as an alpha-dioxygenase and biosynthesis of 2-hydroperoxylinolenic acid. **Journal of Biological Chemistry**, v. 274, n. 35, p. 24503–24513, 1999.
- HAMINIUK, C. W. I. et al. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, p. 1529–1537, 2011.
- HATANAKA, A. The biogenesis of green odour by green leaves. **Phytochemistry**, v. 34, n. 5, p. 1201–1218, 1993.
- HÖRTENSTEINER, S.; KRÄUTLER, B. Chlorophyll breakdown in higher plants. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1807, n. 8, p. 977–988, 2011.
- KADER, A. A. A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). **HortScience**, v. 38, n. 5, p. 1004–1008, 2003.
- LANDRUM, L. R.; KAWASAKI, M. L. The genera of Myrtaceae in Brazil: an Illustrated synoptic treatment and identification keys. **Brittonia**, v. 49, n. 4, p. 508, 1997.
- LIMA, C. A. DE; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. DIVERSIDADE GENÉTICA INTRA E INTERESPECÍFICA DE PITAYA COM BASE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS. **Rev. Bras. Frutic**, v. 35, n. 4, p. 1066–1072, 2013.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1992.
- MATSUI, K. Green leaf volatiles: hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, n. 3, p. 274–280, 2006.
- MORAIS, L.; CONCEIÇÃO, G. M. DA; NASCIMENTO, J. DE M. Família Myrtaceae: Análise Morfológica E Distribuição Geográfica. **Agrarian academy**, v. 1, n. 1, p. 317–346, 2014.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 2000.
- OSORIO, S.; MUÑOZ, C.; VALPUESTA, V. Physiology and Biochemistry of Fruit Flavors. In: NETA, E. R.; SANDERS, T.; DRAKE, M. A. (Eds.). **Handbook of Fruit and Vegetable Flavors**. 1. ed. Hoboken: WILEY, 2010. p. 1095.
- PALIYATH, G. et al. **Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers**. 1. ed. Ames: WILEY, 2008.
- PENONI, E. DOS S. et al. Análise de frutos e nozes de cultivares de noqueira-macadâmia. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2080–2083, dez. 2011.
- PEREIRA, M. C. et al. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.
- RAMIREZ, M. R. et al. Evaluation of the polyphenolic content, anti-inflammatory and antioxidant activities of total extract from *Eugenia pyriformes* Cambess (uvaia) fruits. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 405–412, 2012.
- ROHMER, M. et al. Isoprenoid biosynthesis in bacteria: a novel pathway for the early steps leading to isopentenyl diphosphate. **The Biochemical journal**, v. 295, n. Pt2, p. 517–24, 1993.
- ROSENKRANZ, M.; SCHNITZLER, J.-P. **Plant volatiles**. eLS ed. Chichester, UK: Wiley, 2016.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

- SALTVEIT, M. E. Respiratory metabolism. In: GROSS, K. C.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. (Eds.). . **Agricultural handbook : the commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. 66. ed. Washington: United States department of agriculture, 2016. p. 139–156.
- SANTOS, D. et al. Molecular characterization and population structure study of cambuci: strategy for conservation and genetic improvement. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 4, p. 1–13, 2016.
- SANZ, C.; PÉREZ, A. G. Plant metabolic pathways and flavor biosynthesis. In: HUI, Y. H. (Ed.). . **Handbook of fruit and vegetable flavors**. 1. ed. Hoboken: WILEY, 2010. p. 1095.
- SARTORI, S. et al. **Uvaia - série frutas nativas**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2010.
- SCALON, S. DE P. Q. et al. Sensibilidade À Dessecação E Aoarmazenamento Desiccation Sensivity and Storage. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 269–276, 2012.
- SCHWAB, W.; DAVIDOVICH-RIKANATI, R.; LEWINSOHN, E. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. **The Plant Journal**, v. 54, n. 4, p. 712–732, maio 2008.
- SEIFRIED, H. E. et al. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, n. 9, p. 567–579, set. 2007.
- SILVA, N. A. DA et al. Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 22, p. 5072–5084, 2014.
- SILVA, C. V. et al. Fracionamento e germinação de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess. - Myrtaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 213–221, 2003.
- SOBRAL, M. et al. **Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10517>>.
- SONG, J.; FORNEY, C. F. Flavour volatile production and regulation in fruit. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, n. 3, p. 537–550, 2008.
- WATADA, A. E. et al. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **Hortscience**, v. 19, n. 1, p. 20–21, 1984.
- WILSON, E. O.; PETER, F. M. **Biodiversity**. 14. ed. Washington: National Academy of Sciences (U.S.) Smithsonian Institution, 1988.
- YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene Biosynthesis and its Regulation in Higher Plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, n. 1, p. 155–189, 1984.
- YOUNG, R. N. Importance of biodiversity to the modern pharmaceutical industry. **Pure Appl. Chem.**, v. 71, n. 9, p. 1655–1661, 1999.
- ZILLO, R. R. et al. Qualidade físico-química da fruta in natura e polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 293–298, 2013.
- ZILLO, R. R. et al. Parâmetros físico-químicos e sensoriais de polpa de uvaia (*Eugenia Pyriformis*) submetidas à pasteurização. **Bioenergia em revista: diálogos**, v. 4, n. 2, p. 20–33, 2014.

4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE UVAIAS (*EUGENIA PYRIFORMIS* CAMBESS) DE INCONFIDENTES, MINAS GERAIS.

RESUMO

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) é uma fruta de sabor peculiar e aroma atraente que ocorre naturalmente no bioma da Mata Atlântica. A fruta é rica em compostos bioativos, possuindo alto potencial antioxidante e elevado conteúdo de carotenoides. Entretanto, trabalhos sobre a caracterização da diversidade intraespecífica da uvaia são escassos. Diante disso, este estudo objetivou avaliar a variabilidade com base nas características físicas e químicas de frutos de uma população de 31 acessos de uvaia, localizadas no município de Inconfidentes, Minas Gerais. Foram realizadas as análises de massa fresca, massa de sementes, diâmetro, formato, cor da casca, rendimento de polpa, sólidos solúveis, acidez total titulável, ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e capacidade antioxidante. Observou-se ampla diversidade na coloração, avaliada de amarelo claro a alaranjado. O formato dos frutos foi majoritariamente achatado. Os sólidos solúveis, ácido ascórbico, compostos fenólicos e a capacidade antioxidante foram os atributos que apresentaram maior variação entre os acessos. O estudo das uvaia provenientes de uma população de 31 acessos permitiu distinguir extensa variabilidade entre os parâmetros de qualidade dos frutos. O acesso 10 apresentou o melhor desempenho para o *ratio*, ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante; e o acesso 31, devido aos elevados teores de sólidos solúveis, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Os frutos de uvaia mostraram grande potencial para o consumo *in natura* e para o uso na indústria.

Palavras-chave: *Eugeniapyriformis* Cambess, Uvaia, Variabilidade

ABSTRACT

The uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) is a fruit with a peculiar flavor and attractive aroma found in the Atlantic Forest biome. The fruit is rich in bioactive compounds, contain high amounts of carotenoids and antioxidant potential. However, studies that report the intraspecific diversity of uvaia are scarce. Therefore, this study aimed to evaluate the variability based on the physical and chemical characteristics of fruits of a population of 31 accessions of uvaia, located in the city of Inconfidentes, Minas Gerais, Brazil. Fresh mass, seed mass, diameter, shape, skin color, yield of pulp, soluble solids, total titratable acidity, ascorbic acid, phenolic compounds, carotenoids, flavonoids and antioxidant capacity were evaluated. There was a wide diversity in coloration, evaluated from light yellow to orange. The shape of the fruits was mostly flattened. Soluble solids, ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant capacity were the attributes that showed the greatest variation among the accessions. The study of uvaia population content 31 accessions, allowed to distinguish the variability among the parameters of fruit quality. Access 10 presented the best performance for the *ratio*, ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant capacity. The 31 access, feature due to high levels of soluble solids, phenolic compounds and antioxidant capacity. The fruits of uvaia showed great potential for the consumption *in natura* and for the use in the industry.

Keywords: *Eugenia pyriformis* Cambess, Uvaia, variability;

4.1. Introdução

A uvaia *Eugenia pyriformis* Cambess é uma fruta de sabor peculiar, aroma atraente e de ocorrência natural do bioma da Mata Atlântica. Estudos evidenciam que a uvaia é rica em compostos bioativos, apresentando alto potencial antioxidante, conteúdo elevado de carotenoides ($909,33 \mu\text{g g}^{-1}$) e vitamina A ($37,83 \mu\text{g g}^{-1}$) (PEREIRA et al., 2012; RUFINO et al., 2010).

Nos estados brasileiros de São Paulo e Minas Gerais, a espécie é encontrada de forma difusa em resquícios de matas nativas, quintais domésticos e em centros de pesquisas. Tradicionalmente, é utilizada como matéria-prima no preparo de sucos, geleias, iogurtes, sorvetes e bebidas alcoólicas (MÜHLBAUER et al., 2012).

Devido à ausência de plantios comerciais e a sua alta perecibilidade, a uvaia raramente é consumida *in natura*. Soma-se a isso aspectos socioculturais, a predominante exploração extrativista, a falta de tecnologia de produção e de conservação pós-colheita, que dificultam a introdução da uvaia no mercado consumidor (VIEIRA et al., 2006). Estudos sobre a caracterização da diversidade intraespecífica da uvaia podem contribuir com o desenvolvimento da cultura, abrindo possibilidades para a entrada no mercado agrícola (MOHAMMADI; PRASANNA, 2003).

Diante disso, este estudo objetivou avaliar a variabilidade com base nas características físicas e químicas de frutos de uma população de 31 acessos de uvaia, localizadas no município de Inconfidentes, Minas Gerais.

4.2. Material e métodos

Frutos de uvaieira, provenientes de 31 acessos amostrados aleatoriamente, foram coletados na área experimental no Instituto Federal Sul de Minas, em Inconfidentes – MG, localizado nas coordenadas geográficas: latitude $22^{\circ} 19' 1''$ S, longitude $46^{\circ} 19' 40''$ O e a 869 m de altitude à 180 km de Piracicaba, SP. O clima da região é do tipo Cwb, temperado húmido com inverno seco e verão temperado, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 19°C (KOTTEK et al., 2006). Foram colhidos manualmente 10 frutos maduros de cada acesso, acomodados em caixas de papelão revestidas internamente com espuma, colocados em caixas isotérmicas refrigeradas com placas de gelo e transportados até o Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas (LPV-ESALQ/USP). Os frutos foram analisados no dia da colheita quanto a massa do fruto inteiro, massa de sementes, altura, diâmetro, cor da casca, rendimento de polpa e sólidos solúveis. Após essas análises os frutos (polpa + casca) foram picados, congelados em nitrogênio líquido e armazenadas à $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Na polpa congelada foram realizadas as análises de acidez total titulável, ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides e capacidade antioxidante.

Massa do fruto inteiro, massa de sementes e rendimento: a massa do fruto inteiro e a massa de sementes foram determinadas utilizando 5 frutos inteiros pesados em balança analítica e os resultados expressos em gramas (g). O rendimento em polpa foi obtido pela diferença entre a massa do fruto inteiro e das sementes, expresso em porcentagem.

