UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

**Caracterização fisiológica e físico-química de diferentes
cultivares de nêspera (*Eriobotrya japonica* Lindl.) durante
o desenvolvimento e o amadurecimento**

PATRICIA NAGAI HASEGAWA

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Purgatto

SÃO PAULO
2008

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

H346c Hasegawa, Patricia Nagai
Caracterização fisiológica e físico-química de diferentes
cultivares de nêspera (*Eriobotrya japonica* Lindl.) durante o
desenvolvimento e o amadurecimento / Patricia Nagai Hasegawa.
-- São Paulo, 2008.
75p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e
Nutrição Experimental.
Orientador: Purgatto, Eduardo

1. Bioquímica dos alimentos 2. Nêspera: Bioquímica dos
alimentos 3. Carboidratos: Ciência dos alimentos 4. Frutos:
Fisiologia I. T. II. Purgatto, Eduardo, orientador.

641.1 CDD

Patrícia Nagai Hasegawa

Caracterização fisiológica e físico-química de diferentes cultivares
de nêspera (*Eriobotrya japonica* Lindl.) durante o desenvolvimento e
o amadurecimento

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof. Dr. Eduardo Purgatto
orientador/presidente

Prof. Dr. João Roberto Oliveira do Nascimento
1º. examinador

Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge
2º. examinador

São Paulo, abril de 2008.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Eduardo Purgatto, pelas orientações, apoio, amizade e principalmente pela paciência e dedicação durante toda a pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro à pesquisa, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pelo fornecimento dos frutos, e à sua equipe de pesquisadores, funcionários e especialmente ao Rafael e Edvan, pela dedicação e esforço despendidos para o desenvolvimento e manutenção das nespereiras.

Ao Professor Franco Lajolo, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, pela dedicação para o bom andamento de nossas atividades no departamento.

À Professora Beatriz Cordenunsi tanto pelo esforço despendido para a coordenação de nosso laboratório, como pelos conselhos e orientações concedidos.

Aos técnicos Lúcia, Márcia, Tânia e Marcelo pela amizade, colaboração e dedicação para a manutenção dos utensílios e execução das atividades no laboratório.

À Professora Adriana Z. Mercadante e à sua aluna de doutorado, Adélia Ferreira de Faria, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), agradeço pela dedicação e empenho para a determinação de carotenóides das nêspas.

À Jacinta e à Mariana pela sua amizade, ajuda e empenho no andamento do trabalho com as nêspas.

Aos meus queridos amigos e colegas de trabalho, Claudia, Claudinéia, Roberta, Fernanda, Silvia, Lucile, Cintia, Renato, Malu, Janaína, Milana, Eliana, JP, Ana Cris, Neusa, enfim a todos os meus colegas do Laboratório de

Bioquímica de Alimentos, meus sinceros agradecimentos pela amizade, carinho, apoio e ajuda fundamental na realização deste trabalho.

Aos meus avós, tios e primos pelos bons momentos compartilhados, pelo respeito e carinhosa amizade.

Aos meus sogros, Noboru e Aquico, avós, tios e primos por parte de meu marido, muito obrigada pelo apoio e por terem me acolhido tão bem aos vossos convívios familiares, pois realmente sinto-me como integrante da família.

Aos meus queridos pais, Horácio e Amélia, pelo amor, apoio, exemplo e orientações concedidos por toda minha vida.

Ao meu irmãozinho Fábio, pelo carinho, amizade e confiança.

Ao meu marido Julio, por tudo, pelo constante incentivo, carinho e apoio em todos os momentos.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a conclusão deste projeto.

E principalmente a Deus pelas oportunidades de crescimento e inúmeras proteções concedidas em minha vida.

Ao Julio e aos meus pais, pelo constante apoio e incentivo

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto.”

Albert Einstein

INDICE

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Características gerais da cultura.....	14
1.2. Desenvolvimento e amadurecimento das nêspas.....	15
1.3. Aspectos fisiológicos e bioquímicos do amadurecimento das nêspas...	16
1.4. Colheita.....	21
1.5. Cultivares.....	22
2. OBJETIVO.....	24
3. MATERIAL E METODOS.....	25
3.1. Características das cultivares.....	26
3.2. Respiração e produção de etileno.....	28
3.3. Determinação de fibra alimentar e umidade.....	29
3.4. Determinação de açúcares.....	29
3.5. Determinação de ácidos orgânicos.....	30
3.6. Determinação de ácido ascórbico.....	30
3.7. Determinação de massa.....	31
3.8. Determinação de sólidos solúveis totais ou °Brix.....	31
3.9. Determinação de acidez total titulável (ATT).....	31
3.10. Determinação de carotenóides.....	32
3.11. Delineamento experimental e análise dos resultados.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Nêspas em desenvolvimento na planta.....	34

4.1.1. Evolução do crescimento.....	34
4.1.2. Respiração e produção de etileno.....	37
4.1.3. Açúcares solúveis.....	38
4.1.4. Ácidos orgânicos.....	45
4.1.5. Razão açúcar/ácido (<i>Ratio</i>).....	48
4.2. Nêspersas no ponto de colheita comercial.....	52
4.2.1. Respiração e produção de etileno.....	52
4.2.2. Composição química.....	57
5. CONCLUSÕES.....	68
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aspecto do interior e exterior de frutos prontos para consumo de cinco cultivares de nêspas obtidas e selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).....	27
Figura 2: Evolução da massa durante o desenvolvimento na planta de cinco cultivares de nêspas.....	35
Figura 3: Mudanças no perfil de respiração e produção de etileno durante o desenvolvimento na planta de cinco cultivares de nêspas.....	39
Figura 4: Evolução dos teores de açúcares solúveis (glicose, frutose e sacarose) e de sorbitol durante o desenvolvimento na planta de cinco cultivares de nêspas.....	43
Figura 5: Evolução dos teores de ácidos orgânicos (cítrico, málico e succínico) durante o desenvolvimento na planta de cinco cultivares de nêspas.....	46
Figura 6: Evolução do <i>ratio</i> (razão açúcar/ácido) durante o desenvolvimento (na planta) de cinco cultivares de nêspas.....	50
Figura 7: Mudanças nos perfis de respiração e na produção de etileno durante o período pós-colheita de nêspas maduras (ponto de colheita).....	54
Figura 8: Mudanças no perfil de respiração e produção de etileno de cinco cultivares de nêspas, durante o desenvolvimento na planta (período representado em semanas pós-antese); e durante o período pós-colheita (estádio maduro).....	56
Figura 9: Conteúdo de açúcares solúveis na polpa de cinco cultivares de nêspas maduras (ponto de colheita).....	58
Figura 10: Conteúdo de ácidos orgânicos na polpa de cinco cultivares de nêspas maduras (ponto de colheita).....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química da polpa de cinco cultivares de nêspas maduras (ponto de colheita).....	57
Tabela 2. Razões açúcar/ácido (<i>ratio</i>) de cinco cultivares de nêspas durante o desenvolvimento (<i>na planta</i>), e em estágio maduro de colheita, definido apenas pela cobertura da coloração amarelo-alaranjada na casca.....	65
Tabela 3. Conteúdo de fibra alimentar solúvel e insolúvel de cinco cultivares nêspas maduras (ponto de colheita).....	65
Tabela 4: Concentração de carotenóides majoritários nêspas maduras (ponto de colheita). Resultados apresentados como a média e desvio padrão de análises em duplicata.....	66

RESUMO

A nêspira (*Eriobotrya japonica* Lindl.) é uma fruta do tipo pomo, que tem sido cultivada principalmente no estado de São Paulo. Cinco cultivares de nêspira foram selecionadas por se destacarem no sabor e na capacidade produtiva. Foi realizado o estudo das mudanças fisiológicas e físico-químicas dos frutos durante o desenvolvimento e o período pós-colheita. Amostras das cultivares (Centenária, Mizuho, Mizumo, Néctar de Cristal e Mizauto) foram colhidas semanalmente conforme o avanço do estágio de desenvolvimento (na planta), desde a fase verde dos frutos até se tornarem maduros. Os frutos maduros para estudo do período pós-colheita foram colhidos seguindo critérios adotados por produtores, através da cor dos frutos. As determinações físico-químicas realizadas nas nêspiras maduras foram umidade, fibra, ácido ascórbico, açúcares solúveis (glicose, frutose, sacarose e sorbitol), ácidos orgânicos e carotenóides. Durante o período de desenvolvimento das nêspiras, as curvas de respiração decresceram progressivamente, e houve um considerável aumento na produção de etileno, precedendo o aumento na concentração de açúcares e as mudanças de coloração dos frutos (verde a amarela ou alaranjada). A composição de açúcares e ácidos dos frutos maduros foi semelhante a encontrada nos frutos precocemente maduros durante o desenvolvimento na planta. Portanto, a observação visual da cor não foi apropriada para a definição do ponto ideal de colheita. Durante o período pós-colheita, as curvas de respiração e de produção de etileno das cultivares tenderam a queda, mostrando comportamento típico de frutos não-climatéricos. O estudo fisiológico e físico-químico das cinco cultivares de nêspira permitiu conhecer melhor o padrão de amadurecimento de cada cultivar, e assim obter informações que auxiliem na definição do ponto ideal de colheita, e que permitam obter frutos de boa qualidade e apropriados para distribuição comercial.

ABSTRACT

Loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit is a pome fruit cultivated mainly in the state of São Paulo. Five loquat fruit cultivars were selected to analysis mainly by their high productivity and taste. Physiological and physico-chemical changes were analysed during development and ripening fruit. Samples were harvest weekly according to progress in development stage (in the tree), since imature stage (green) until mature stage. Mature stage to harvest was defined by fruit color, like methods' producer. The physico-chemical parameters analysed were moist value, fiber, ascorbic acid, soluble sugars (glucose, fructose, sucrose and sorbitol), organic acids and carotenoids. During development of loquat fruits, the respiration levels decreased, and show a increase in ethylene levels, which was associated with increase of sugar concentration in the pulp and the changes of fruit color (green to yellow or orange color). According to sugars and acids levels during development (in the tree) and in ripe stage, the composition in ripe fruits was similar to that early mature fruits analyzed during development in the tree. The visual determination of color was not appropriate to define the harvest point of fruits. During postharvest period of the cultivars, the levels in respiration and ethylene production decreased, which is a typical pattern of non-climacteric fruits. The study of physiological and physico-chemical characteristics of loquat cutivars contribute to know the ripening pattern of each cultivar and to auxiliary in the definition of best mature point to harvest and to comercial distribution.