Altura, diâmetro e formato: foram obtidos com paquímetro digital. A altura foi medida da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto e o diâmetro pela medição no eixo transversal. Para cada atributo, foram realizadas duas leituras em pontos equidistantes e os resultados foram expressos em centímetros. O formato foi determinado pela relação entre a altura e o diâmetro. Frutos com valores menores que 1 foram considerados achatados, quando iguais a 1, redondos e maiores que 1, piriformes. (ANDRADE; ARAGÃO; FERREIRA, 1993).

Análise da cor externa: foi determinada por meio de duas leituras realizadas na região equatorial de cada fruto. Foram analisados 10 frutos de cada acesso utilizando um colorímetro (Minolta, modelo CR-300) e expressada pela luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e pelo ângulo de cor ($^{\circ}\text{Hue}$).

Sólidos solúveis: quantificado por leitura direta em refratômetro digital (marca Atago; modelo Palette PR-101) (AOAC, 2012). Para as leituras utilizou-se massa fresca de 10 frutos homogeneizada em mixer, e os resultados foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$.

Acidez titulável: foi determinada por titulometria de neutralização (CARVALHO et al., 1990). Os extratos foram preparados com 5,0 g de massa fresca proveniente de 10 frutos. Esta polpa foi homogeneizada em 45 mL de água destilada. Em seguida, os extratos foram filtrados para a titulação com solução de NaOH à 1 N até atingir pH 8,1, os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

Ácido ascórbico: determinado por titulometria de redução. Os extratos foram preparados com 5,0 g de massa fresca proveniente de 10 frutos. Esta polpa foi homogeneizada em 25 mL de ácido oxálico a 0,5 %. Os extratos foram filtrados em papel filtro e titulados com solução de 2,6 dicloro-fenol-indofenol de sódio (DCFI). A titulação foi interrompida quando a solução titulada apresentou coloração rosa clara. Os resultados foram expressos em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de ácido ascórbico (STROHECKER, R.; HENNING, 1967).

Carotenoides: para o preparo dos extratos foram utilizados 2g de massa fresca de 10 frutos homogeneizados em 18 mL de acetona a 80%. As leituras foram feitas em espectrofotômetro nas absorvâncias 663 nm, 646 nm e 470 nm (LICHTENTHALER, 1987). O teor de carotenoides foi expresso em mg g^{-1} de amostra.

Compostos fenólicos totais: realizada pelo método espectrofotométrico baseado na ação de oxidação do reagente Folin-Ciocalteu (WOISKY; SALATINO, 1998). Os extratos foram obtidos com 1g de massa fresca, triturada em moinho e diluída em 50 mL de água destilada. 0,5 mL dessa solução padrão foi transferida para tubos de ensaio, e adicionados 2,5 mL de do reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e deixados em repouso por 3 e adicionados 2 mL de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram deixados em repouso por 2 horas ao abrigo da luz para a realização da leitura em espectrofotômetro a 740 nm. Os resultados dos compostos fenólicos foram expressos em equivalente de ácido gálico de acordo com a curva de calibração.

Análise da capacidade antioxidante: foi determinada pelo método de sequestro do radical livre 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) (MENSOR et al., 2001) adaptado para leitura em microplacas. Os extratos foram obtidos a partir de 1g de massa fresca diluídos em 10mL de álcool etílico 80%. Estes extratos foram diluídos em álcool etílico 80% para obtenção de soluções na concentração de 1:50. De cada extrato foram retirados uma alíquota de 500 μL , adicionados 3mL de etanol 100% e 300 μL de solução DPPH a 0,5 mM. Após duas horas em repouso e ao abrigo da luz, as amostras foram determinadas em espectrofotômetro na absorvância de 517 nm. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de trolox polpa de acordo com a curva de calibração.

Análise estatística: os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida de teste Scott-Knott no software Assistat para avaliação das médias e a análise multivariada de componentes principais (ACP) e agrupamento (*cluster*) pelo software Statistica 7.

4.3. Resultados e discussão

A comparação entre as médias dos dados de massa do fruto inteiro, massa de sementes e rendimento de polpa das 31 uvaieiras indicou variação entre os acessos para as massas do fruto inteiro e de sementes. A massa do

fruto variou de 10,92 g (acesso 26) a 35,40 g (acesso 7). O acesso 7 também apresentou a maior massa de sementes (5,64 g) (Tab 1 em anexo).

Figura 1. Valores médios da massa fresca do fruto inteiro e do rendimento da polpa de uvaia de 31 acessos.

A média geral de rendimento de polpa para os frutos de uvaia foi elevada, acima de 80% para todos os 31 acessos. Verificou-se que frutos maiores não resultaram em maior rendimento de polpa, pois também continham a maior massa de sementes. O acesso 12 possuía massa de sementes reduzida (1,1, g) e destacou-se pelo maior rendimento (93,13%), apesar da massa de seus frutos terem apenas 16 g - valor abaixo da média geral dos acessos (Tab. suplementar 1). O alto rendimento de polpa é fundamental para a obtenção de produtos industrializados, tais como sucos naturais e concentrados, doces, etc (BORGES et al., 2010; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Entre os 31 acessos, as dimensões dos frutos exibiram diferenças significativas. A altura variou entre 23,20 e 55,88 mm, e o diâmetro entre 24,95 a 44,90 mm. As maiores dimensões foram verificadas nos acessos 2 e 23, que apresentaram valores 90,65% e 33,03%, acima da média geral de altura e diâmetro, respectivamente (Tab. 1).

Tabela 1. Atributos físicos dos frutos de 31 acessos de uvaia provenientes de Inconfidentes, Minas Gerais (latitude 22° 19' 1" S e longitude 46° 19' 40" O).

Acessos	Altura (mm)		Diâmetro (mm)		Formato		Luminosidade (L*)		Cromaticidade (C*)		° Hue	
	Médias											
1	28,11	c	33,56	c	0,81	c	57,20	b	37,68	c	70,41	d
2	55,88	a	34,43	c	1,59	a	60,86	b	46,21	a	71,00	d
3	25,15	c	29,85	c	0,84	c	61,12	b	43,31	b	76,52	b
4	23,69	c	28,48	c	0,83	c	62,94	a	47,52	a	74,89	b
5	24,25	c	29,10	c	0,82	c	62,87	a	48,74	a	71,01	d
6	27,27	c	33,52	c	0,80	c	58,21	b	51,10	a	81,13	a
7	26,59	c	29,91	c	0,85	c	59,14	b	45,88	a	72,96	c
8	30,11	b	34,56	c	0,93	b	58,25	b	44,03	b	69,70	d
9	25,90	c	31,25	c	0,83	c	58,71	b	44,03	b	69,39	d
10	24,74	c	24,95	c	0,97	b	62,55	a	49,19	a	69,63	d
11	31,59	b	32,56	c	0,93	b	58,60	b	35,94	c	75,66	b
12	26,22	c	33,83	c	0,81	c	61,17	b	39,74	c	75,76	b
13	28,79	c	36,21	b	0,80	c	62,94	a	45,39	a	72,48	c
14	23,20	c	30,46	c	0,76	c	65,87	a	53,39	a	79,53	a
15	28,71	c	33,61	c	0,85	c	62,70	a	45,83	a	77,10	b
16	28,07	c	32,33	c	0,85	c	60,06	b	40,66	c	80,21	a
17	29,27	c	32,21	c	0,88	b	61,99	a	41,66	b	80,00	a
18	32,36	b	33,47	c	0,93	b	62,50	a	43,39	b	75,54	b
19	33,02	b	38,46	b	0,86	c	66,04	a	50,92	a	77,54	b
20	28,74	c	36,39	b	0,78	c	63,71	a	44,80	b	81,29	a
21	31,19	b	39,59	b	0,78	c	61,78	a	43,30	b	75,60	b
22	29,01	c	35,16	c	0,82	c	63,79	a	44,04	b	74,32	c
23	33,98	b	44,90	a	0,80	c	63,70	a	46,42	a	76,17	b
24	29,79	b	34,14	c	0,89	b	62,96	a	45,99	a	73,79	c
25	28,45	c	36,02	b	0,76	c	61,84	a	43,99	b	75,78	b
26	27,22	c	32,86	c	0,86	c	65,19	a	51,76	a	77,02	b
27	34,27	b	40,27	b	0,84	c	65,36	a	47,35	a	77,99	b
28	32,34	b	34,49	c	0,96	b	63,19	a	47,28	a	73,38	c
29	25,53	c	31,78	c	0,77	c	63,71	a	45,93	a	74,70	b
30	28,81	c	34,73	c	0,85	c	62,08	a	45,24	a	75,05	b
31	26,27	c	33,20	c	0,75	c	62,66	a	44,78	b	74,24	c
Média geral	29,31		33,75		0,86		62,05		45,34		75,16	
CV (%)	9,19		10,12		8,74		3,26		8,10		2,91	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. CV (%): coeficiente de variação. Todos os dados apresentados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) (one-way ANOVA e teste Scott-Knott ao nível de 5%).

O formato das uvaia foi definido como levemente achatado, pois os valores da relação entre a altura e o diâmetro foram menores que 1 para a maioria dos acessos (Fig. 2A), exceto para o acesso 2, que apresentou valores acima de 1 e frutos de formato piriforme (Fig. 2B) (ANDRADE; ARAGÃO; FERREIRA, 1993).

Figura 2. Uvaías do acesso 23 - formato levemente achatado (A) e uvaías do acessos 2 - formato piriforme (B).

A dimensão dos frutos afeta a adaptação de máquinas e adequação de embalagens nas indústrias, assim como a aceitação da fruta fresca, uma vez que o consumidor prefere frutos simétricos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MATSUURA; COSTA; FOLEGATTI, 2004). Diante das médias das massas do fruto inteiro e de sementes e dos resultados de altura, diâmetro e formato dos frutos, as uvaías dos 31 acessos eram majoritariamente pequenas e achatadas.

A cor da casca variou significativamente entre os acessos, sendo que a menor variação foi observada para os dados de luminosidade (L^*) com a diferença de 8,84 que resultou na divisão dos acessos em 2 grupos (Tab. 1). Os dados de cromaticidade (C^*) variaram de 35,94 (acesso 11) a 53,39 (acesso 14), sugerindo que a coloração da casca das uvaías identificadas possuía tonalidades entre pálidas e vívidas. O ângulo de cor ($^{\circ}\text{Hue}$) foi o atributo que melhor expressou as diferenças na coloração da casca dos acessos, permitindo inferir que a cor oscilou entre amarelo e alaranjado, constatada nos acessos 6 e 9 (81,13 e 69,39 $^{\circ}\text{Hue}$, respectivamente) (Fig. 3A e 3B).

Figura 3. Coloração da casca de uvaías maduras nas amostras dos acessos 9 - 69,39 $^{\circ}\text{Hue}$ (A) e 6 - 81,13 $^{\circ}\text{Hue}$ (B).

A cor da casca dos frutos é uma característica relacionada a aparência e consequentemente a qualidade e, portanto pode influenciar no seu comércio e no consumo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). As informações sobre as características morfológicas do fruto podem ser utilizadas como parâmetro indicativo da diversidade genética da população de uvaieiras, da mesma forma que é realizada para as espécies mais consumidas no Brasil. E, ainda servir como subsídios para a implantação de programas de melhoramento no futuro (BAGHERIYAN; KARIMI; ESMAELIZADEH, 2015; GELETA; LABUSCHAGNE; VILJOEN, 2005; SUDRÉ et al., 2010).

Os atributos utilizados para avaliar a composição físico-química permitiram melhor distinção entre os acessos de uvaia, observado pela divisão entre os acessos para cada característica analisada (Tab. 2).

Tabela 2. Análise química dos frutos de 31 acessos de uvaia provenientes de Inconfidentes, Minas Gerais (latitude 22° 19' 1" S e longitude 46° 19' 40" O).

Acessos	Variáveis															
	SS		pH		AT		Ratio		AA		CF		CA		DPPH	
1	6,60	e	3,22	d	1,99	d	3,32	c	148,73	b	230,71	e	1,22	c	7,58	d
2	5,96	f	3,28	c	2,39	c	2,49	d	115,94	c	341,09	b	1,42	c	10,34	b
3	5,86	f	3,08	f	2,95	b	1,98	e	111,33	c	170,05	f	1,78	c	10,01	b
4	5,36	g	2,97	g	3,55	a	1,51	f	112,32	c	219,23	e	1,22	c	9,57	c
5	6,93	d	3,20	d	2,54	c	2,72	d	64,73	e	229,07	e	1,11	c	8,77	c
6	7,66	b	3,14	e	2,89	b	2,65	d	76,53	d	338,63	b	1,79	c	12,51	a
7	6,56	e	3,16	e	2,23	c	2,99	c	76,21	d	237,26	e	1,50	c	6,23	e
8	6,90	d	3,09	f	2,53	c	2,72	d	146,51	b	281,8	c	2,89	a	12,55	a
9	7,70	b	3,14	e	2,97	b	2,61	d	146,97	b	247,37	d	3,01	a	8,77	c
10	6,50	e	3,36	b	1,48	e	4,49	a	166,58	a	462,4	a	1,47	c	11,05	a
11	7,03	d	3,17	e	3,03	b	2,32	e	60,27	e	220,32	b	1,80	c	5,39	e
12	7,06	d	3,53	a	1,51	e	4,73	a	64,71	e	222,78	e	1,05	c	6,74	d
13	7,06	d	3,34	b	2,41	c	2,92	d	34,96	f	189,45	f	1,37	c	10,14	b
14	6,80	d	3,30	c	2,32	c	2,92	d	52,70	e	192,73	f	2,04	b	7,53	d
15	7,00	d	3,30	c	2,22	c	3,14	c	55,31	e	187,26	f	1,79	c	7,47	d
16	6,53	e	3,32	b	2,23	c	2,92	d	42,79	f	220,6	e	1,41	c	7,18	d
17	6,13	f	3,14	e	2,28	c	2,68	d	59,49	e	169,23	f	1,02	c	7,67	d
18	5,56	g	3,08	f	2,86	b	1,94	e	62,10	e	238,08	e	1,49	c	10,52	b
19	7,26	c	3,13	e	2,25	c	3,21	c	40,18	f	180,43	f	0,92	c	9,24	c
20	6,63	e	3,19	d	2,45	c	2,70	d	64,19	e	252,02	d	0,93	c	8,93	c
21	6,46	e	3,16	e	2,44	c	2,66	d	67,84	d	224,42	e	1,31	c	5,21	e
22	7,50	b	3,11	f	2,86	b	2,62	d	64,71	e	260,49	d	1,09	c	8,37	d
23	6,66	e	3,24	c	1,60	e	4,16	b	31,83	f	150,65	g	1,23	c	4,75	e
24	6,83	d	3,09	f	2,38	c	2,87	d	78,28	d	261,03	d	2,29	b	8,22	d
25	6,53	e	3,20	d	2,04	d	3,19	c	55,84	e	212,13	e	1,37	c	8,86	c
26	6,50	e	3,28	c	1,46	e	4,47	a	25,05	f	280,16	c	1,71	c	10,63	b
27	7,70	b	3,21	d	2,06	d	3,72	b	52,18	e	238,63	e	1,08	c	5,43	e
28	8,86	a	3,14	e	2,35	c	3,71	b	70,97	d	251,74	d	1,51	c	9,55	c
29	6,30	e	3,09	f	2,10	d	3,02	c	57,40	e	236,72	e	1,71	c	6,69	d
30	5,43	g	3,28	c	1,37	e	4,00	b	31,83	f	125,51	g	1,61	c	6,69	d
31	8,60	a	3,08	f	2,52	c	3,40	c	101,76	c	344,37	b	2,20	b	11,98	a
Média geral	6,78		3,19		2,33		3,06		75,49		239,24		1,56		8,53	
CV (%)	2,85		0,77		8,11		10,15		11,91		6,45		27,89		9,26	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Sólidos solúveis (SS): °Brix; ácido titulável (AT): Ácido cítrico %; *ratio*: SST/AT; ácido ascórbico (AA): mg 100 g⁻¹ AA; compostos fenólicos (CF): mg 100 g⁻¹ GAE; carotenoides (CA): mg g⁻¹; capacidade antioxidante (DPPH): µmol g⁻¹ de trolox; CV (%): coeficiente de variação. Todos os dados apresentados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) (one-way ANOVA e teste Scott-Knott ao nível de 5%).

A avaliação dos resultados de sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT), potencial hidrogeniônico (pH) e *ratio* permitiram inferir sobre o sabor dos frutos. Foi verificado a partir da interação desses atributos a predominância de frutas levemente adocicadas e fortemente ácidas. A diferença no conteúdo de sólidos solúveis entre os acessos foi significativa, alcançando 3,50 °Brix (Tab. 2). Os valores mais elevados foram 8,86 e 8,60 °Brix encontrados nos acessos 28 e 31, respectivamente, e podem ser comparados a morangos da cultivar ‘Campinas’ (8,37 °Brix), uma das mais doces do mercado brasileiro (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002). Por outro lado, a menor quantidade de sólidos solúveis foi de 5,36 a 5,56 °Brix, observada nos acessos 4, 18 e 30 (Tab. 3). Na literatura estão relatados valores entre 6,00 a 11,6 °Brix para a polpa de uvaia (MIGUEL et al., 2015; PEREIRA et al., 2012; SILVA et al., 2014; ZILLO et al., 2013, 2014).

O *ratio* variou entre 1,51 (acesso 4) e 4,73 (acesso 12), indicando que o consumo dos frutos de cada acesso pode produzir uma experiência sensorial distinta, pois a relação entre os SS e a AT está associada a percepção de sabor (Tab. 2). Diante disso, valores elevados de SS e de *ratio* são características desejáveis e valorizadas pelo consumidor da fruta in natura e para o uso na indústria (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No entanto, a maioria dos acessos desse estudo apresentaram frutos com baixo teor de sólidos solúveis e elevada acidez, resultando em valores baixos para o *ratio*.

A acidez titulável variou entre 1,37 e 3,55 % de ácido cítrico, e são coerentes com o baixo pH observado em todos os acessos (entre 2,97 e 3,53). Os frutos mais ácidos foram observados no acesso 4, com 3,55 % de ácido cítrico e 2,97 de pH (Tab. 2). A média de AT dos 31 acessos foi de 2,33 % de ácido cítrico, posicionando a uvaia entre a laranja ‘Valência’ e a limas ácidas ‘Tahiti’ sendo similar ao cambuci, outro fruto nativo do Brasil (AZEVEDO et al., 2016). A média do pH dos 31 acessos foi de 3,19, semelhante aos valores da literatura (3,7, a 3,15) (MIGUEL et al., 2015; SILVA et al., 2014; ZILLO et al., 2013). Essas informações podem auxiliar na seleção de acessos de acordo com o mercado que se deseja destinar os frutos. Acessos que produzem frutos mais ácidos podem ser melhor aproveitados na indústria de alimentos.

O ácido ascórbico (AA), os compostos fenólicos (CF) e os carotenoides (CA) são compostos bioativos com características antioxidantes considerados importantes para a redução do risco de diversas doenças, como o câncer e doenças cardiovasculares (SEIFRIED et al., 2007; TEMPLE, 2000). A quantidade de ácido ascórbico verificado entre os acessos apresentou valores entre 166,58 mg 100 g⁻¹ no acesso 26 e 25,05 mg 100 g⁻¹ no acesso 10 (Tab. 2). A amplitude entre os dados é coerente com os resultados de outros autores que observaram na polpa de uvaia valores entre 39,5 a 100,73 mg 100 g⁻¹ AA (DONADIO, 1997; ZILLO et al., 2013). De acordo com a média de 75,49 mg 100 g⁻¹ dos acessos, as uvaia possuem teores AA superior ao de frutas cítricas tradicionais, como o limão ‘Tahiti’ e a laranja ‘Baía’ que contêm 38,2 e 56,9 mg 100 g⁻¹ AA, respectivamente (NEPA, 2011). As uvaia deste estudo apresentaram quantidade de AA semelhante as frutas cítricas como o lima ‘Tahiti’ e a laranja ‘Baía’ (38,2 a 56,9 mg AA. 100 g⁻¹ polpa) (UNICAMP, 2011).

Os compostos fenólicos variaram significativamente entre os acessos. Na população destacaram-se o acesso 10, devido ao elevado conteúdo de 462,4mg 100 g⁻¹ GAE na massa fresca e o acesso 30 pelo menor conteúdo de 125,51mg 100 g⁻¹ GAE na massa fresca (Tab. 2). A média dos acessos foi de 239,24mg 100 g⁻¹ GAE na massa fresca, na literatura os fenólicos na polpa de uvaia variam de 6,07 a 27,5 mg 100 g⁻¹ GAE na massa fresca. O ácido gálico é o principal fenólico observado na polpa de uvaia, devido a suas propriedades antioxidantes pode ser utilizado como na indústria farmacêutica, de alimentos, e em cosméticos (HAMINIUK et al., 2011; SILVA et al., 2014; ZILLO et al., 2014).

O conteúdo de carotenoides dos 31 acessos variou entre 3,01 e 0,91 mg g⁻¹ massa fresca (Tab. 2). Em outros estudos, a quantidade de carotenoides para a uvaia foi de 0,90 mg g⁻¹ na massa seca e de 13,06 mg 100 g⁻¹ na massa fresca, valores inferiores aos obtidos nesse estudo. A luteína e β -caroteno são os carotenos encontrados em maior quantidade na polpa da uvaia (PEREIRA et al., 2012; SILVA et al., 2014). Alguns estudos apontam que a luteína pode diminuir a degeneração macular, doença que causa a perda da visão (CHEW et al., 2013). O β -caroteno é considerado o carotenoide com maior potencial de ser absorvido pelo organismo humano, pois é facilmente convertido em vitamina A (GARCÍA-CASAL et al., 1998).

A capacidade antioxidante entre os acessos foi de 4,75 a 12,55 μ mol g⁻¹ de trolox polpa nos acessos 23 e 8, respectivamente (Tab. 2). Apesar da ampla variação, os resultados demonstram que os frutos de uvaia possuem elevada capacidade antioxidante e está de acordo com o observado em outros trabalhos (RAMIREZ et al., 2012). Comparada com outras espécies frutíferas nativas, a uvaia possui maior atividade antioxidante que araçá do campo, cambuci, feijoa, gabioba, grumixama (HAMINIUK et al., 2011).

A quantidade de compostos bioativos na polpa de uvaia teve ampla variação entre os 31 acessos analisados. Este comportamento é interessante, uma vez que, os dados apresentados em outros trabalhos sobre a caracterização físico-química da polpa de uvaia também apresentaram grande variação. A diferença verificada entre os acessos e entre os trabalhos pode ser decorrente da diversidade genética entre os acessos (RUFINO et al., 2010; SILVA et al., 2014).