1. INTRODUÇÃO

A nêspira (*Eriobotrya japonica* Lindl.) é um fruto também conhecido no Brasil como “ameixa amarela”. Esse fruto é originário da China, sendo amplamente distribuído para as áreas temperadas de outros países e cultivado para fins comerciais desde o século XIX. Atualmente os principais produtores mundiais de nêspira são China e Espanha, que chegam a produzir respectivamente 200.000 e 41.487 toneladas. Apesar de a produção brasileira ser ainda muito pequena quando comparada com os principais países produtores, pode-se considerar que o Brasil tem capacidade potencial para produção de nêspira, pois produz 2.400 toneladas anuais do fruto, sendo o mercado restrito, visto que quase a metade é comercializada apenas no estado de São Paulo (CABALLERO; FERNÁNDEZ, 2003).

A nespereira foi introduzida no Brasil por imigrantes japoneses, e seu cultivo comercial teve início na década de 1940. Ao longo do tempo, seu cultivo se firmou no estado de São Paulo, servindo como fonte de renda complementar aos produtores de caqui (PEROSA; VIEIRA; NITZCHE, 2006). Além disso, a cultura da nespereira não necessita de utilização sistemática de defensivos, o que a torna atraente como alternativa para uma produção intensiva e mais natural de frutos (OJIMA et al., 1999).

Na cadeia produtiva de frutos de clima temperado paulista, a nespereira constitui-se como a oitava frutífera mais plantada, sendo encontrada em 27 municípios, de 11 regiões paulistas, com 147 mil plantas cultivadas em 381 ha. A região de Mogi das Cruzes, conhecida como a região do Alto Tietê, destaca-

se como pólo de cultivo da nespereira, com 66 mil plantas cultivadas em 204 ha (BARBOSA et al., 2003).

No Brasil, a maturação da nêspira, como descrito pela literatura, se dá nos meses entre maio e outubro, quando a oferta de outros tipos de frutos é pequena, propiciando uma abertura de mercado com preços atrativos aos produtores. Por este fato, a cultura da nêspira tem possibilitado uma alternativa para os fruticultores que tentam manter uma boa distribuição de renda ao longo do ano, e para os consumidores que desejam opções variadas de frutos de qualidade e sabor agradável. As nêspiras são consumidas principalmente na forma *in natura*, mas prestam-se também à produção de geléias e compotas, atividades ainda não exploradas no Brasil (OJIMA et al., 1999).

Nos últimos anos, os produtores de nêspira no Brasil têm encontrado dificuldades de expandir sua produção e comercialização, principalmente, devido à falta de mão de obra qualificada e de investimento tecnológico na produção e na conservação pós-colheita (como o emprego de câmaras frias e outros recursos para conservação dos frutos). Além disso, o sistema de comercialização é feito de forma inadequada, o mercado consumidor não conhece o fruto (suas diferentes variedades, forma de consumo, sazonalidade e qualidade), e o produtor necessita de estratégias para melhor colocação de seus produtos no mercado. Portanto, a cadeia produtiva da nêspira pode se tornar promissora se algumas ações forem implementadas ou aprimoradas no âmbito organizacional (planejamento e marketing) e na melhoria das técnicas pós-colheita, visto que se trata de um produto altamente perecível e sensível a choques mecânicos (PEROSA; VIEIRA; NITZCHE, 2006).

Para aumentar o tempo de conservação dos frutos pós-colheita e reduzir as perdas de qualidade, é importante que se conheça o comportamento fisiológico dos frutos, permitindo assim uma manipulação cada vez mais precisa. Em se tratando de nêspereira, muitos processos fisiológicos e bioquímicos de desenvolvimento e amadurecimento dos frutos ainda são pouco conhecidos, sendo necessário realizar mais estudos sobre a espécie e as diferentes cultivares desenvolvidas e adaptadas no Brasil.

1.1. Características gerais da cultura

A nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.) é uma frutífera que pertence à família Rosaceae, subfamília Pomeae. Suas flores e frutos apresentam similaridade com os da macieira, da pereira e do marmeleiro (OJIMA et al., 1999).

A nespereira se adapta muito bem às regiões de clima temperado e subtropical, necessitando de temperatura média anual de 20°C, normalmente onde já se cultivam os cítricos. A cultura da nêspereira é bastante exigente em mão-de-obra qualificada para práticas culturais (poda, desbaste de frutos, ensacamento e colheita), é sensível aos ventos fortes, responde à irrigação e adapta-se bem a diferentes tipos de solos, desde que sejam bem drenados (PENTEADO; JUNQUEIRA, 1997). A propagação da nespereira pode ser feita por sementes ou por mudas enxertadas, sobre “seedlings” (porta-enxertos) da própria espécie ou de marmeleiro (OJIMA et al., 1999).

As nêspereiras são consideradas como frutos do tipo pomo, sendo a porção carnosa constituída de receptáculo floral desenvolvido. Elas variam na

forma, de esférica a piriforme, no peso unitário, de 10 a 80g, e na coloração da pele, de amarelo-pálida a alaranjado-forte. A polpa é succulenta e de aroma suave e agradável, pode ter textura firme e carnosa, ou mais amolecida. A coloração da polpa pode variar de branca a alaranjado-salmão. As sementes são localizadas no centro do fruto, sendo frequentemente em número de quatro a cinco por fruto (OJIMA et al., 1999).

Durante o desenvolvimento das nêspas torna-se necessário realizar algumas operações técnicas consideradas indispensáveis para uma boa produção comercial. Tais operações são: de desbaste dos frutos, para que os frutos precoces atinjam peso e tamanho necessários para padrão comercial; e de ensacamento dos frutos, que é realizado logo após o desbaste, com a finalidade de evitar o ataque pela mosca-das-frutas e a incidência de mancha arroxeada (distúrbio relacionado à intensa exposição aos raios solares) (OJIMA et al., 1999).

1.2. Crescimento e amadurecimento das nêspas

O período de crescimento dos frutos corresponde ao período que compreende o início do desenvolvimento até a completa maturidade fisiológica. No caso dos pêssegos, assim como em outros frutos de caroço ocorre uma dupla curva sigmóide de crescimento, que inclui três estádios distintos de crescimento: 1) divisão e multiplicação celular; 2) lignificação do endocarpo (endurecimento do caroço) e crescimento do endosperma, zona intermediária de detenção do crescimento do fruto; 3) expansão celular da polpa (mesocarpo), aumento do tamanho até a completa maturidade do fruto. A

duração de cada estágio de crescimento pode variar de acordo com a cultivar, condições climáticas e algumas práticas culturais (como o desbaste ou carregamento de frutos por árvore, umidade do solo e nutrição) (GIRARDI; ROMBALDI, 2003).

A completa maturidade fisiológica acontece quando o fruto atinge seu completo crescimento. Após esse período não há mais aumento do tamanho do fruto. Normalmente os frutos climatéricos, como os pêssegos e as maçãs, são colhidos nesse estágio (CZELUSNIAK et al., 2003; GIRARDI; ROMBALDI, 2003), após o qual os frutos iniciam o processo de amadurecimento, sendo utilizado para sua sobrevivência os substratos acumulados durante o desenvolvimento na planta-mãe (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Após o amadurecimento, inicia-se o processo de senescência que tem como características alterações e perdas de qualidade na textura muito mole e no sabor, até que se alcance a completa perda de integridade e morte dos tecidos (GIRARDI; ROMBALDI, 2003).

1.3. Aspectos fisiológicos e bioquímicos do amadurecimento das nêspas

O amadurecimento dos frutos completamente desenvolvidos envolve um conjunto de alterações no metabolismo transformando-os em frutos prontos para consumo. Essas transformações vão conferir o aumento na taxa de respiração e de etileno, bem como as mudanças de cor, sabor e textura, e conseqüentemente determinar a qualidade sensorial e o tempo de prateleira dos frutos.

A respiração corresponde ao processo de reações oxidativas de compostos orgânicos (ácidos orgânicos e carboidratos) para a produção de energia química e de novos compostos necessários para o funcionamento e manutenção da vida do fruto. Geralmente ao longo do crescimento dos frutos, pode-se observar um decréscimo consistente na taxa de respiração. Após essa fase, quando os frutos estão completamente desenvolvidos, a taxa de respiração pode ser elevada ou se manter constante de acordo com o padrão de atividade respiratória climatérica ou não-climatérica do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O aumento na respiração, muito comum em frutos climatéricos, é influenciado pela produção autocatalítica de etileno, que ocorre em uma determinada etapa de desenvolvimento do fruto conduzindo ao seu amadurecimento, mesmo depois de colhidos. Nos frutos não-climatéricos, pode ocorrer um ligeiro declínio na atividade respiratória ou ainda se apresentar relativamente baixa e constante, após a colheita. No entanto, também se pode observar a influência do etileno endógeno e exógeno sobre alguns aspectos do amadurecimento de frutos não-climatéricos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; AMORÓS et al., 2003; CAI et al., 2006).

Existem poucos e contraditórios relatos sobre o padrão de amadurecimento da nêspera, que tem sido classificada como um fruto não climatérico. Entretanto, em um estudo conduzido por Amorós et al. (2003) verificou-se que em cinco cultivares de nêspersas estudadas, ocorreu uma relativa e baixa produção de etileno evoluindo durante o amadurecimento de frutos ainda ligados à planta, o que poderia contribuir para que a nêspera fosse classificada como fruto climatérico. O mesmo grupo de pesquisadores sugeriu

que o processo de amadurecimento inicia em uma fase precoce do desenvolvimento do fruto e evolui lentamente, alcançando o estágio de maturação ideal para colheita após a ocorrência da máxima produção de etileno. Portanto, as nêspas pós-colheita teriam um comportamento como de frutos não-climáticos, como observado por Ding et al. (1998), apresentando um crescente declínio nas taxas de respiração e uma baixa e constante produção de etileno durante o período pós-colheita.

O estudo da atividade respiratória da nêspas e da influência do etileno sobre o seu processo de amadurecimento ajudaria a melhorar as técnicas de manipulação e de armazenamento desses frutos, a fim de prolongar a vida pós-colheita. Sabe-se que em frutos não-climáticos não ocorre uma alta produção de etileno, mas podem ser sensíveis a este fito-regulador durante o amadurecimento e a fase pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005; CAMPOS et al., 2007).