Na análise de componentes principais (ACP) foram avaliadas seis variáveis: rendimento (R), sólidos solúveis totais (SS), ácido ascórbico (AA), acidez titulável (AT), compostos fenólicos (CF) e capacidade antioxidante (DPPH) as quais foram reduzidas a três componentes que explicaram 74,31% do total da variabilidade dos acessos, onde 30,92% = PC1, 25,87% = PC2 e 17,52% = PC3 (Fig. 3).

Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) de 31 acessos de uvaías no município de Inconfidentes, Minas Gerais. Distribuição dos acessos e variação dos atributos físico e químicos PC1 x PC2 (A) e PC1 x PC3 (B), respectivamente.

A análise dos dados das componentes principais associada à informação de distribuição do coeficiente de correlação permitiu identificar quais os acessos se diferenciaram na população de uvaieiras, assim como quais foram os atributos responsáveis pela diferenciação devido a distribuição nos quadrantes da análise multivariada (Tab. 3).

Tabela 3. Matrix de correlação na análise de componentes principais com os pesos originais de cada variável referente aos acessos de uvaías no município de Inconfidentes, Minas Gerais.

Variáveis	Componente		
	PC 1	PC 2	PC 3
Rendimento (R),	0,20	-0,82	-0,14
Sólidos solúveis (SS)	-0,32	-0,19	-0,87
Ácido ascórbico (AA)	-0,77	-0,01	0,27
Acidez titulável(AT)	-0,41	-0,61	0,37
Compostos fenólicos(CF)	-0,82	0,25	-0,21
Capacidade antioxidante(DPPH)	-0,77	-0,06	0,08
% Variância	36,11	19,14	17,28

A distribuição do coeficiente de correlação indicou que os CF (-0,82) e AA (-0,77) e DPPH (-0,77) contribuíram para a componente principal 1 (PC 1), possuindo uma forte correlação negativa (Tab. 3). Esse resultado possibilitou observar que os acessos 2, 3, 6, 8, 9, 10, 18 e 31 sobressaíram-se para estas variáveis, destacando-se o acesso 10 por reunir os maiores conteúdo de CF (462,4 mg 100 g GAE massa fresca), AA (166,58 mg 100 g⁻¹ AA massa fresca) e DPPH (11,05 µmol g⁻¹ de trolox) (Tab. 2). De forma geral, estes acessos exibiram potencial para utilizados como fonte de compostos antioxidantes na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética.

Na segunda componente principal (PC 2) o rendimento (-0,82) foi a fonte de variação mais importante para a distribuição dos acessos, com forte correlação negativa (Tab. 3). Nos acessos 9, 12, 29 e 30 observou-se que rendimento de polpa foi superior a 92% (Fig. 1). O acesso 9 se sobressaiu, pois além do rendimento alto agregou outras características positivas, como o elevado teor de SS (7,70 °Brix) e de AA (146,97 mg 100 g⁻¹ AA na massa fresca) tornando-o mais atraente para o consumidor e também para a indústria (Tab 2). A acidez titulável também contribui para a diferenciar os acessos na PC2, com uma correlação negativa de -0,61. Neste atributo, os acessos 30 e 4 menor e com a menor acidez, respectivamente. Na terceira componente (PC 3), o conteúdo de SS foi a variável que mais influenciou, apresentando elevada correlação negativa (-0,87) (Tab. 3). Para este atributo os acessos 27 (7,70 °Brix), 28 (8,86 °Brix) 31 (8,60 °Brix) diferenciaram-se pelo teor de sólidos solúveis totais e, portanto são mais interessantes para o consumo in natura (Tab. 2).

A análise de agrupamento hierárquico distinguiu três grupos (Fig. 5). O grupo 1 (G1) concentrou 74 % dos acessos estudados, que se correlacionaram negativamente com as características de AA, CF e DPPH. Devido a essas características essas plantas poderiam ser melhor aproveitadas como matéria-prima na indústria alimentícia.

Figura 5. Agrupamento realizado com base nas características rendimento, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, acidez titulável, compostos fenólicos e capacidade antioxidante dos frutos de 31 uvaías de Inconfidentes, Minas Gerais, no dendrograma foi utilizada distância Euclidiana e algoritmo *single linkage*.

O Grupo 2 e 3, formados por 4 acessos cada um, concentraram os acessos com o maior potencial antioxidante. No grupo 2 reuniram-se os acessos com maior teor de CF e com o segundo maior conteúdo de AA. O grupo 3 se diferenciou por agrupar os acessos que continham o maior conteúdo de AA e maior capacidade antioxidante DPPH (Tab. 2). Os grupos 2 e 3 reúnem os acessos que possuem maior potencial para um estudo exploratório para a indústria farmacêutica e cosmética devido ao elevado conteúdo de compostos com antioxidante, especialmente os acessos 10 e 31 que destacaram-se com os maiores conteúdos de ácido ascórbico e de compostos fenólicos.

4.4. Conclusão

Observou-se ampla diversidade na coloração, com frutos partindo de amarelo claro até alaranjado. O formato predominante dos frutos dos acessos foi achatado, com exceção de um acesso com frutos piriformes.

Os sólidos solúveis, ácido ascórbico, compostos fenólicos e a capacidade antioxidante foram os atributos que mais variaram entre os acessos. Os acessos 1, 8, 9, 10 2, 3, 4 e 31, continham os níveis mais elevados de compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante), possuem potencial para o uso na indústria farmacêutica e cosmética. O estudo das uvaías provenientes de uma população de 31 acessos permitiu distinguir extensa variabilidade entre os parâmetros de qualidade dos frutos, especialmente aqueles relacionados as características físico e químicas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. DE S.; ARAGÃO, C. G.; FERREIRA, S. A. DO N. Caracterização física e química dos frutos de araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). **Acta Amazonica**, v. 23, n. 2–3, p. 213–217, 1993.
- AOAC. **Association of Official Analytical Chemists – International**. 19. ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, 2012.
- BAGHERIYAN, S.; KARIMI, H. R.; ESMAELIZADEH, M. Evaluation of genetic relationships among melon genotypes based on morphological markers. **International Journal of Vegetable Science**, v. 21, n. 1, p. 36–52, 2015.
- BORGES, K. C. DE F. et al. Rendimento de polpa e morfometria de frutos e sementes de pitangueira-do-cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 471–478, 2010.
- CARVALHO, C. R. L. et al. Análises químicas de alimentos. **Campinas: ITAL (manual técnico)**, p. 121, 1990.
- CHEW, E. Y. et al. Lutein/zeaxanthin for the treatment of age-related cataract. **JAMA Ophthalmology**, v. 131, n. 7, p. 843, 2013.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 10–17, 2002.
- DONADIO, L. C. Study of some brazilian Myrtaceae in Jaboticabal, Sp. **Acta Horticulturae**, v. 452, p. 181–183, 1997.
- GARCÍA-CASAL, M. N. et al. Vitamin A and beta-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. **The Journal of nutrition**, v. 128, n. 3, p. 646–50, 1998.
- GELETA, L. F.; LABUSCHAGNE, M. T.; VILJOEN, C. D. Genetic variability in pepper (*Capsicum annuum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, n. 10, p. 2361–2375, 2005.
- HAMINIUK, C. W. I. et al. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, p. 1529–1537, 2011.
- KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350–382, 1987.
- MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P. DA; FOLEGATTI, M. I. D. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 48–52, 2004.
- MENSOR, L. L. et al. Screening of brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, p. 127–130, 2001.
- MIGUEL, A. C. A. et al. Qualidade de uvaías de distintas variedades produzidas no município Rio Claro-SP. **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças...anais**, v. 1, n. 1, p. 8, 2015.

- MOHAMMADI, S. A.; PRASANNA, B. M. Analysis of genetic diversity in crop plants salient statistical tools and considerations. **Crop science**, v. 43, n. 4, p. 1235–1248, 2003.
- MÜHLBAUER, F. B. et al. Avaliação das características físicas e químicas da polpa e do iogurte de uvaia. **Thesis**, v. 4, n. 17, p. 60–77, 2012.
- NEPA, N. DE E. E P. EM A. – U. Tabela brasileira de composição de alimentos. **rev. e ampl. Campinas**, v. 4, p. 161, 2011.
- PEREIRA, M. C. et al. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.
- RAMIREZ, M. R. et al. Evaluation of the polyphenolic content, anti-inflammatory and antioxidant activities of total extract from *Eugenia pyriformes* Cambess (uvaia) fruits. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 405–412, 2012.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.
- SEIFRIED, H. E. et al. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, n. 9, p. 567–579, set. 2007.
- SILVA, N. A. DA et al. Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 22, p. 5072–5084, 2014.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Análises de vitaminas: métodos comprovados. **Madrid: Paz Montolvo**, p. 428, 1967.
- SUDRÉ, C. P. et al. Genetic variability in domesticated Capsicum spp as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 1, p. 283–294, 2010.
- TEMPLE, N. J. Antioxidants and disease: More questions than answers. **Nutrition Research**, v. 20, n. 3, p. 449–459, 2000.
- VIANA, A. P. et al. Genetic diversity in yellow passion fruit populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 6, n. 6, p. 87–94, 2006.
- VIEIRA, R. F. et al. **Frutas Nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. 1ª ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 2006.
- WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, n. 2, p. 99–105, 1998.
- ZILLO, R. R. et al. Qualidade físico-química da fruta *in natura* e polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 293–298, 2013.
- ZILLO, R. R. et al. Parâmetros físico-químicos e sensoriais de polpa de uvaia (*Eugenia Pyriformis*) submetidas à pasteurização. **Bioenergia em revista: diálogos**, v. 4, n. 2, p. 20–33, 2014.

5. QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE UVAIA EM TRÊS ESTÁDIOS DE AMADURECIMENTO

RESUMO

A uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess) é uma mirtácea nativa da Mata Atlântica que produz frutos amarelo-alaranjados de sabor ácido e aroma característico. Os frutos são matéria-prima utilizada em diversos produtos desde geleias e sorvetes até produtos cosméticos como xampus e hidratantes. Estudos recentes concluíram que a uvaia possui elevada capacidade anti-inflamatória e antioxidante, entretanto informações sobre a qualidade e fisiologia pós-colheita são escassas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade pós-colheita de uvaia colhida em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram colhidos manualmente em três estádios de amadurecimento, definidos pela cor da casca: estágio 1 (cor verde), estágio 2 (cor amarela) e estágio 3 (cor alaranjada). Foram avaliados: cor da casca, sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, flavonoides, carotenoides, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e compostos voláteis no início e no fim da vida útil das frutas, respiração (CO_2) e produção de etileno (C_2H_4) foram medidos todos os dias durante o período de armazenamento. Não houve relação entre o estágio de amadurecimento e a respiração. A produção de etileno foi proporcional ao estágio de amadurecimento. Ao longo do armazenamento, os frutos verdes alcançaram a mesma cor da casca, teor de acidez titulável, ácido ascórbico, flavonoides, carotenoides compostos fenólicos e atividade antioxidante dos frutos maduros e propicia um incremento na vida útil podendo viabilizar a comercialização. Por outro lado, verificou-se que os frutos colhidos verdes apresentaram valores menores de sólidos solúveis e menor variedade de compostos voláteis que aqueles colhidos maduros. Essas informações podem auxiliar na escolha do ponto de colheita que melhor atender as exigências de uso para o consumo in natura e para a elaboração de produtos.

Palavras-chave: *Eugenia pyriformis* Cambess; fisiologia; amadurecimento

ABSTRACT

The uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess) is a Myrtaceae found in the Atlantic Forest, produces yellow-orange fruits with acid flavor and aroma characteristic. The fruit pulp is used in several products like jellies, ice cream, shampoos and moisturizers. Recent studies have concluded that it has a high anti-inflammatory and antioxidant capacity, but studies on quality and post-harvest physiology are scarce. Therefore, the objective of this study was to evaluate the post-harvest quality of the uvaia in different ripening stages. The fruits were harvested manually at three ripening stages, defined by the color of the skin: stage 1 (green color), stage 2 (yellow color) and stage 3 (orange color). The evaluated attributes were peel color, soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, flavonoids, carotenoids, phenolic compounds, antioxidant capacity and volatile compounds at the beginning and at the end of the fruits life. In addition, respiration (CO_2) and ethylene production (C_2H_4) every day during the storage period. There was no relationship between respiratory rate and the maturation stage. Ethylene production was directly proportional to the ripening stage. During ripening, the green fruits reached the same color of the bark, titratable acidity, ascorbic acid, flavonoids, carotenoids phenolic compounds and antioxidant activity of mature fruits. On the other hand, was verified that the maturation stage had a negative effect on the soluble solids content and on the quality of the uvaia aroma. The fruits harvested green presented lower values of soluble solids and less variety of volatile compounds than those harvested mature. Therefore, the harvesting of the uvaia in a green ripening stage leads to an increase in the useful life and can make commercialization feasible. This information on the quality of the fruit harvested in different stages can help to choose the one that best meets the requirements of use for fresh consumption and for the elaboration of products.

Keywords: *Eugenia pyriformis* Cambess ; physiology; ripening

5.1. Introdução

A uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess) é uma Myrtaceae nativa da Mata Atlântica que produz frutos amarelo-alaranjados de sabor ácido e aroma característico. A uvaia é uma fruta com grande diversidade de uso. A polpa congelada é matéria-prima para geleias, sorvetes, iogurtes, sucos, licores e até para produtos cosméticos como xampus, sabonetes e hidratantes. Estudos recentes abordaram a caracterização físico-química, a germinação, a capacidade anti-inflamatória e antioxidante dos frutos e demonstraram que além da aptidão para processamento na indústria alimentícia, se constitui numa fonte natural de compostos bioativos importantes para a manutenção da saúde humana (DE ANDRADE; FERREIRA, 2000; HAMINIUK et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; RAMIREZ et al., 2012; RUFINO et al., 2010). Apesar dos potenciais benefícios e usos a uvaia é desconhecida pela maior parte da população, ainda está restrita aos locais de sua ocorrência: em fundos de quintais, colecionadores de frutíferas, centros de pesquisa e bancos de germoplasma.

As uvaia, como a maioria das espécies frutíferas nativas, a uvaia requer soluções para o seu manejo pós-colheita devido a sua alta perecibilidade, sensibilidade ao manuseio e oferta sazonal. E os estudos sobre a qualidade e fisiologia pós-colheita são escassos. Esses fatores em conjunto contribuem para que a fruta tenha uma vida pós-colheita muito curta, onde a perda de qualidade é rápida e dificulta a comercialização e o consumo da fruta fresca (SARTORI et al., 2010).

Uma alternativa pode ser a colheita do fruto antes do seu completo amadurecimento para que possa desenvolver as características de um fruto maduro. Assim, a uvaia teria maior vida útil para ser consumida como fruta fresca.

Este estudo objetivou avaliar a qualidade pós-colheita de uvaías colhidas em diferentes estádios de maturação e como os atributos de qualidade são afetados é uma estratégia para conhecer a fisiologia pós-colheita destes frutos. Tal conhecimento pode agregar valor ao seu comércio, criar novas oportunidades para quem produz e abrir novos nichos de mercado para a indústria (KADER, 1992; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

5.2. Material e métodos

Uvaías em três estádios de amadurecimento foram coletadas de 10 acessos na área experimental no Instituto Federal Sul de Minas, localizada nas coordenadas geográficas latitude 22° 19' 1" S, longitude 46° 19' 40" O e a 869 m de altitude em Inconfidentes, Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwb, temperado húmido com inverno seco e verão temperado, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 19 °C (KOTTEK et al., 2006). Os estádios foram definidos de acordo com a coloração da casca do fruto, sendo: estágio 1 = cor da casca verde, estágio 2 = cor da casca amarela, estágio 3 = cor da casca alaranjada (Fig. 6).

Figura 6. Uvaías em três estádios de amadurecimento definidos pela coloração da casca no dia da colheita. Onde, o estágio 1 = verde, estágio 2 = amarela, estágio 3 = amarelo alaranjada.

Os frutos foram transportados em caixas isotérmicas refrigeradas com placas de gelo até o Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas (LPV-ESALQ/USP). Em seguida, foram selecionados para obtenção de um lote uniforme, e armazenados a 22 ± 1 °C e UR $90\% \pm 5\%$.

Para verificar a qualidade das uvaías nos diferentes estágios de amadurecimento foram realizadas análises quanto à cor da casca, sólidos solúveis no fruto in natura e acidez titulável, ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides, capacidade antioxidante e compostos voláteis em polpa e casca congelados em nitrogênio líquido e armazenadas a -18 ± 1 °C, no início e no fim da vida útil das frutas. O início se refere ao dia da colheita e o fim ao último dia de armazenamento. O dia útil final variou para cada estágio de maturação, o estágio 1 durou 5 dias, estágio 2 durou 4 dias, estágio 3 durou 3 dias.

As análises de atividade respiratória (CO_2) e produção de etileno (C_2H_4) foram realizadas todos os dias durante o período de armazenamento.

Análise da cor da casca: foi determinada pela leitura em dois lados de cada um dos 10 frutos de cada estágio no início e no fim do armazenamento com um colorímetro (Minolta, modelo CR-300). E expressos pelos valores de luminosidade (L) (varia de preto e a branco) e das coordenadas b^* (que varia de amarelo para azul) e a^* (que varia entre o vermelho e verde).

Sólidos solúveis: foi quantificado por leitura direta em refratômetro digital marca Atago, modelo Palette PR-101 (AOAC, 2012). Para as leituras utilizou-se a massa fresca homogeneizada de 10 frutos. Com o auxílio de uma

proveta de Pasteur foram coletadas 10 amostras, filtradas em gaze e realizadas as leituras. Os resultados foram expressos em °Brix.

Acidez titulável: foi determinada por titulometria de neutralização em extratos preparados com 5,0 g de massa fresca de 10 frutos, homogeneizada em 45 mL água destilada. Os extratos foram filtrados em papel filtro, para a titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1 N padronizado, até atingir pH 8,1 e os resultados expressos em g 100⁻¹ equivalentes de ácido cítrico na massa fresca (CARVALHO et al., 1990).

Ácido ascórbico: foi realizada por titulometria de redução. Foram preparados extratos com 5,0 g de massa fresca proveniente de 10 frutos congelada em nitrogênio líquido e homogeneizada em 25 mL ácido oxálico a 0,5 %. Os extratos foram filtrados em papel filtro e titulados com solução de 2,6 dicloro-fenol-indofenol de sódio (DCFI). A solução de DCFI foi padronizada com 10 mL da solução de ácido L-ascórbico, 50 mg de ácido L-ascórbico em 100 mL de água destilada. A titulação foi interrompida quando a solução titulada apresentou coloração rosa clara. Os resultados foram expressos em mg. 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (STROHECKER, R.; HENNING, 1967).

Análise de carotenoides: para o preparo dos extratos foram utilizados 2g de massa fresca de 10 frutos homogeneizados em 18 mL de acetona a 80%. As leituras foram feitas em espectrofotômetro nas absorvâncias 663 nm, 646 nm e 470 nm (LICHTENTHALER, 1987). O teor de carotenoides foram expressos em mg g⁻¹ de amostra.

Flavonoides: os extratos foram preparado a partir de 1g massa fresca em 50 mL de ácido clorídrico a 1,5 N. homogeneizados no turrax (Ika, modelo: T25 digital) durante 2 min. Transferir o conteúdo um frasco de vidro, envolto em papel de alumínio, e armazenado por 12h na geladeira. O extrato então é filtrado para leitura no espectrofotômetro com comprimento de onda de 374 nm. O cálculo do flavonóides total foi feito através da fórmula: Flavonóides totais = (Absorvância x fator de diluição)/98,2 (FRANCIS, 1982).

Análise de compostos fenólicos: realizada pelo método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu (WOISKY; SALATINO, 1998). Para o extrato utilizou-se 1 g de massa fresca diluída em 50 mL de água destilada. Em um tubo de ensaio, foram adicionados 0,5 mL do extrato e 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (1:10). Esta mistura permaneceu em repouso por 3 min. e foram acrescentados 2 mL de carbonato de sódio a 4%. Os tubos foram homogeneizados e deixados ao abrigo da luz, em repouso por 2 h para leitura em espectrofotômetro. A leitura foi realizada em espectrofotômetro 740 nm. Os resultados dos compostos fenólicos foram expressos em equivalente de ácido gálico de acordo com a curva de calibração.

Atividade antioxidante: foi determinada pelo método ORAC - Oxygen Radical Absorbance Capacity ou capacidade de absorção dos radicais oxigenados de acordo com (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001) adaptado para leitura em microplacas. Foram utilizados 20 mg da polpa liofilizada homogeneizada em 1 mL de tampão fosfato ou de álcool etílico 80% e a partir desta foi preparada uma diluição de 1/50 em tampão fosfato. Em microplaca pipetou-se 30 µL da diluição (1/50), 60 µL de fluoresceína e 110 µL de solução de AAPH 76 mM. Em seguida as amostras foram deixadas em repouso por 2h, ao abrigo da luz para leitura em espectrofotômetro. A medida da absorvância a 528 nm foi determinada em espectrofotômetro. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em equivalente trolox g⁻¹ extrato de acordo com a curva de calibração.

Respiração e produção de etileno: As análises de respiração (produção de dióxido de carbono - CO₂) e produção de etileno (C₂H₄). Foram utilizados 12 frascos de vidro de volume médio de 586,69 mL com uma média 146,04 g de frutos armazenados a temperatura ambiente de 22 ± 1 °C e a umidade relativa de UR 90% ± 5%. Estes frascos foram fechados por 1 h e após esse período, através de um septo na tampa, foram retiradas amostras de 1 mL com uma seringa para injeção no cromatógrafo. Foi utilizado o cromatógrafo a gás Trace 2000 GC (Thermo Finnigan) equipado com detector por ionização de chama (FID), com nitrogênio como gás de arraste, a um fluxo de 33,3 mL

min⁻¹ e temperatura da coluna 200 ° C. Os resultados da produção de CO₂ foram expressos em mL kg⁻¹ h⁻¹ e da produção de etileno foram expressos em µL kg⁻¹ h⁻¹.