Após a colheita, a respiração torna-se uma das principais atividades fisiológicas dos frutos, considerando que para isso dependerá das próprias reservas metabólicas acumuladas durante o desenvolvimento na planta. Portanto, é importante que a intensidade na atividade respiratória dos frutos seja mais controlada para a manutenção da qualidade e o prolongamento da vida pós-colheita.

As alterações referentes à cor durante o amadurecimento das nêspas consistem na mudança da cor verde para laranja ou amarela. Esse processo envolve a alteração em dois grupos principais de pigmentos: as clorofilas e os carotenóides. Durante o amadurecimento das nêspas, ocorre a degradação da clorofila, responsável pela coloração esverdeada dos frutos verdes,

enquanto os pigmentos carotenóides tornam-se visíveis e são sintetizados com o avanço da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005; DING et al., 1998). Os pigmentos carotenóides são os responsáveis pela coloração amarela e laranja das nêperas. Os principais carotenóides presentes na nêpera são o β -caroteno e a β -criptoxantina (DING et al., 1998).

As mudanças de textura que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos caracterizam-se pelo amolecimento da polpa decorrente de alterações na estrutura da parede celular e da lamela média, com diminuição na coesão das células e conseqüente perda da resistência mecânica da parede celular. No processo de amolecimento da polpa de nêpera, ocorre a solubilização da pectina pela ação de enzimas específicas como as poligalacturonases (PG), que transformam os polímeros de ácidos galacturônicos em ácidos pécticos, solúveis em água (CHITARRA; CHITARRA, 2005; DING et al., 2006). A perda de firmeza dos frutos constitui um problema pós-colheita da nêpera, pois aumenta a suscetibilidade às injúrias mecânicas e à deterioração.

O sabor é uma sensação complexa que envolve uma resposta integrada às sensações do gosto e do aroma. A sensação do gosto é atribuída à presença dos compostos não voláteis nos alimentos (tais como açúcares, sais, ácidos, limonina) determinando as quatro sensações básicas sentidas pelo paladar como doce, salgado, azedo e amargo. A sensação do aroma é bem mais complexa, pois o olfato humano pode distinguir entre milhares de compostos voláteis, sendo estes importantes por conferirem o odor característico dos alimentos (FRANCO et al., 2004).

Os ácidos orgânicos encontrados na nêpera são o ácido málico, e pequenas concentrações de ácido cítrico, succínico, fumárico, tartárico e

ascórbico (AMORÓS et al., 2003; DING et al., 1998). O ácido málico representa aproximadamente 90% dos ácidos orgânicos presentes, sendo o principal componente responsável pela acidez do fruto. A concentração desses ácidos orgânicos diminui consideravelmente durante o amadurecimento, devido ao seu uso como fonte de energia durante a respiração e também como fonte de carbono para a produção de açúcares, tornando os frutos doces.

Os açúcares têm grande importância para os frutos, pois além de conferirem o sabor doce, servem como material de reserva energética para o metabolismo. Os principais açúcares acumulados durante o amadurecimento das nêspas são a glicose, a frutose, a sacarose e o sorbitol (AMORÓS et al., 2003). A galactose foi encontrada em pequenas concentrações ($\leq 0,1\%$) por Ding et al. (1998). Nas nêspas verdes, a frutose e o sorbitol, que se encontram em níveis mais elevados, são reduzidos consideravelmente ao longo do desenvolvimento dos frutos, e a sacarose aumenta rapidamente com o avanço do desenvolvimento das nêspas, tornando-se o açúcar predominante (AMORÓS et al., 2003).

Após o completo amadurecimento das nêspas, os níveis totais de açúcares tendem a cair, em função de sua utilização como fonte de energia para a respiração dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A glicose, frutose, sacarose e sorbitol têm diferentes poderes edulcorantes nos frutos, sendo a frutose o mais doce (174 tendo como referência a sacarose 100) e a glicose menos doce (74). As variações entre esses açúcares e as suas concentrações nos frutos são importantes para a formação de diferentes sabores doces (SEYMOUR et al., 1993), tanto entre as fases de maturação dos frutos, como entre as diversas cultivares existentes.

1.4. Colheita

A colheita é uma etapa importante na manutenção da qualidade dos frutos, que deve ser adequada a cada tipo de produto e finalidade. Deve também ser realizada com o máximo de cuidados, para evitar danos físicos, fisiológicos e patológicos nos frutos. No caso da nêspera, pode-se realizar a colheita manualmente ou utilizando tesouras para destacar da planta-mãe. São colhidos cachos inteiros juntamente com os sacos que os envolvem (derivados da prática de ensacamento) e posteriormente transportados em cestas rasas de colheita para um galpão de armazenamento, onde se realiza a separação dos frutos e seleção, descartando-se os defeituosos. Os frutos são destacados do cacho deixando consigo cerca de 5 mm de pedúnculo (OJIMA et al., 1999).

Frutos colhidos em estágio apropriado de maturidade têm prolongada vida de prateleira e boa qualidade. Geralmente, para se identificar o ponto de colheita dos frutos são observadas características internas e externas dos frutos, como a duração das etapas de desenvolvimento, de maturação e de amadurecimento, o tamanho dos frutos, o teor de açúcares e de ácidos, a mudança na coloração da casca e polpa, e a modificação da textura. Quando os frutos são colhidos precoces, ou seja, antes de terem alcançado o completo desenvolvimento, o processo de amadurecimento fica totalmente prejudicado. O fruto imaturo amadurece de forma irregular ou sujeito ao enrugamento e aos danos mecânicos, além de possuir características de sabor e aroma inferiores. Enquanto que, se os frutos forem colhidos muito maduros, também irão apresentar características indesejáveis como textura muito amolecida e perda do paladar desejável (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A nespereira floresce por etapas, num ciclo bastante longo, estendendo a safra por um longo período. Por este fato, as nêspersas podem ser colhidas em diversas etapas e somente as que estão bem maduras. O ponto de colheita ideal da nêspersa não tem sido identificado com muito critério pelos fruticultores, que se baseiam principalmente na coloração da casca como totalmente amarela ou alaranjada. Isso se explica pelo fato de haver pouco conhecimento sobre a fisiologia e a duração dos estádios de crescimento e amadurecimento das cultivares de nêspersas, o que poderia contribuir para uma melhor identificação do ponto ideal de colheita.

1.5. Cultivares

As variedades de nêspersa cultivadas atualmente foram desenvolvidas e selecionadas observando preferencialmente o potencial produtivo, a resistência às doenças, a menor suscetibilidade às injúrias mecânicas e às injúrias causadas por distúrbios fisiológicos, como a mancha arroxeadas (distúrbio relacionado a cultivar e a insolação, que afeta a epiderme e prejudica a aparência).

As cultivares de nêspersa são classificadas comercialmente pela coloração da polpa, como “de polpa laranja” e “de polpa branca”. No Brasil, mais precisamente em São Paulo, as cultivares mais utilizadas comercialmente são Mizuho, Precoce de Itaquera (Fukuhara) e Precoce de Campinas. Também podem ser encontradas outras cultivares como Centenária (IAC 1567-420), Mizumo (IAC 1567-411), Mizauto (IAC 167-4), Néctar de Cristal (IAC 866-7) e Parmogi, porém em menor quantidade (BARBOSA et al., 2003). Estas últimas

cultivares foram desenvolvidas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), seguindo um programa de melhoramento por hibridação, para disponibilizar outras opções de cultivo aos produtores de nêspira.

Neste sentido, a caracterização físico-química e fisiológica durante o desenvolvimento e a maturação dos frutos de diferentes cultivares de nêspira, completaria o conhecimento necessário para classificar qualitativamente o fruto e as cultivares para consumo.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização físico-química e fisiológica de cinco cultivares de nêspera durante o desenvolvimento e o período pós-colheita dos frutos.

Para isso foram analisados os seguintes aspectos:

- A evolução do peso, tamanho e mudança de coloração durante o desenvolvimento dos frutos;
- A evolução da respiração e da produção de etileno ao longo do desenvolvimento e amadurecimento dos frutos ainda ligados à planta-mãe, e durante o período pós-colheita dos frutos maduros;
- A composição de açúcares solúveis e ácidos orgânicos dos frutos em desenvolvimento na planta e em diversos estádios de maturação;
- A composição de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e outros compostos em frutos maduros.

3. MATERIAL E METODOS

As cultivares de nêpera utilizadas no presente trabalho foram obtidas por melhoramento genético clássico (hibridação) e selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por se destacarem no sabor e na capacidade produtiva. Foram analisadas cinco cultivares de nêpera: Centenária, Mizumo, Néctar de Cristal, Mizauto e Mizuho. As nespereiras foram cultivadas no Centro APTA-Frutos (IAC), localizado em Jundiaí-SP (23°8'S; 46°55'O; altitude 700 m), onde foram reproduzidas e adaptadas pelo método de enxertia (porta enxerto de nespereira). Amostras de nêperas de cada cultivar foram colhidas de duas maneiras e em períodos diferentes: a) semanalmente (8 coletas semanais, de 3 de agosto até 5 de outubro de 2006), conforme o avanço do desenvolvimento dos frutos ligados à planta, desde a fase verde até o completo amadurecimento; b) em um estágio maduro (1 única coleta, no dia 15 de setembro de 2005), sendo o ponto de colheita determinado observando-se somente a coloração da casca dos frutos, com completa cobertura da cor alaranjada ou amarela, como aplicado atualmente pelos produtores. Para as duas fases de colheita foi realizado o transporte das nêperas à temperatura ambiente e em caixas de papelão adequadas para frutos sensíveis como os pêssegos.

Para acompanhamento do desenvolvimento das nêperas na planta, dos estádios de verde a maduro, foram realizadas colheitas semanais, perfazendo oito no total. Em cada colheita foram selecionados cerca de 30 frutos de cada cultivar, de acordo com o avanço e a uniformidade de tamanho e coloração característicos de cada fase de desenvolvimento. A cada dia de colheita

realizou-se a limpeza dos frutos, sua pesagem, a leitura da liberação de CO₂ pela respiração e da produção de etileno. Em seguida, os frutos foram destinados para congelamento, sendo antes descascados, retiradas as sementes, picados diretamente em nitrogênio líquido e mantidos em ultra-freezer a temperatura de -80°C, assim permanecendo até as análises posteriores (determinações de açúcares, ácidos orgânicos, sólidos solúveis totais e acidez total titulável).