Análise dos compostos voláteis: os compostos voláteis foram analisados em triplicata, de acordo com o método de micro extração em fase sólida (SPME, do inglês Solid Phase Microextraction). Os extratos foram preparados com a polpa e casca de 10 frutos, picados com lâmina de aço inox, congeladas em nitrogênio líquido e armazenados a -18 °C por 2 meses. Dessa polpa pesou-se 3 g em vials âmbar de 20 mL e adicionou-se 7 mL de solução de NaCl a 30% (p/v). Os vials foram lacrados com tampa de silicone e congelados a -20 °C. Para extração dos voláteis da polpa de uvaia os vials foram descongelados em banho-maria a 40 °C com agitação constante com barra magnética, por 10 min para que os voláteis se acumulassem no headspace (PESIS et al., 2009). Em seguida, a fibra de SPME (divinilbenzeno, carboxeno e polydimethylsiloxane de 50/30 µm, Supelco, Inc.) foi introduzida no headspace do vial e exposta por 50 min. Uma vez capturados, os compostos voláteis foram dessorvidos da fibra pela exposição ao calor do injetor do cromatógrafo (200 °C) durante 5 min.

O cromatógrafo Hewlett-Packard (HP), modelo 6890, acoplado a um detector seletivo de massas HP modelo 5973. A coluna cromatográfica empregada foi a Supelcowax 10 (30 m, 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 µm de espessura do filme). O programa de temperatura utilizado foi: rampa de temperatura de 2 °C/min de 40 °C à 150 °C. A temperatura da interface entre o cromatógrafo e o detector seletivo de massas foi de 230 °C e a ionização foi feita por impacto de elétrons (70 eV) com a fonte de íons mantida a 150 °C. Os espectros de massas obtidos foram comparados com os da biblioteca NIST versão 2011.

Análises estatísticas: o delineamento experimental foi inteiramente casualizado num esquema fatorial 3x5, 3 tratamentos compostos pelos estádios de maturação 1, 2 e 3, avaliados durante 5 dias com 4 repetições constituídas por 10 frutos cada. Os resultados obtidos foram avaliados em análise de variância seguida de teste de Scott Knott a 5%, com exceção dos dados de produção de CO₂ e etileno que foram comparados graficamente com o auxílio de barras verticais do erro padrão da média ($p < 0,05$). Para a análise dos dados de compostos voláteis foi utilizada a análise multivariada de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico (*heatmap*) obtida no programa Metaboanalyst 3.0 (XIA et al., 2016).

5.3. Resultados e discussões

Nos três primeiros dias de avaliação a produção de CO₂ oscilou entre valores de 60,88 a 90,54 mL kg⁻¹ h⁻¹ para os três estádios, a partir do quarto dia de armazenamento houve um aumento e chegou a 105,42 mL kg⁻¹ h⁻¹ (Fig. 7A).

Figura 7. Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de uvaia em três estádios de amadurecimento armazenada a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR, (n=12).

O aumento da respiração é possivelmente um reflexo dos processos fisiológicos relacionado ao amadurecimento dos estádios 1 e 2, como mudança da coloração da casca e síntese de substâncias voláteis. Não houve diferença na taxa respiratória que pudesse ser atribuída aos estádios de amadurecimento dos frutos. A taxa respiratória da uvaia pode ser classificada entre moderada e alta. Os valores mínimos e máximos observados podem ser comparados com o reportado em frutos de goiaba ($74 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e manga ($113 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) a 20°C (SALTVEIT, 2004).

A produção de etileno (C_2H_4) aumentou ao longo do armazenamento e foi diretamente proporcional ao estágio de maturação. Isso pode ser observado nos três primeiros dias de armazenamento. Neste período, a produção de etileno em $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ do estágio 1 variou de 6,48 a 22,77, do estágio 2 variou de 33,47 a 46,30 e do estágio 3 variou de 46,61 a 60,31 (Fig. 7B). A produção de etileno dos frutos colhidos no estágio 1 aumentou durante o armazenamento, de $6,48 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no dia da colheita para $56,01 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no final do armazenamento (Fig. 7B). Alcançou valores equivalentes aqueles produzidos pelos frutos colhidos nos estádios 2 e 3. O expressivo aumento de C_2H_4 sugerem que os frutos verdes amadureceram.

O etileno é um hormônio responsável por iniciar mudanças fisiológicas que culminam no amadurecimento. A ação do etileno ativa rotas metabólicas direta ou indiretamente diversas rotas metabólicas, como metabolismo de ácidos orgânicos, carboidratos, compostos fenólicos, pigmentos, compostos voláteis e senescência, originando produtos que refletem na alteração do sabor, cor e aroma dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Neste contexto, é provável que o expressivo aumento de C_2H_4 seja resultado do amadurecimento dos frutos verdes.

A coloração da casca foi o principal atributo utilizado para identificação dos estádios de amadurecimento no momento da colheita (Fig. 8).

Figura 8. Coloração da casca de uvaíás armazenadas a 22 ± 1 °C e $90 \pm 5\%$ UR. A) Uvaíás do estágio 1 no dia da colheita (esquerda) e no fim do armazenamento (direita). Médias dos três estádios: B) Luminosidade. C) Coordenada a^* , representa a variação de amarelo e azul. D) Coordenada b^* , representa a variação de verde e vermelho. Onde: I = Inicial, dia da colheita e F = Final, último dia do armazenamento (n = 10). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, as letras minúsculas refere-se a comparação entre os estádios e as maiúscula a comparação em cada estágio ($p < 0,01$).

Durante o armazenamento a coloração da casca dos frutos colhidos verdes (estádio 1) evoluiu de verde-amarelado para amarelo-alaranjado. Isto foi constatado pela variação entre os dados de luminosidade (55,33 a 60,65), de a^* (-9,88 a 12,83) e de b^* (12,83 a 38,60) no início e no fim do armazenamento (Fig. 8). Isto indica que os frutos colhidos verdes alcançaram, no fim do armazenamento, coloração da casca similar a dos frutos colhidos maduros (estádio 2 e 3). O estágio 2 apresentou um comportamento contrário aos estádios 1 e 3 para a luminosidade, que diminuiu ao longo do armazenamento. Os dados constatados para as coordenadas de a^* e b^* sugerem que os frutos ficaram amarelos e alaranjados. Para o estágio 3 a luminosidade foi a única componente que variou, de 57,78 a 60,09 entre o início e o fim, respectivamente, enquanto a^* e b^* permaneceram iguais (Fig. 8).

No dia em que os frutos foram colhidos foi observada uma relação positiva entre níveis de sólidos solúveis e o avanço do amadurecimento. Sendo assim, os teores mais altos de sólidos solúveis foram obtidos nos frutos colhidos no estágio 3 (8,5 °Brix) e os menores teores nos frutos do estágio 1 (4,9 °Brix) (Fig. 9A).

Figura 9. A) Teor de sólidos solúveis (n = 10), B) acidez titulável em equivalente de ácido cítrico (n = 6), C) *ratio* (n = 6) e D) ácido ascórbico (n = 6) na massa fresca de uvaia em três estádios de amadurecimento, armazenada a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR. Onde: I = início, dia da colheita e F = fim, último dia do armazenamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, as letras minúsculas referem-se a comparação entre os estádios e as maiúscula a comparação em cada estádio ($p < 0,01$).

Ao longo do período pós-colheita, frutos nos estádios 1 e 2 não alcançaram níveis de sólidos solúveis similares aos iniciais do estágio de amadurecimento 3. Observando o início e fim do armazenamento, temos que o consumo de reservas ocorreu para todos os estádios, entretanto foi maior no estágio 3. Isto indica que a colheita de uvaia deve ser realizada o mais tardiamente possível, caso o objetivo seja oferecer frutos com alto teor de açúcares. Especialmente para o consumo *in natura*, este é um parâmetro a ser considerado, visto que a diferença entre estádios chegou a 3,72 °Brix. Por outro lado, independentemente do estágio de maturação no momento da colheita, observou-se redução no teor de sólidos solúveis no decorrer do armazenamento. Esta redução está associada a comportamentos fisiológicos de amadurecimento (respiração e senescência, por exemplo) que levam ao consumo das reservas energéticas, como os açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No dia da colheita os estádios 1 (2,23 g 100 g⁻¹ de equivalentes de ácido cítrico na massa fresca) e 2 (2,14 g 100 g⁻¹ de equivalentes de ácido cítrico na massa fresca) apresentaram-se mais ácidos em relação ao estágio 3 (1,48 g 100 g⁻¹ de equivalentes de ácido cítrico na massa fresca) (Fig. 9B). Durante o armazenamento foi observada a diminuição dos níveis de acidez em todos os estádios. Temos então que no fim do armazenamento os frutos de uvaia colhidos verdes atingem a mesma acidez titulável dos frutos colhidos maduros e, portanto, possuíam a mesma qualidade sensorial relacionada a acidez de frutas colhidas maduras. Fato relevante, principalmente para a comercialização e consumo da fruta *in natura*, já que o consumidor prefere frutas pouco ácidas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As transformações bioquímicas que ocorreram durante o amadurecimento das uvaías resultaram na diminuição do teor sólidos solúveis e colaborou para um aumento do *ratio* em todos os estádios (Fig. 9 C). O *ratio* está relacionado a percepção do sabor dos frutos, assim o seu aumento indica sabor mais adocicado. Entretanto, as uvaías verdes acumularam menor teor de sólidos solúveis que uvaías colhidas nos estádios de maturação mais avançados (estádio 2 e 3). Dessa forma, é possível inferir que, ao final, os frutos colhidos verdes devem apresentar gosto tendente ao ácido resultaram em frutos com sabor mais ácido.

No dia da colheita o conteúdo de ácido ascórbico (AA) dos estádios 1 e 2 eram maiores que do estágio 3, e no fim do armazenamento os compostos fenólicos dos estádios 1 e 3 eram mais semelhantes (Fig. 9D). O teor de AA variou apenas para os frutos do estágio 1, o AA pode ter sido utilizado durante o amadurecimento como substratos para o processo respiratório ou como antioxidante diminuindo os processos celulares de oxidação. A quantidade de AA identificada no fim do armazenamento foi a mesma para os estádios 1 e 3, sugerindo que o acúmulo desse composto não foi afetado pelo estágio de maturação. A conservação do teor de AA é relevante para a qualidade pós-colheita e para a manutenção da saúde humana devido as funções biológicas desse antioxidante. (LEE; KADER, 2000; SMIRNOFF; CONKLIN; LOEWUS, 2001; WHEELER; SMIRNOFF; JONES, 1998)

O conteúdo de flavonoides no final do armazenamento não diferiu estatisticamente entre os três estádios avaliados, variou de 19,90 a 21,52 mg 100g⁻¹. No entanto, ao longo do armazenamento foi observado para os estádios 2 e 3 um incremento de 83,30% e de 15,76% respectivamente (Fig. 10A).

Figura 10. A) flavonoides ($n = 3$), B) carotenoides ($n = 3$), C) compostos fenólicos em equivalentes de ácidos gálico ($n = 6$) e D) atividade antioxidante em trolox ($n = 3$) na massa fresca de uvaia em três estádios de amadurecimento, armazenada a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR. Onde: I = início, dia da colheita e F = fim, último dia do armazenamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letra minúscula refere-se a comparação entre os estádios e letra maiúscula refere-se a comparação em cada estágio ($p < 0,01$).