Para as análises no estágio maduro, foram colhidos cerca de 20 frutos de cada cultivar, sendo selecionados pela completa coloração alaranjada ou amarelada na casca. Uma parte das amostras, 5 a 6 frutos de cada cultivar, foi armazenada à temperatura ambiente (24°C) e, diariamente, realizadas as medidas de respiração e produção de etileno de cada cultivar durante o período pós-colheita dos frutos até o início da senescência. A outra parte das amostras de cada cultivar foi separada no primeiro dia de colheita para ser destinada às análises físico-químicas. Em seguida, os frutos foram descascados, picados diretamente em nitrogênio líquido, e mantidos em ultrafreezer (-80°C). As amostras congeladas foram utilizadas para as determinações de umidade, fibra alimentar, açúcares, ácidos orgânicos, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e carotenóides.

3.1. Características das Cultivares

Mizuho. Cultivar obtida do cruzamento entre as cultivares Tanaka e Kusunoki, e introduzida ao Brasil pelos japoneses em 1950. Os frutos são grandes (60-80 g), de coloração amarelo-alaranjada, aspecto delicado e de sabor doce-

acidulado suave. Apresenta problemas de susceptibilidade à mancha-arroxeadada, que pode ser um distúrbio relacionado à cultivar e à insolação, afetando a epiderme e prejudicando a aparência.

Centenária (IAC 1567-420). Cultivar resultante do cruzamento entre as cultivares Mizuho e a Mogi, efetuada pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Os frutos são grandes (60g), a pele de coloração alaranjado-clara, pouco sujeita à mancha-arroxeadada, de aspecto atraente, com boa uniformidade no formato e coloração dos frutos. A polpa é bem espessa, alaranjado-clara, tenra e suculenta.

Figura 1. Aspecto do interior e exterior de frutos prontos para consumo de 5 cultivares de nêspera obtidas e selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

Mizumo (IAC 1567-411). Cultivar resultante do cruzamento 'Mizuho' x 'Mogi', também efetuada pelo IAC. Os frutos são graúdos (65g, em média), arredondados, pele de coloração alaranjada, às vezes ligeiramente suberificada e com presença de mancha-arroxeadada. A polpa dos frutos é espessa, coloração alaranjado-clara, de boa consistência, porém macia e suculenta, de sabor agradável, doce-acidulado equilibrado.

Mizauto (IAC 167-4). Cultivar originada pela autofecundação da cultivar Mizuho, efetuada pelo IAC. Os frutos são bem graúdos (média de 60g), formato oval-periforme, pele bem alaranjada, pouco sujeita a mancha-arroxeadada, e de aspecto atraente. A polpa do fruto é bem espessa, de consistência média e suculenta, de sabor doce-acidulado.

Néctar de Cristal (IAC 866-7). Cultivar lançada pelo IAC, proveniente de polinização livre da cultivar Togoshi, também introduzida do Japão em 1966. Os frutos são de tamanho médio (30-40g), bem arredondados, de pele amarelo-viva, limpa, praticamente sem mancha-arroxeadada. A polpa é de espessura média, branco creme-brilhante, macia e bem suculenta e de sabor doce-acidulado forte. É a única cultivar brasileira de polpa branca.

3.2. Respiração e produção de etileno. As determinações foram realizadas em um cromatógrafo a gás (HP-6890), acoplado a um Detector por Ionização de Chama (FID) para o etileno, ou Detector de Condutividade Térmica (TCD) para o CO₂. A coluna foi a mesma para os dois gases: HP – Plot (30m, I.D. 0,53mm). A temperatura do injetor e dos detectores foi de 200 e 250°C,

respectivamente, e a temperatura isotérmica a 30°C. Os fluxos de hélio para CO₂ e o de hidrogênio para etileno foram, respectivamente, de 4 mL.min⁻¹ e 1 mL.min⁻¹. As injeções foram aplicadas em modo Split para o CO₂ (50:1) e em modo Pulsed Split para o etileno (20 psi pressure for 2 min), sendo injetados 10mL e 1mL de amostra para etileno e CO₂, respectivamente. As leituras de etileno e CO₂ foram realizadas cerca de 1 hora após o fechamento dos recipientes de vidro com os frutos, mantidos à temperatura ambiente. Foram utilizadas cerca de 15 nêspersas de cada cultivar em cada fase do desenvolvimento na planta, e de 5 a 6 nêspersas de cada cultivar no estágio maduro de colheita.

3.3. Determinação de fibra alimentar e umidade. A fibra alimentar foi determinada pelo método enzimico-gravimétrico de acordo com Prosky et al. (1988), e a umidade das amostras foi calculada baseada na perda de peso após a amostra ser aquecida em estufa a 105°C. As referidas análises foram realizadas em triplicata.

3.4. Determinação de açúcares. Os açúcares foram extraídos em triplicata, homogeneizando-se a amostra em três porções de solução de etanol a 80% (v/v) a 80°C, na proporção de 1:4 (1,0 g de fruto congelado e triturado para 4,0 mL de etanol 80%). Após centrifugação (10000 x g), os sobrenadantes foram combinados, o etanol foi evaporado a vácuo, em sistema “Speedvac” e o volume reconstituído em água. Os teores de açúcares solúveis foram analisados por HPLC-PAD (Dionex, Sunnyvale – California USA), acoplado a detector de pulso amperométrico, utilizando uma coluna CarboPac PA₁

(4×250mm) (Dionex), em corrida isocrática com fluxo de 1mL/min de NaOH 18mM, durante 25 min (GOMEZ; LAJOLO; CORDENUNSI, 2002).

3.5. Determinação de ácidos orgânicos. A extração dos ácidos orgânicos das amostras foi realizada em triplicata, com porções de água deionizada na proporção de 1:4 (0,5 g de fruto triturado para 2,0 mL de água deionizada). Cada amostra foi processada em homogeneizador do tipo Potter por 1 min, mantida em banho de gelo e centrifugada a 10000 x g por 10 min a 4°C. Em seguida, o volume do sobrenadante foi medido e filtrado. Os ácidos orgânicos foram analisados por HPLC, seguindo o método utilizado por Amorós et al. (2003).

3.6. Determinação de ácido ascórbico. A extração do ácido ascórbico (AA) foi realizada em triplicata, com porções de amostra e de ácido metafosfórico a 6%, na proporção de 1:1 (1,0 g fruto para 1,0 mL de ácido metafosfórico). Cada amostra foi processada em homogeneizador do tipo Potter por 1 min, mantida em banho de gelo e centrifugada a 10000 x g por 20 min a 4°C. Em seguida, o volume do sobrenadante foi medido e filtrado. Para a determinação do AA foram utilizados 250 µL do extrato da amostra dissolvidos em 250 µL de solução DTT, e após 30 minutos, adicionou-se 500 µL de fase móvel (KCl 2mM, pH 2,5). Foram utilizadas alíquotas de 10 µL de amostra (injeção em duplicata) para as análises de AA por HPLC (HP®, série 1100), equipado com a coluna NucleoSil 100C18 (HP®, 150 x 3,6 mm; porosidade 0,5 µm), acoplada ao detector de arranjo de diodos (DAD), utilizando solução de KCl (2 mM, pH 2,5) como fase móvel, com fluxo de 0,8 mL/min, e temperatura de coluna de

35°C. O AA foi detectado por absorção na região do UV a 245 nm (BARATA-SOARES et al., 2004).

3.7. Determinação de massa. O resultado de massa foi obtido pela pesagem do fruto em balança semi-analítica. Para cada amostragem de um estágio de maturação utilizou-se 3 frutos, e posteriormente foi determinada a média das leituras realizadas.

3.8. Determinação de sólidos solúveis totais ou °Brix. A determinação dos sólidos solúveis totais do suco da polpa de cada cultivar foi realizada com auxílio de um refratômetro manual (marca ATAGO 9208, 0-90%), pelo qual se faz a leitura direta em °Brix. Para a extração do suco foram utilizados aproximadamente 5,0 g de amostra da polpa congelada e triturada, sendo em seguida processada em homogeneizador do tipo Potter, e submetida à centrifugação (10000 x g por 10 min) para a coleta do sobrenadante (suco).

3.9. Determinação de acidez total titulável. Para a determinação de acidez titulável foi utilizado cerca de 1,5 g de amostra da polpa congelada e triturada em nitrogênio líquido. A amostra foi homogeneizada (Potter) com 5,0 mL de água destilada e, em seguida, centrifugada (10000 x g por 10 min). O volume de sobrenadante foi coletado e medido. A acidez titulável foi determinada através da titulação de 5 mL de suco diluído em 5 mL de água destilada [adicionada de 2 gotas de fenolftaleína a 1% (v/v)], com solução de NaOH 0,1N até o ponto de viragem (pH ~8.1). A acidez titulável foi expressa em g de ácido málico/100g de amostra (ácido orgânico predominante na nêspera).

3.10. Determinação de carotenóides. Os carotenóides foram extraídos, em duplicata, da polpa de nêspas (10 a 15 g) com acetona. O extrato acetônico foi transferido para a solução de éter de petróleo e submetido à reação de saponificação, utilizando solução metanólica de KOH 10%, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. O álcali foi removido por lavagem com água em funil de separação, e em seguida o solvente foi totalmente evaporado em rotaevaporador ($T < 40^{\circ}\text{C}$).

As análises quantitativas foram realizadas em um sistema cromatográfico da Waters, Co., equipado com bomba quaternária (modelo 600), degaseificador “on-line”, uma válvula de injeção Rheodine com “loop” de 20 μL , um forno (aquecedor) externo com temperatura controlada e um detector de arranjo de fotodiodos [photo-diode array detector (PAD)] (Waters, modelo 996). Para a aquisição e processamento dos dados foi utilizado o programa “Waters Millennium”. O espectro de UV-visível foi obtido entre 250 e 650 nm e os cromatogramas foram processados a 450 nm.