O conteúdo de carotenoides totais aumentou ao longo do armazenamento para o estágio 1 e para o estágio 3, contrário ao que foi observado para o estágio 2 (Fig. 10B). O conteúdo final de carotenoides foi o mesmo para os estádios 1 e 3. A diferença verificada entre o início e o fim do armazenamento no estágio 1, caracteriza a síntese de carotenoides e degradação da clorofila como reflexo do processo de amadurecimento da uvaia e está associado a mudança da cor da caca dos frutos modulado pela ação do etileno, similar ao que ocorreu em tomates (HÖRTENSTEINER; KRÄUTLER, 2011; MATILE et al., 1996; SU et al., 2015). Os flavonoides e os carotenoides são pigmentos importantes para a qualidade após a colheita dos frutos. Podem afetar o aroma, pois são precursores para a formação de diversos compostos voláteis, a coloração, e consequentemente, a aparência (SIMKIN et al., 2004). Também estão associados a efeitos benéficos para a saúde devido a atividade antioxidante e antiinflamatória (KAULMANN; BOHN, 2014; WARNER et al., 2016).

O teor de compostos fenólicos no início do armazenamento não diferiu estatisticamente entre os estádios, variou de 217,52 (estádio 3) a 233,46 mg 100g⁻¹ equivalente de ácido gálico na massa fresca (estádio 1). No fim do armazenamento a quantidade de fenólicos do estágio 1 e 3 eram similares. O comportamento distinto foi apresentado pelo estágio 2, houve um incremento nos valores de 232,27 para 277, 51 mg 100g⁻¹ equivalente de ácido gálico na massa fresca (Fig. 10C). A comparação entre o início e o final do armazenamento sugere que o estágio não afetou o conteúdo final de fenólicos. Na literatura foi encontrado 27, 5 mg 100g⁻¹ equivalente de ácido gálico na massa fresca da uvaia e identificaram o ácido gálico como o principal composto fenólico. O ácido gálico é um importante antioxidante natural que pode ter usos diversos na indústria de alimentos, farmacêutica e cosmética (SILVA et al., 2014; NAYEEM et al., 2016).

A capacidade antioxidante no fim do armazenamento não diferiu significativamente entre os estádios, variou de 22,35 a 24,61 mmol 100g⁻¹ trolox na massa seca (Fig. 10D). Durante o armazenamento foi observada a diminuição de 16,66 % da capacidade antioxidante no estágio 1, enquanto aumentou 16,87 % para o estágio 2 e 62,87 % para o estágio 3. Estas informações sugerem que os frutos de uvaia podem ser colhidos verdes e continuar com o mesmo potencial de proteger o organismo do estresse oxidativo que os frutos colhidos em estágio de maturação mais avançados. Isto é relevante devido aos efeitos benéficos para a saúde como a redução do risco de doenças como o câncer, doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas (GENOVESE et al., 2008; HAMINIUK et al., 2011; TEMPLE, 2000).

A observação das substâncias voláteis presentes no início e no fim do armazenamento possibilitou identificar alterações no aroma dos estádios 1 (verde), 2 ('de vez') e 3 (maduro). Ao todo, 59 compostos voláteis foram caracterizados como integrantes do aroma de uvaia (Tab. 4).

Tabela 4. Descrição dos 59 compostos voláteis emitidos por frutos de uvaia em 3 estádios de amadurecimento, no início e no fim do armazenamento. Número do composto (NC), número de registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service (CAS), divisão da Chemical American Society, aroma característico, classificação química, precursor e estágio em que o composto foi identificado. Informações não encontradas na literatura foram identificadas como NE.

NC	Composto volátil CAS	Aroma	Classificação	Precursor	Estádios					
					Início			Final		
					E1	E2	E3	E1	E2	E3
1	Etanol 64-17-5	Alcoólico	Álcool	Carboidratos						
2	β -thujene 28634-89-1	N E	Terpeno	Carboidratos						
3	Etil butirato 105-54-4	Doce	Ester	Ácidos graxos						

4	Hexanal 66-25-1	Fresco	Aldeído	Ácidos graxos				
5	Sabienene 3387-41-5	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
6	Limonene 138-86-3	Herbáceo	Terpeno	Carboidratos				
7	Eucaliptol 470-82-6	Herbáceo	Terpeno	Carboidratos				
8	(E)-2-Hexenal 6728-26-3	Verde	Aldeído	Ácidos graxos				
9	Etil hexanoate 123-66-0	Doce	Ester	Ácidos graxos				
10	Trans- β -Ocimene 3779-61-1	Adocicado	Terpeno	Carboidratos				
11	Hexil acetato 142-92-7	Frutado	Ester	Ácidos graxos				
12	4-hexen-1-ol, acetato 72237-36-6	Fresco	Ester	Ácidos graxos				
13	Sulcatone 110-93-0	Cítrico	Ester	Ácidos graxos				
14	Hexanol 111-27-3	Herbáceo	Álcool	Ácidos graxos				
15	3-Hexen-1-ol, (Z) 928-96-1	Verde	Álcool	Ácidos graxos				
16	Nonanal 124-19-6	Cítrico	Aldeído	Ácidos graxos				
17	2-Hexen-1-ol, (E) 928-95-0	Frutado	Ester	Ácidos graxos				
18	Hexil butirato 2639-63-6	Verde	Ester	Ácidos graxos				
19	α -cubebene 17699-14-8	Herbal	Terpeno	Carboidratos				
20	(Z)-3-Hexenil butirato 16491-36-4	Fresco	Ester	Ácidos graxos				
21	δ -elemene 20307-84-0	Herbáceo	Terpeno	Carboidratos				
22	α -copaeno 3856-25-5	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
23	β -bourbonene 5208-59-3	Herbáceo	Terpeno	Carboidratos				
24	Elixene 3242-08-8	NE	Terpeno	Carboidratos				
25	Caryophyllene 87-44-5	Apimentado	Terpeno	Carboidratos				
26	Valencene 4630-07-3	Cítrico	Terpeno	Carboidratos				
27	Hexil hexanoato 6378-65-0	Verde	Ester	Ácidos graxos				
28	Alloaromadendrene 25246-27-9	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
29	γ -cadinene 39029-41-9	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
30	Humulene 6753-98-6	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
31	(Z)-3-Hexenyl hexanoate 31501-11-8	Verde	Ester	Ácidos graxos				
32	γ -muurolene 30021-74-0	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				

33	γ -elemene 29873-99-2	Verde	Terpeno	Carboidratos				
34	δ -cadinene 483-76-1	Herbáceo	Terpeno	Carboidratos				
35	Neril acetone 3879-26-3	Rançoso	Terpeno	Ácidos graxos				
36	Viridiflorol 1000122-17-3	Herbáceo	Terpeno	Carboidratos				
37	Ethil acetato 141-78-6	Etéreo	Ester	Ácidos graxos				
38	β -cubebene 13744-15-5	Cítrico	Terpeno	Carboidratos				
39	β -ocimene 13877-91-3	Floral	Terpeno	Carboidratos				
40	3-hexen-1-ol 544-12-7	Verde	Álcool	Ácidos graxos				
41	α -guaiene 3691-12-1	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
42	Viridiflorene 21747-46-6	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
43	1-Octanol 111-87-5	Cítrico	Álcool	Ácidos graxos				
44	2-Ciclopenten-1-one, 4-acetyl-2,3,4,5,5-pentametil 50506-59-7	N E	Ester	Ácidos graxos				
45	Octilbutirato 110-39-4	Frutado	Ester	Ácidos graxos				
46	Octil hexanoato 4887-30-3	Frutado	Ester	Ácidos graxos				
47	2-Trans-hexenil acetate 2497-18-9	Verde	Ester	Ácidos graxos				
48	Biciclo[3.1.1]hept-2-ene, 3,6,6-trimetil 4889-83-2	N E	Terpeno	Carboidratos				
49	Isoamilacetato 123-92-2	Banana	Terpeno	Carboidratos				
50	Metil butirato 623-42-7	Maçã	Ester	Ácidos graxos				
51	Isoamil álcool 123-51-3	Fermentado	Álcool	Ácidos graxos				
52	Acetoin 513-86-0	Adocicado	Ester	Ácidos graxos				
53	Pentanal 110-62-3	Fermentado	Aldeído	Ácidos graxos				
54	β -terpinene 99-84-3	N E	Terpeno	Carboidratos				
55	Etil octanoato 106-32-1	Frutado	Ester	Ácidos graxos				
56	Octil isobutirato 109-15-9	Cera	Ester	Ácidos graxos				
57	Aromadendrene 72747-25-2	Amadeirado	Terpeno	Carboidratos				
58	Amil isobutirato 2445-72-9	Frutado	Ester	Ácidos graxos				
59	Metil hexanoato 106-70-7	Abacaxi	Ester	Ácidos graxos				

No dia em que os frutos foram colhidos (início), a distribuição das amostras no plano da análise de componentes principais mostrou que cada estágio possuía um perfil de voláteis distinto (Fig. 11).

Figura 11. Análise multivariada de compostos voláteis de uvaíes em três estádios de maturação, no 1^a dia após a colheita. **A)** Análise de Componentes Principais e **B)** Análise de Agrupamento Hierárquico e Heatmap, onde as cores vermelha e azul indicam altos e baixos níveis dos compostos, respectivamente.

A primeira componente principal (PC1), explicou que 44,9% do total da variabilidade foi em consequência dos estádios de maturação. As amostras do estágio 2 ('de vez') e 3 (maduro) agruparam-se na região positiva indicando um maior número de características compartilhadas enquanto as do estágio 1 (verde) na região negativa (Fig. 11A).

Os compostos identificados foram separados em dois grandes agrupamentos: A e B. Os do grupo A, foram detectados majoritariamente nas amostras do estágio 1, enquanto os do grupo B foram mais abundantes nas amostras dos estádios 2 e 3 (Fig. 11B). Em cada um dos estádios houve uma individualização caracterizada pela abundância de alguns compostos. No estágio 1 prevaleceram os terpenos de notas aromáticas herbáceas, como o eucaliptol. Outro composto relevante encontrado, foi o hexanol, um álcool de cadeia média cujo o odor é associado à sensação de frescor (Tab. 4). Os compostos voláteis que apareceram em maior quantidade sugerem que as uvaías do estágio 1 possuíam majoritariamente, aroma de fruta verde no dia em que foram colhidas.

No estágio 2 ("de vez"), manifestaram-se notas de aroma doce e frutado, caracterizando um cheiro atrativo de "fruta madura" através da combinação de composto como etil butirato e hexil acetato. Entretanto, ainda havia a presença de aroma herbáceo em função dos compostos α -cubebene e viridiflorol (Tab. 4). Estas informações permitem perceber a transição entre verde e maduro, caracterizando o estágio 2, como intermediário por apresentar odor de frutos verdes (herbáceo) e maduros (doce).

O estágio 3 apresentou notas aromáticas cítricas, conferida pelos compostos sulcatone e nonanal. E além disso, foi o estágio que exibiu a maior diversidade e quantidade de compostos (Tab. 4). No início do armazenamento os frutos do estágio 3 possuíam compostos cujas notas aromáticas são descritas, majoritariamente, como cítrico, fresco e adocicado devido as características da maioria dos compostos presentes nas amostras analisadas.

O número de compostos voláteis foi diretamente proporcional ao estágio de maturação dos frutos, ou seja, o estágio 1 apresentou a menor variedade de compostos em relação ao estágio 3. A diversidade de voláteis é dependente do amadurecimento, pois carboidratos, ácidos graxos e proteínas que foram armazenados são catabolizados gerando maior número de produtos para a formação de moléculas de aroma mais complexas (HEWETT, 2006; KADER, 1999). A maior parte dos compostos identificados no estágio 3 foram classificados como ésteres e pode ser compreendido com um dos resultados do processo de amadurecimento, já que os ésteres voláteis são produtos que podem ser derivados de ácidos graxos, obtidos em maior quantidade com degradação das membranas celulares ou aminoácidos, em reações catalisadas por aminotransferases (Y. H. HUI, 2010).