No equipamento Waters, a separação de carotenóides foi realizada na coluna C₃₀ YMC (5 μm , 250 x 4.6 mm i.d.), utilizando uma fase móvel de gradiente linear de MeOH com 0,1 % de trietilamina (TEA) e metil-*tert*-butil éter (MTBE) (TEA/MTBE de 95:5 a 70:30 em 30 min, seguindo para 50:50 em 20 min). O fluxo foi de 1,0 mL/min, e a temperatura da coluna foi estabelecida a 29°C.

Os resultados combinados dos parâmetros seguintes foram considerados para identificação dos carotenóides: ordem de eluição na coluna C₃₀, características de espectro UV/visível [absorção máxima do comprimento

de onda ($\lambda_{\max}$) (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007a, 2007b; MERCADANTE; EGELAND, 2004).

Os carotenóides foram quantificados por HPLC, usando curvas de calibração externas para luteína, β -criptoxantina e β -caroteno.

3.11. Delineamento experimental e análise dos resultados. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. A amostragem foi realizada de duas maneiras, conforme especificado acima, constituída de: 1) cerca de 30 frutos de cada cultivar em cada estágio de desenvolvimento na planta (8 estádios de cada cultivar); e 2) 20 frutos de cada cultivar em um estágio maduro, considerado atualmente como adequado para colheita comercial. A análise estatística descritiva simples foi utilizada para a caracterização dos atributos dos pontos de maturação de cada cultivar. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SAS versão 9.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. *Nêsperas em desenvolvimento na planta*

4.1.1. Evolução do crescimento

O crescimento das nêsperas foi acompanhado pela pesagem dos frutos colhidos durante o desenvolvimento (Figura 2). Observando o perfil de evolução do ganho de massa das nêsperas, verifica-se que entre as cultivares ocorreram diferenças nas massas e na duração do período de desenvolvimento dos frutos. Porém, é importante salientar que as variações de ganho de peso e tamanho dos frutos são influenciadas principalmente por fatores climáticos e de manejo da cultura, como desbaste ou carga de frutos por árvore, adubação e irrigação.

Figura 2. Evolução da massa do fruto durante o desenvolvimento na planta de cinco cultivares de nêspera. As barras verticais representam o desvio padrão da média ($n = 3$). A mudança de cor e as características de senescência observadas visualmente na casca dos frutos estão identificadas como a seguir: V = verde; VA = verde-amarelada; A = amarela; AL = amarelo-alaranjada; LC = laranja clara; L = laranja forte; S = senescência.

Observa-se em todas as cultivares que existe um período de baixo crescimento nas fases mais precoces (verdes), e depois, um rápido crescimento que se prolonga por uma a três semanas, dependendo da cultivar. O período de rápido crescimento da nêspera parece compreender a mesma fase de expansão celular no mesocarpo (polpa) que ocorrem em pêssegos, onde ocorre um rápido aumento do tamanho dos frutos até a completa maturidade (GIRARDI; ROMBALDI, 2003).

A duração do período de desenvolvimento dos frutos parece ser um evento geneticamente programado de cada cultivar, porém, o rápido aumento do tamanho parece ser influenciado pelo aumento da temperatura climática (AMORÓS et al., 2003; BANTOG et al., 1999). O período de desenvolvimento das cultivares de nêspas analisadas por Amorós et al. (2003), na Espanha, foi mais longo em comparação com o que foi apresentado pelas cultivares analisadas no presente trabalho, com cerca de 8 semanas de diferença no período de desenvolvimento. Portanto, apesar de se tratar de cultivares diferentes, o desenvolvimento das nêspas sob a temperatura quente do clima subtropical brasileiro pode ter influenciado na menor duração do período de desenvolvimento apresentado pelas cultivares adaptadas no Brasil.

O período de crescimento dos frutos ocorre até o momento em que não há mais aumento no tamanho ou na massa, assim pode-se dizer que o crescimento das nêspas foi conduzido até a 11ª semana pós-antese (SPA) para as cultivares Néctar de Cristal e Mizauto, e até a 12ª SPA para as demais cultivares (Mizumo, Mizuho e Centenária).

Pode-se observar que o processo de amadurecimento, verificado através da evolução da coloração dos frutos, ocorreu em paralelo ao acúmulo

de massa dos frutos em desenvolvimento. Nesse contexto, as nêsperas apresentaram a completa cobertura da coloração amarela e amarelo-alaranjada próximo ao término do crescimento (Figura 2), com exceção da Mizumo que atingiu essa coloração mais tardiamente a partir da 14ª SPA. Os estádios de maturação citados correspondem ao período em que os produtores de nêspira costumam iniciar a colheita comercial.

O período de desenvolvimento dos frutos foi acompanhado até o estágio de senescência, observado pela aparência murcha da casca ou pelo decréscimo de peso dos frutos. Tais sintomas começaram a surgir a partir da 14ª SPA, na Néctar de Cristal (ciclo mais curto), e da 16ª SPA, na Centenária, Mizauto e Mizuho (ciclo médio). Até o fim do experimento, na 17ª SPA, as nêsperas Mizumo (ciclo mais tardio) ainda não haviam apresentado sintomas de senescência, porém foi necessário encerrar o período em paralelo ao das demais cultivares, para efeito de comparação.

Os aspectos de cor e tamanho dos frutos são atualmente os mais observados pelos produtores no momento de definir o ponto de colheita da nêspira. Porém outras caracterizações podem auxiliar na definição do ponto ideal de colheita das nêsperas, como a determinação de composição, de textura e ainda uma avaliação mais precisa da mudança de cor, medindo-se a tonalidade dos frutos com o auxílio de um colorímetro.

4.1.2. Respiração e produção de etileno

Os perfis de respiração e produção de etileno das cinco cultivares de nêspera podem ser visualizados na Figura 3, onde se observa que os perfis foram semelhantes entre as cultivares, mas com algumas diferenças relacionadas ao tempo e à intensidade desses eventos.

As taxas de respiração foram mais altas no início do desenvolvimento dos frutos das cinco cultivares, com valores entre 110 mg de CO₂/kg.h (Néctar de Cristal) e 234,8 mg de CO₂/kg.h (Mizumo). Em seguida as taxas diminuíram progressivamente, ocorrendo uma pequena ou nenhuma elevação na respiração das cultivares Centenária, Mizumo e Mizauto, entre a 10^a e a 11^a SPA, seguido de posterior decréscimo. Os valores máximos encontrados chegaram a ultrapassar as taxas iniciais apenas nas cultivares Néctar de Cristal, com 110,7 mg de CO₂/kg.h, e Mizuho, com 167,77 mg de CO₂/kg.h. A alta atividade respiratória reproduzida pelas cultivares durante o período inicial de desenvolvimento, pode estar relacionada à maior energia despendida para o crescimento e amadurecimento dos frutos (Figura 2).

Figura 3: Perfis de respiração e produção de etileno durante o desenvolvimento (na planta) de cinco cultivares de nêspera. As barras verticais representam o desvio padrão da média (n = 3). A mudança de cor e as características de senescência observadas visualmente na casca dos frutos estão identificadas como a seguir: V = verde; VA = verde-amarelada; A = amarela; AL = amarelo-alaranjada; LC = laranja clara; L = laranja forte; S = senescência.

Os perfis de respiração obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos das cultivares de nêspira analisadas por Amorós et al. (2003), com taxas maiores no início do desenvolvimento, próximas de 140 mg de CO₂/kg.h, seguida de um progressivo decréscimo e uma pequena elevação na respiração (variando de 40 a 60 mg de CO₂/kg.h) próxima ao término do desenvolvimento dos frutos. Apesar de ter ocorrido um significativo aumento nas taxas de respiração para essas cultivares e em algumas cultivares aqui estudadas (Mizuho e Néctar de Cristal), observa-se que os perfis de respiração apresentam em geral uma tendência de queda durante o período de desenvolvimento (Figura 3).

No início do período de desenvolvimento foram detectados níveis baixos de etileno (com valores próximos a zero) para todas as cultivares, e em seguida, se elevaram, chegando a formar picos de etileno, entre a 9ª e 11ª SPA (Figura 3). A Néctar de Cristal se destacou pelo menor pico de etileno (4,31 µL etileno/kg.h) e como a primeira a apresentá-lo, na 9ª SPA, sugerindo ser uma cultivar de comportamento mais precoce. A Mizuho produziu o maior pico de etileno (7,69 µL etileno/kg.h) ocorrendo na 10ª SPA. E as demais cultivares apresentaram picos mais tardios na 11ª SPA (~6,0 µL etileno/kg.h). As produções máximas de etileno encontradas nas cultivares de nêspiras são consideravelmente altas quando comparadas com a banana, que é um fruto tipicamente climatérico (0,04 µL etileno/kg.h, na época da colheita, e cerca de 5,0 µL, no pico climatérico) (NASCIMENTO et al., 2006). Além disso, os valores dos picos de etileno das cultivares estudadas foram superiores aos valores das cultivares espanholas, produzindo picos de 1,5 a 3,0 µL etileno/kg.h (AMORÓS et al., 2003).

Os aumentos na produção de etileno ocorreram também associados com as mudanças de coloração dos frutos em todas as cultivares analisadas. Isso poderia indicar uma possível atuação do etileno estimulando os processos de amadurecimento nos frutos, assim como ocorre em frutos climatéricos. Porém, como não houve um nítido aumento na atividade respiratória das durante o desenvolvimento, e considerando o fato de a nêspera apenas poder ser colhida em estágio completamente maduro, pode-se inferir que a nêspera possui comportamento padrão de frutos não-climatéricos.

4.1.3. Açúcares solúveis

Observou-se que, durante o desenvolvimento das nêsperas, a alteração no conteúdo de açúcares ocorreu de forma semelhante em todas as cultivares (Figura 4).

Os níveis de açúcares encontrados nas primeiras fases do crescimento das cinco cultivares foram baixos, aumentando progressivamente à medida que os frutos amadureceram. A frutose foi o principal açúcar encontrado nos frutos verdes, e após o rápido desenvolvimento, os níveis de sacarose aumentaram intensamente, tornando-se o açúcar predominante nos frutos maduros. Os teores de frutose e de glicose também aumentaram com o avanço do amadurecimento, mas em quantidades menores que as da sacarose.

Durante o desenvolvimento dos frutos, a concentração da frutose esteve sempre mais elevada que a da glicose. O sorbitol esteve presente nas nêsperas em níveis mais baixos e quase constantes, mostrando pequenas elevações durante o desenvolvimento das cultivares (Figura 4). A baixa concentração de sorbitol observado nas nêsperas durante o desenvolvimento, se deve pelo fato deste açúcar, que provém da planta-mãe, não poder ser acumulado por estar continuamente sendo convertido em substratos adequados para a síntese dos demais açúcares (BANTOG et al., 1999; DING et al., 1998).