Diante do impacto que o aroma possui na satisfação e na escolha dos consumidores avaliou-se o último dia de armazenamento de cada estágio para verificar se os frutos verdes teriam desenvolvido os voláteis dos frutos colhidos maduros. O perfil de compostos voláteis das uvaías no final do armazenamento diferiu daquele observado no dia da colheita. Este comportamento foi observado nos três estádios e foi explicado por 39,4 % do total da variabilidade pela primeira componente principal (PC1) (Fig. 12).

Figura 12. Análises multivariadas de compostos voláteis de frutos de uvaia em três estádios de maturação, no fim do armazenamento de cada estágio. A) Análise de Componentes Principais e B) Análise de Agrupamento Hierárquico e Heatmap, onde as cores vermelha e azul indicam altos e baixos níveis dos compostos, respectivamente.

No final do armazenamento houve um incremento no conteúdo de compostos voláteis em todos os estádios e aumento da similaridade no perfil aromático, especialmente entre os estádios 2 e 3. No entanto, os compostos voláteis produzidos no fim do armazenamento no estágio 1 diferiram significativamente dos estádios 2 e 3, evidenciado pela distribuição das amostras no quadrante oposto aos dos estádios 2 e 3 (Fig. 12 B).

Os compostos dividiram-se em dois grandes grupos: A e B criando um contraste entre os estádios (Fig. 12 B). No grupo A estavam presentes compostos voláteis com aroma característico de fruta madura, caracterizado pelas notas frutadas, cítricas e doces, abundantes nos estádio 2 e 3 e, completamente ausentes do estágio 1. Enquanto, no grupo B os compostos encontrados contribuíram para um aroma herbáceo, amadeirado, frutado e cítrico abundantes no estágio 1.

Nos estádios 2 e 3 foram identificados compostos que estão correlacionados com odores agradáveis e desejáveis para uma fruta como o octil butirato, 1-octanol e isoamilacetato (frutado) e β -ocimene e nonanal (floral) e outros que podem indicar perda da qualidade dos frutos e o início da senescência como o isoamil álcool, o pentanal, o etanol e o neril acetona (fermentado-alcoólico). No estágio 1, houve uma mistura de voláteis de notas aromáticas herbáceo-verde (β -bourbonene, 3-hexenol e 2-trans-hexenil acetato) e notas frutadas (delta-elemene, hexil acetato, α -cubebene, alloaromadendrene, etil butirato, etil acetato, etil hexanoato, (Z)-3-hexenil butirato, hexil hexanoate) (Tab. 4).

O incremento da complexidade aromática no final do armazenamento, ocorreu devido ao aumento de ésteres, produtos do metabolismo de ácido graxos, processo que está associado ao amadurecimento de frutos como resultado da degradação dos componentes das membranas celulares (triglicerídeos e fosfolípidios) (PALIYATH et al., 2008). O aumento de voláteis no estágio 1, pode ser relacionado com o aumento da produção de etileno, observado a partir do terceiro dia de armazenamento (Fig. 7). Uma vez que o etileno sinaliza para genes que codificam enzimas envolvidas na formação de compostos voláteis derivados da degradação de ácidos graxos (SALTVEIT, M. E., 1999). Outro fator que pode ter contribuído para o enriquecimento do perfil de voláteis foi o incremento de carotenoides observados no armazenamento. Os carotenoides são substratos importantes para a formação de compostos voláteis constituintes do aroma (PALIYATH et al., 2008).

Apesar de terem sido constatados um aumento de voláteis no perfil dos frutos verdes no final do amadurecimento, não houve o desenvolvimento completo do aroma típico de uvaia colhida madura. Os compostos encontrados em maior abundância no início do armazenamento no estágio 1, que caracterizavam o aroma de fruta verde das uvaia, não diminuíram ao longo do amadurecimento (Fig. 12).

O perfil de compostos voláteis de um fruto está submetido a diversas modificações durante o amadurecimento devido aos processos de biossíntese e biodegradação de substâncias (BEAUDRY, 2000). Para as uvaia o amadurecimento tem um papel importante no desenvolvimento do perfil de voláteis. As uvaia colhidas verdes produziram uma quantidade menor de voláteis e perderam a capacidade de desenvolve-los durante o armazenamento quando comparadas às uvaia colhidas maduras. Comportamento similar foi observado em maçãs e morangos (BANGERTH; SONG; STREIF, 2012; EL HADI et al., 2013).

5.4. Conclusão

Não foi identificada relação entre o estágio de amadurecimento e a respiração. A produção de etileno foi diretamente proporcional ao estágio de amadurecimento.

Os frutos de uvaia colhidos verdes possuíam a mesma acidez, teor de ácido ascórbico, flavonoides, carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante dos frutos colhidos maduros. Por outro lado, o estágio de maturação influenciou negativamente o conteúdo de sólidos solúveis e o aroma dos frutos. Os verdes apresentaram baixo teor de sólidos solúveis e menor variedade de compostos voláteis que os frutos maduros. A colheita da uvaia no estágio 1, verde proporciona um incremento de 2 dias na vida útil em relação ao estágio de maturação mais avançada podendo viabilizar a comercialização.

REFERÊNCIAS

- AOAC. **Association of Official Analytical Chemists – International**. 19. ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, 2012.
- BANGERTH, F. K.; SONG, J.; STREIF, J. Physiological impacts of fruit ripening and storage conditions on aroma volatile formation in apple and strawberry fruit: A review. **HortScience**, v. 47, n. 1, p. 4–10, 2012.
- BEAUDRY, R. Aroma generation by horticultural products: What can we control? Introduction to the workshop. **HortScience**, v. 35, n. 6, p. 1001–1002, 2000.
- CARVALHO, C. R. L. et al. Análises químicas de alimentos. **Campinas: ITAL (manual técnico)**, p. 121, 1990.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- EL HADI, M. A. M. et al. Advances in fruit aroma volatile research. **Molecules**, v. 18, n. 7, p. 8200–8229, 2013.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. 1. ed. new york: Elsevier, 1982. p. 280.
- GENOVESE, M. I. et al. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 3, p. 207–214, 2008.
- HAMINIUK, C. W. I. et al. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, p. 1529–1537, 2011.
- HEWETT, E. W. An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, v. 1, n. 1, p. 4, 2006.
- HÖRTENSTEINER, S.; KRÄUTLER, B. Chlorophyll breakdown in higher plants. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1807, n. 8, p. 977–988, 2011.
- KADER, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 203–208, 1999.
- KAULMANN, A.; BOHN, T. Carotenoids, inflammation, and oxidative stress—implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. **Nutrition Research**, v. 34, n. 11, p. 907–929, 2014.
- KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207–220, 2000.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350–382, 1987.
- MATILE, P. et al. Chlorophyll Breakdown in Senescent Leaves. **Plant physiology**, v. 112, n. 4, p. 1403–1409, 1996.
- NAYEEM, N. et al. Gallic acid: a promising lead molecule for drug development. **Journal of Applied Pharmacy**, v. 8, n. 2, 2016.
- OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 4619–4626, 2001.
- PALIYATH, G. et al. **Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers**. 1. ed. Ames: WILEY, 2008.
- PEREIRA, M. C. et al. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.

- PESIS, E. et al. Superficial scald and bitter pit development in cold-stored transgenic apples suppressed for ethylene biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 7, p. 2786–2792, 2009.
- RAMIREZ, M. R. et al. Evaluation of the polyphenolic content, anti-inflammatory and antioxidant activities of total extract from *Eugenia pyriformes* Cambess (uvaia) fruits. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 405–412, 2012.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.
- SALTVEIT, M. E., 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest biology and technology**, v. 15, n. November 1998, p. 276–292, 1999.
- SALTVEIT, M. E. Respiratory metabolism. In: GROSS, K. C.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. (Eds.). . **Agricultural handbook : the commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. 66. ed. Washington: United States department of agriculture, 2016. p. 139–156.
- SILVA, N. A. DA et al. Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 22, p. 5072–5084, 2014.
- SIMKIN, A. J. et al. The tomato carotenoid cleavage dioxygenase 1 genes contribute to the formation of the flavor volatiles beta-ionone, pseudoionone, and geranylacetone. **Plant Journal**, v. 40, n. 6, p. 882–892, 2004.
- SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P. L.; LOEWUS, F. A. BIOSYNTHESIS OF ASCORBIC ACID IN PLANTS : A Renaissance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, n. 1, p. 437–467, jun. 2001.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Análises de vitaminas: métodos comprovados. **Madrid: Paz Montolvo**, p. 428, 1967.
- SU, L. et al. Carotenoid accumulation during tomato fruit ripening is modulated by the auxin-ethylene balance. **BMC plant biology**, v. 15, n. 1, p. 114, 2015.
- TEMPLE, N. J. Antioxidants and disease: More questions than answers. **Nutrition Research**, v. 20, n. 3, p. 449–459, 2000.
- WARNER, E. F. et al. Common phenolic metabolites of flavonoids, but not their unmetabolized precursors, reduce the secretion of vascular cellular adhesion molecules by human endothelial cells. **Journal of Nutrition**, v. 146, n. 3, p. 465–473, 1 mar. 2016.
- WHEELER, G. L.; SMIRNOFF, N.; JONES, M. A. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, v. 393, n. 6683, p. 365–369, 1998.
- WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, n. 2, p. 99–105, 1998.
- XIA, J. et al. Using metaboanalyst 3.0 for comprehensive metabolomics data analysis. **Current Protocols in Bioinformatics**, v. 55, p. 14.10.1-14.10.91, 2016.
- Y. H. HUI. **Handbook of fruit and vegetable flavors**. Hoboken: WILEY, 2010.

Anexos

Anexo A. Valores médios da massa fresca do fruto inteiro, da massa de sementes e do rendimento da polpa de 31 acessos de uvaia provenientes de Inconfidentes, Minas Gerais (latitude 22° 19' 1" S e longitude 46° 19' 40" O).

Acessos	Massa fruto inteiro (g)	Massa de semente por fruto (g)	Rendimento (%)
	Médias		
1	25,78	2,54	90,15
2	29,22	3,62	87,61
3	22,30	3,14	85,92
4	19,46	2,04	89,52
5	32,80	3,38	89,70
6	32,22	3,18	90,13
7	35,40	5,64	84,07
8	30,40	2,46	91,91
9	33,52	2,40	92,84
10	18,06	3,10	82,83
11	18,06	1,58	91,25
12	16,00	1,10	93,13
13	16,86	2,64	84,34
14	12,48	5,10	91,25
15	14,74	1,88	87,25
16	15,62	1,52	90,27
17	17,08	1,76	89,70
18	17,54	1,88	89,28
19	21,62	2,38	88,99
20	20,72	2,60	87,45
21	23,18	3,34	85,59
22	15,86	1,46	90,79
23	21,18	2,68	87,35
24	12,54	1,34	89,31
25	14,96	1,22	91,84
26	10,92	1,34	87,73
27	31,80	3,96	87,55
28	16,96	1,74	89,74
29	25,70	1,82	92,92
30	19,12	1,52	92,05
31	16,58	1,98	88,06
< Média	10,92	1,10	82,83
> Média	35,40	5,64	93,13
Média Geral	21,25	2,46	89,05

Os dados são referentes a 5 frutos de cada acesso de uvaia. Onde: < Média = menor média, > Média = maior média.