Figura 4: Evolução dos teores de açúcares solúveis (glicose, frutose e sacarose) e de sorbitol durante o desenvolvimento (na planta) de cinco cultivares de nêspera. As barras verticais representam o desvio padrão da média (n = 3). A mudança de cor e as características de senescência observadas visualmente na casca dos frutos estão identificadas como a seguir: V = verde; VA = verde-amarelada; A = amarela; AL = amarelo-alaranjada; LC = laranja clara; L = laranja forte; S = senescência.

A evolução dos teores de açúcares observada durante o desenvolvimento das cultivares analisadas no presente trabalho foi semelhante ao perfil de outras cultivares reportadas na literatura, porém se diferenciaram pelos teores dos açúcares na fase madura. Nas cultivares chinesas e espanholas, a sacarose é o açúcar predominante nas nêspas maduras, e está presente em concentrações próximas ao da frutose. A glicose e o sorbitol também estiveram presentes em menor quantidade, sendo este último o menor componente na nêspa madura (AMORÓS et al., 2003; DING et al., 1998).

A cultivar Néctar de Cristal destacou-se sobre as demais, pelo maior acúmulo de açúcares totais durante o desenvolvimento, produzindo mais precocemente, assim como a Mizuho, o rápido aumento destes compostos. O teor máximo de açúcares totais das cultivares Néctar de Cristal, Mizauto, Mizuho e Centenária ocorreu na 16ª SPA, e a Mizumo na 17ª SPA. Esta última cultivar parece apresentar um desenvolvimento mais tardio, que também pode ser observado durante a evolução do peso e da cor de seus frutos (Figura 2).

Durante o desenvolvimento das nêspas, assim como de outros frutos, a composição de carboidratos é determinada principalmente pelo acúmulo de fotossintatos que são translocados da planta, e também pela expressão de diferentes enzimas relacionadas ao metabolismo de açúcares. Bantog et al. (1999) estudaram as mudanças nas enzimas associadas com o metabolismo de sacarose e sorbitol durante o desenvolvimento das nêspas, mostrando a evolução dos açúcares muito semelhante ao encontrado no presente trabalho. Foi verificado que a concentração dos açúcares variou com as mudanças nas atividades das enzimas associadas.

4.1.4. Ácidos orgânicos

Os níveis de ácidos orgânicos diminuíram consideravelmente ao longo do desenvolvimento das nêspersas (Figura 6). Os maiores teores de ácidos orgânicos totais foram encontrados nas fases precoces de desenvolvimento dos frutos, destacando-se as cultivares Mizauto e Mizumo, com teores máximos próximos de 2,3% (em massa fresca), observados na 10^a SPA. Para a maioria das cultivares, e principalmente para a Mizumo, houve um considerável aumento no teor de ácidos orgânicos entre a 8^a e 9^a SPA, caracterizando a fase inicial de crescimento dos frutos. A rápida queda nos níveis de ácidos orgânicos coincidiu com o período de mudanças de coloração (Figura 2), o que também foi observado em outras cultivares espanholas durante o amadurecimento (AMORÓS et al., 2003).

Figura 5. Evolução dos teores de ácidos orgânicos (cítrico, málico e succínico) durante o desenvolvimento (na planta) de cinco cultivares de nêspas. As barras verticais representam o desvio padrão da média ($n = 3$). A mudança de cor e as características de senescência observadas visualmente na casca dos frutos estão identificadas como a seguir: V = verde; VA = verde-amarelada; A = amarela; AL = amarelo-alaranjada; LC = laranja clara; L = laranja forte; S = senescência.

Ao final do período de amadurecimento, todas as cultivares continham níveis de ácidos orgânicos totais variando entre 0,4 e 0,8%. As cultivares Mizauto e Mizumo conseguiram manter os teores de ácidos orgânicos mais elevados durante todo o período de amadurecimento. No entanto, as cultivares Centenária, Néctar de Cristal e Mizumo sofreram maior redução desses compostos ao término do amadurecimento de seus frutos, apresentando na sua composição o teor próximo de 0,45%.

O ácido málico foi o ácido orgânico predominante nas nêspas, do qual pode-se inferir que é o principal componente a conferir a acidez no fruto, chegando a representar aproximadamente 90% dos ácidos orgânicos presentes (Figura 6). Outros ácidos orgânicos também encontrados nas nêspas foram o ácido cítrico, succínico e ascórbico, mas em menores concentrações. O ácido ascórbico, não foi determinado durante o processo de desenvolvimento dos frutos, por corresponder à menor fração dos ácidos orgânicos, sendo apenas analisado no presente trabalho para fins de caracterização das nêspas no estágio maduro de colheita (Tabela 2).

4.1.5. Razão açúcar/ácido (*Ratio*)

O balanço de açúcares e ácidos é um fator importante para melhor definir o ponto de maturação dos frutos, visto que a concentração destes compostos evolui de maneira diferente durante o crescimento e amadurecimento. Por este fato constitui-se como uma característica determinante no sabor dos frutos em geral, contribuindo de maneira substancial para sua qualidade pós-colheita.

Com o propósito de melhor caracterizar o conteúdo de açúcares das cultivares aqui estudadas, foi determinado o teor dos açúcares solúveis separadamente (por HPLC) e o teor de sólidos solúveis totais (expressos em °Brix). O teor de acidez também foi determinado de maneira mais precisa (HPLC), sendo quantificado os principais ácidos orgânicos presentes na nêspera, e de outra mais simples e prática representada pela acidez titulável (expressa como g de ácido málico/100g de fruto). Os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT) representam uma forma indireta de medir o conteúdo de açúcares e ácidos, sendo usualmente empregado no campo para a determinação do ponto de maturação dos frutos para colheita, e na indústria de processamento para caracterização da matéria-prima e de seus produtos finais.

Os conteúdos de açúcares e ácidos durante o desenvolvimento das nêspersas, expressos em SST e ATT, apresentaram valores diferentes em relação aos resultados das análises mais específicas de açúcares solúveis totais (AST) e ácidos orgânicos totais (AOT), mas com proporções semelhantes a estes durante todo o período (Figura 6). A alta disparidade entre os valores da razão AST/AOT e SST/ATT pode ser explicada pelo fato da medida de SST

incluir além dos açúcares, os ácidos orgânicos e outros compostos que possam se encontrar solubilizados no sumo das nêspas.

A Figura 6 fornece os valores de *ratio* (razão açúcar/ácido) das nêspas durante o desenvolvimento na planta, apresentando os dados de AST/AOT e SST/ATT nos estádios de amadurecimento (Figura 2). O período de amadurecimento considerado foi aquele que compreendeu

De acordo com os dados de evolução do crescimento e da mudança de cor, observados na Figura 2, a fase que compreende a 12ª e a 14ª SPA parece ser a mais próxima ao que seria o ponto de colheita comercial para as cultivares Mizauto, Mizuho e Centenária, baseando-se na cobertura da cor amarela ou alaranjada na casca dos frutos. Para a Néctar de Cristal, isso parece ocorrer a partir da 11ª SPA, e na Mizumo a partir da 16ª SPA.

Figura 6. Evolução do *ratio* (razão açúcar/ácido) durante o desenvolvimento de cinco cultivares de nêspera. Abreviações: AST = açúcares solúveis totais; AOT = ácidos orgânicos totais; SST = sólidos solúveis totais (°Brix); ATT = acidez total titulável (g de ácido málico/ 100g). A mudança de cor e as características de senescência observadas visualmente na casca dos frutos estão identificadas como a seguir: V = verde; VA = verde-amarelada; A = amarela; AL = amarelo-alaranjada; LC = laranja clara; L = laranja forte; S = senescência.

Quando os valores de *ratio* estão maiores, indica-se que o conteúdo de açúcares está predominando sobre o de ácidos, assim as cultivares que apresentarem as maiores taxas podem ser mais aceitáveis para o uso de mesa (*in natura*). Nesse caso, destaca-se principalmente a Mizumo, onde o *ratio* variou de 15,8 a 20,32 nos estádios maduros (16^a a 17^a SPA). As demais cultivares apresentaram taxas menores de *ratio*, porém podem também ser destinadas para o uso de mesa, visto que existem variados tipos de preferência no mercado consumidor.

Durante o desenvolvimento da cultivar Mizauto os índices de *ratio* foram os menores, pelo fato de possuir o teor de acidez mais elevado que as demais cultivares. Nesse caso, a cultivar Mizauto poderia ser a mais indicada para o processamento industrial (na fabricação de compotas e geléias), sendo para esta finalidade importante atentar-se ao maior teor de acidez.

Na classificação de cultivares de maçãs, por exemplo, separam-se as matérias-primas industriais dos frutos de interesse comercial *in natura*, respeitando-se um valor limite estabelecido de razão açúcar/ácido, sendo as amostras com valores inferiores de maior interesse do ponto de vista industrial (CZELUSNIAK et al., 2003; PAGANINI et al., 2004). Esse sistema de classificação para as cultivares frutíferas constitui uma forma fácil e simples para realizar o seu destino comercial, podendo ser futuramente estabelecida para a nêspera através de um estudo sensorial e de processamento.

Observando os índices de *ratio* ao longo do desenvolvimento das nêspersas, verifica-se que os frutos que permaneceram por mais tempo ligado à planta reuniram maiores teores de açúcar, como observado nos estádios maduros da Mizumo. Portanto, quanto mais se estender o ponto de colheita

durante o período de desenvolvimento das nêspas, melhores serão as características de composição dos frutos para o uso de mesa.

4.2. Nêspas no ponto de colheita comercial

Baseado nos critérios mais empregados pelos produtores de nêspas, que levam em conta principalmente os aspectos de mudança de cor e tamanho dos frutos, foram realizadas colheitas de frutos das cinco cultivares em pontos que o mercado classifica como de maturação comercial. O intuito foi realizar análises semelhantes às aquelas aplicadas nos frutos em desenvolvimento e comparar os resultados. Através dessas comparações será possível verificar se a colheita baseada nos parâmetros empregados pelos produtores de nêspas coincide com o estágio que reúne as melhores características químicas de cada cultivar e, em caso negativo, levar à sugestão de pontos de colheita mais adequados.

4.2.1. Respiração e produção de etileno

As cinco cultivares de nêspas produziram diferentes perfis e intensidades de respiração durante o período pós-colheita (Figura 7). A Centenária produziu os menores teores de CO₂ ao longo de todo o período analisado (entre 35 e 26 mg de CO₂/kg.h), sem picos de produção. Os mais altos teores de produção de CO₂ foram registrados nas cultivares Mizauto e Mizumo, com pico de produção no segundo dia pós-colheita (respectivamente 238 e 240 mg de CO₂/kg.h), diminuindo significativamente nos dias que se seguiram. Ao contrário, a cultivar Néctar de Cristal produziu no primeiro dia

pós-colheita (dpc) um baixo nível de respiração (~11 mg de CO₂/kg.h) seguido, porém, de um considerável aumento (~146 mg de CO₂/kg.h) na respiração no quarto dia pós-colheita.

As cultivares Centenária, Néctar de Cristal e Mizuho apresentaram no primeiro dpc valores muito baixos de produção de etileno, próximos de zero, e as cultivares Mizauto e Mizumo, com produção inicial mais alta, cerca de 8 e 11 µL de etileno/kg.h, respectivamente. A maior produção de etileno ocorreu primeiramente nas cultivares Néctar de Cristal, Mizumo e Mizauto com respectivamente 3, 9 e 12 µL de etileno/kg.h, no segundo dpc. Entretanto para as cultivares Centenária e Mizuho, a maior produção de etileno ocorreu no quinto dpc (respectivamente 2,4 e 5,0 µL de etileno/kg.h). Entre todas as cultivares analisadas, a Mizumo e a Mizauto produziram as maiores quantidades de etileno durante o período pós-colheita, sendo também superior aos valores máximos encontrados na literatura, como no caso da cv. Mogi, com 1,4 µL de etileno/kg.h (DING et al., 2002), e da Magdall, com 3,24 µL de etileno/kg.h (AMORÓS et al., 2003).

Figura 7. Mudanças nos perfis de respiração e na produção de etileno durante o período pós-colheita de nêspas maduras. As barras verticais representam o desvio padrão da média (n = 3).

Durante o período pós-colheita, os perfis da produção de etileno e da respiração das cultivares de nêspira parecem mostrar uma continuidade dos perfis mostrados durante o desenvolvimento nos estádios em que os frutos já apresentavam a coloração amarelo-alaranjada (Figura 8). Esse período corresponde à fase após a máxima produção de etileno dos frutos durante o desenvolvimento. Assim, após a colheita das nêspiras maduras é comum verificar uma crescente diminuição nos níveis de respiração, e um leve aumento ou baixa produção de etileno nesse período (AMORÓS et al., 2003; DING et al., 1998; GONZÁLEZ et al., 2003).

As altas taxas de respiração verificadas na Mizauto, Mizumo e Néctar de Cristal durante o período pós-colheita foram superiores às taxas produzidas durante o período de desenvolvimento na planta. Isso poderia ser uma consequência do stress causado pela retirada dos frutos da planta-mãe.

As cultivares que apresentaram maior atividade respiratória durante o período pós-colheita, podem expressar maior intensidade nas reações oxidativas de seus compostos orgânicos (carboidratos e ácidos orgânicos), atingindo assim mais rapidamente a senescência dos frutos. Portanto, torna-se importante utilizar técnicas que contribuam para a redução da atividade respiratória durante o período pós-colheita das nêspiras.

Figura 8. Mudanças no perfil de respiração e produção de etileno de cinco cultivares de nêspas, durante o desenvolvimento na planta (período representado em semanas pós-antese); e durante o período pós-colheita (estádio maduro). As barras verticais representam o desvio padrão da média ($n = 3$). A mudança de cor e as características de senescência observadas visualmente na casca dos frutos estão identificadas como a seguir: V = verde; VA = verde-amarelada; A = amarela; AL = amarelo-alaranjada; LC = laranja clara; L = laranja forte; S = senescência. As setas indicam a fase de desenvolvimento em que as nêspas se encontram maduras, e provavelmente o momento em que foi iniciado o acompanhamento dos perfis de respiração e produção de etileno durante o período pós-colheita.

4.2.2. Composição química

A umidade variou de 86 a 91 % do peso fresco entre as cinco cultivares analisadas (Tabela 1). Esse alto conteúdo de água das nêspas pode contribuir para o turgor da polpa, o que justifica as suas características de textura da polpa como sendo firme, carnosa e succulenta (OJIMA et al., 2002). As cultivares Mizumo e Mizuho possuem os maiores teores de umidade, com 90 e 91%, respectivamente.

Tabela 1. Composição química da polpa de cinco cultivares de nêspas maduras (ponto de colheita).

Cultivar	Umidade (g/100g)	AST * (g/100g)	SST * (°Brix)	AOT * (g/100g)	ATT (g/100g)	AA * (mg/100g)	FAT * (g/100g)	Carotenóides totais (µg/g)
Centenária	88,81 ^{ab}	5,72 ^a	8,25 ^a	0,86 ^b	0,70 ^a	5,28 ^a	1,21 ^a	11,36 ^a
Néctar de Cristal	86,39 ^b	7,17 ^b	10,55 ^{bc}	0,94 ^a	1,01 ^b	5,51 ^a	1,32 ^c	0,93 ^b
Mizauto	89,15 ^a	6,0 ^a	9,30 ^a	1,11 ^c	0,72 ^a	5,81 ^a	1,19 ^a	14,61 ^c
Mizuho	90,78 ^a	6,85 ^b	10,1 ^b	0,93 ^a	1,05 ^b	6,81 ^b	1,41 ^b	16,49 ^d
Mizumo	90,43 ^a	9,09 ^c	11,06 ^c	0,76 ^d	0,47 ^c	8,20 ^b	1,38 ^b	21,57 ^e

* Abreviações: AST = açúcares solúveis totais; AOT = ácidos orgânicos totais; SST = sólidos solúveis totais; ATT = acidez total titulável; AA = ácido ascórbico; FAT = fibra alimentar total.

** Os resultados representam a média de análises em triplicata.

*** As médias seguidas de letras diferentes, na vertical, apresentam diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$).

Para melhor caracterizar o sabor e o grau de maturação das nêspas maduras, foi analisado o balanço do grau de adoçamento e acidez, sendo expresso pela razão açúcar/ácido, representada pela razão do teor de açúcares solúveis totais (AST) sobre o teor de ácidos orgânicos totais (AOT) e pela razão de SST sobre a ATT (Tabela 1).

Os principais açúcares solúveis detectados na nêspas madura foram sacarose, frutose, glicose e sorbitol, sendo a sacarose o açúcar predominante

em todas as cultivares (Figura 9). Os teores de sacarose foram semelhantes (~4,0%) nas cultivares Néctar de Cristal, Mizauto e Mizuho, enquanto que o menor teor foi encontrado na Centenária (~3,0%) e o maior na Mizumo (~5,0%).

Figura 9. Conteúdo de açúcares solúveis na polpa de cinco cultivares de nêsperas maduras (ponto de colheita). Os dados representam a média e o erro padrão de análises em triplicata.

As maiores diferenças entre cultivares foram encontradas nos teores de glicose, frutose e sorbitol, sendo esta variação importante para a formação de diferentes sabores (SEYMOUR et al., 1993). A frutose, glicose e sacarose, os açúcares solúveis mais comuns encontrados em frutos maduros, têm diferentes poderes edulcorantes, sendo a frutose o mais doce (174 tendo como referência a sacarose 100) e a glicose menos doce (74). Assim, apesar da maior concentração da sacarose, o teor de frutose também é importante para o sabor das nêspas, alcançando valores entre 0,9% (Mizauto) e 2,0% (Mizumo).

Diferente de outros frutos como a banana (ROSSETTO et al., 2003) e a uva (GUERRA, 2005) não foram observadas similaridades entre os níveis de frutose e glicose, sendo a concentração da primeira um pouco mais elevada em todas as cultivares (Figura 9). Isso também ocorreu em nêspas maduras de outras cultivares analisadas por Amorós et al. (2003), que apresentaram cerca de 3,0% de glicose, 4,0% de frutose, e 4,0% de sacarose.

Em outro experimento conduzido por Ding et al. (1998), com a cultivar Mogi, as nêspas maduras continham também teor de frutose próximo de 4,0%, e teores de glicose e sacarose próximos de 2,5%. Por não haver correlação entre os níveis de frutose e glicose nas nêspas, pode-se sugerir que houve um maior consumo de glicose na respiração, ou ainda, que além da sacarose (via hidrólise, formando glicose e frutose), outra fonte como o sorbitol (por ação da sorbitol desidrogenase) pode ter sido utilizado para a síntese de frutose na nêspas. Observa-se que na cultivar Néctar de Cristal a diferença entre os teores de glicose e frutose está mais acentuada que em outras cultivares, o que pode ser justificado pelo teor mais elevado de sorbitol (1,1%),

que pode ter contribuído para o aumento no conteúdo de frutose, 2,6 vezes maior que o de glicose.

A acidez dos frutos é atribuída principalmente ao teor de ácidos orgânicos, que pode variar de acordo com a variedade e o estágio de maturação do fruto. O principal ácido orgânico detectado na nêspera madura foi o ácido málico e em menores concentrações os ácidos cítrico, succínico e ascórbico (Figura 10). A quantidade de ácido málico entre as cultivares variou de 0,59% a 0,98%, sendo o principal ácido orgânico presente na nêspera e conseqüentemente o principal substrato responsável pela acidez do fruto. Houve uma grande variação no teor de ácido cítrico entre as cultivares, sendo encontrado o menor conteúdo na Néctar de Cristal (32 mg/100g), e o maior na Mizumo (150 mg/100g). Os teores de ácido succínico variaram de 14 a 25 mg/100g entre cultivares.

Figura 10. Conteúdo de ácidos orgânicos na polpa de cinco cultivares de nêspere maduras (ponto de colheita). Os dados representam a média e o desvio padrão de análises em triplicata.

O ácido ascórbico (vitamina C) corresponde a menor parte dos ácidos orgânicos na nêspera, tendo a menor concentração na Centenária (5,28 mg/100g) e a maior na Mizumo (8,20 mg/100g) (Tabela 2). Os valores de vitamina C encontrados nas cinco cultivares analisadas estão próximos do teor médio de vitamina C verificado em outros frutos maduros também pertencentes à família Rosaceae, como a maçã, que contém 8,0 mg/100g, a ameixa vermelha com 6,8 e o figo com 7,3 (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Porém, em comparação com os frutos considerados ricos em vitamina C, tais como laranja e acerola, que contêm aproximadamente 40 mg/100g e 1,05 g/100g, respectivamente, pode-se considerar baixos os níveis de vitamina C encontrados na nêspera.

O conteúdo de ácidos orgânicos (ácido málico, cítrico, succínico e ascórbico) nas nêspersas maduras das cinco cultivares analisadas foi semelhante ao encontrado em outras cultivares espanholas de nêspera analisadas por Amorós et al. (2003), porém se diferenciaram pelo fato de conterem também na sua composição o ácido tartárico, em concentrações que variam de 20 a 40 mg/100g.

A cultivar Mogi (mais cultivada na China e Japão) parece ser menos ácida que as cultivares brasileiras e espanholas, de acordo com o que foi relatado por Ding et al. (1998), que encontraram na composição de seus frutos maduros cerca de 300 mg/100g de ácido málico, e menores concentrações de ácido cítrico (30 mg/100g), succínico (5,2 mg/100g) e fumárico (~ 3,0 mg/100g).

Observando a evolução dos níveis de açúcares e ácidos obtidos durante o desenvolvimento das nêspersas na planta, e os teores destes compostos nas amostras maduras colhidas de acordo com os critérios dos produtores, pode-se

verificar que estas estavam ainda em fase precoce de amadurecimento (Tabela 2). Isso se deve ao fato de apresentarem na sua composição teores de açúcares ainda relativamente baixos de acordo com o potencial de acúmulo observado em algumas cultivares. Além disso, os níveis de acidez ainda elevados nas amostras maduras também indicam que os frutos estavam em uma fase ainda precoce de amadurecimento.

Pode-se então sugerir que os frutos, após atingirem a coloração amarelo-alaranjada, sejam mantidos por mais um período ligados a planta, a fim de obter frutos com melhores características para o uso de mesa.

Os resultados encontrados pelas análises mais simples como °Brix e ATT foram representativos quanto à caracterização dos níveis de açúcares e ácidos na composição dos frutos. Portanto, recomenda-se que sejam realizadas as referidas análises em campo para auxiliar na determinação do ponto de maturação ideal de cada cultivar para colheita.

Tabela 2. Razões açúcar/ácido (*ratio*) de cinco cultivares de nêspera durante o desenvolvimento (*na planta*), e em estágio maduro de colheita, definido apenas pela completa cobertura da coloração amarela ou amarelo-alaranjada da casca. Os dados destacados em vermelho representam o período em que os frutos apresentam essa coloração.

CENTENÁRIA				
SPA	Em Desenvolvimento		Estádio maduro (ponto de colheita)	
	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT
11	2,79	3,80		
12	8,76	11,66	6,65	11,79
14	9,41	20,54		
16	15,43	34,00		
17	18,60	36,38		
MIZAUTO				
SPA	Em Desenvolvimento		Estádio maduro (ponto de colheita)	
	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT
11	2,73	3,82		
12	5,52	9,96	5,41	12,92
14	7,57	17,71		
16	11,60	22,66		
17	12,06	25,35		
MIZUHO				
SPA	Em Desenvolvimento		Estádio maduro (ponto de colheita)	
	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT
11	5,04	7,45		
12	7,44	10,68	7,36	9,62
14	10,85	15,94		
16	12,10	18,39		
17	11,26	20,97		
MIZUMO				
SPA	Em Desenvolvimento		Estádio maduro (ponto de colheita)	
	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT
11	2,16	3,91		
12	6,89	9,84		
14	7,70	13,14		
16	15,71	24,00	11,96	23,53
17	20,32	36,64		
NÉCTAR DE CRISTAL				
SPA	Em Desenvolvimento		Estádio maduro (ponto de colheita)	
	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT	Razão AST/AOT	Razão SST/ATT
11	8,21	10,48	7,63	10,45
12	11,42	12,12		
14	12,69	23,24		
16	22,05	45,40		
17	20,81	55,87		

O teor de fibras alimentares totais na polpa das cultivares de nêspera variou de 1,2% a 1,4% (Tabela 3), com valor semelhante ao do abacaxi, de 1,34% (GUERRA et al., 2004). As cultivares que tiveram o maior teor de fibras alimentares totais foram a Mizumo e a Mizuho (~1,4%), e as de menor teor foram a Mizauto e Centenária (~1,2%). A fração da fibra insolúvel foi semelhante entre as cultivares, com teor médio de 0,73%. No entanto, a fração de fibra solúvel teve uma maior variação entre cultivares, de 0,45% (Néctar de Cristal) a 0,66% (Mizuho), exercendo maior influência na variação do conteúdo de fibras totais.

Tabela 3. Conteúdo de fibra alimentar solúvel e insolúvel de cinco cultivares de nêspersas maduras (ponto de colheita).

Cultivar	Fibra Alimentar (g/100g de polpa)		
	Solúvel	Insolúvel	Total
Centenária	0,52 ^a	0,69 ^a	1,21 ^a
Néctar de Cristal	0,59 ^b	0,73 ^a	1,32 ^c
Mizauto	0,45 ^c	0,74 ^a	1,19 ^a
Mizuho	0,66 ^b	0,75 ^a	1,41 ^b
Mizumo	0,6 ^a	0,78 ^a	1,38 ^b

* Os resultados representam a média de análises em triplicata.

** As médias seguidas de letras diferentes, na vertical, apresentam diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$).

Os teores de fibras solúveis encontradas nas nêspersas foram semelhantes ao da banana nanica de 0,6%, e da maçã de 0,7% (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS-USP, 1998). As fibras solúveis compreendem as pectinas, gomas e hemiceluloses, que têm como

característica principal a capacidade de reter água e formar uma mistura de consistência viscosa ou gelificada (BUENO, 2005). Por este fato, a presença desses componentes constitui um componente interessante para o aproveitamento das nêspersas na indústria para fabricação de geléias, compotas e sucos.

A Tabela 4, a seguir, mostra as concentrações de β -caroteno (*all-trans*) e de β -criptoxantina (*all-trans*) obtidas das cultivares de nêspersas analisadas.

Tabela 4. Concentração de carotenóides majoritários de cinco cultivares nêspersas maduras (ponto de colheita). Resultados apresentados como a média e desvio padrão de análises em duplicata.

Cultivar	<i>all-trans</i> - β -caroteno ¹ ($\mu\text{g/g}$)	<i>all-trans</i> - β -criptoxantina ² ($\mu\text{g/g}$)	Razão 1/2
Centenária	8.58 ^a	2.78 ^b	3.1
Mizauto	9.81 ^{ab}	4.80 ^a	2.0
Mizuho	10.91 ^b	5.58 ^a	2.0
Mizumo	14.42 ^c	7.15 ^c	2.0
Néctar de Cristal	0.38 ^d	0.55 ^d	0.7

* Os resultados representam a média de análises em triplicata.

** As médias seguidas de letras diferentes, na vertical, apresentam diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 4, os carotenóides majoritários foram β -caroteno (*all-trans*) e β -criptoxantina (*all-trans*) em todas as cultivares. Estas características também foram observadas para diferentes cultivares analisadas por outros pesquisadores (GROSS et al., 1973; KON; SHIMBA, 1988; GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1995).

A Néctar de Cristal mostrou um perfil de carotenóides diferente, com o menor conteúdo entre as cultivares, sendo a única a conter a razão β -caroteno/ β -criptoxantina menor que 1. As outras quatro cultivares (Mizauto, Mizuho, Mizumo e Centenária) tiveram a razão β -caroteno/ β -criptoxantina igual ou maior que 2. Entre esse grupo de cultivares, a Centenária foi a mais diferente com a maior razão (3,1).

Os conteúdos de β -caroteno e β -criptoxantina encontrados na Mizauto são semelhantes aos da Mizuho. Este resultado pode ser consequência da cultivar Mizauto ser derivada da Mizuho. A Mizumo apresentou teores de β -caroteno e β -criptoxantina cerca de 2 vezes maior que aquele encontrado em Centenária, apesar de ambas as cultivares serem derivadas do cruzamento entre Mizuho e Mogi.

5. CONCLUSÕES

Durante o desenvolvimento das nêspas *na planta*, observou-se que o aumento de etileno ocorreu de forma associada: (1) às mudanças de coloração, (2) à diminuição dos teores de ácidos orgânicos e (3) ao aumento na síntese de açúcares na polpa, principalmente da sacarose. O que nos evidencia que a produção de etileno pode agir promovendo as mudanças de amadurecimento nas nêspas, mostrando um comportamento semelhante ao de frutos climatéricos. No entanto, baseando-se nas curvas de respiração, que indicam sua diminuição, e no fato de que os frutos necessitam estar ligados à planta-mãe para completar o amadurecimento, pode-se sugerir que a nêspa apresenta um comportamento respiratório e de desenvolvimento típico de fruto não-climatérico, mas que pode receber influência do etileno para o processo de amadurecimento.

No período pós-colheita de algumas cultivares foi possível observar também um comportamento não-climatérico típico, com os níveis de produção de etileno e de respiração decrescendo, pontuados por pequenos aumentos. De qualquer modo, para que as cultivares de nêspas sejam destinadas ao mercado de frutos *in natura*, torna-se necessário utilizar métodos de armazenamento que reduzam as atividades respiratórias dos frutos, visto que são produtos de alta perecibilidade e que possuem curta vida-de-prateleira.

Tendo por base os estudos realizados durante o desenvolvimento das nêspas, sugere-se que o ponto de colheita adequado para as cultivares Mizuho, Mizauto e Centenária ocorreria por volta da 12^a a 14^a semana pós-antese. Para a Néctar de Cristal sugere-se entre a 11^a e 12^a semana, uma vez

que os resultados indicaram ser esta uma cultivar mais precoce em relação às anteriores. A Mizumo por sua vez indicou ser uma cultivar mais tardia e poderia ter sua colheita efetuada a partir da 16ª semana pós-antese.

Observando os índices de *ratio* ao longo do desenvolvimento das nêspas na planta e de nêspas maduras, colhidas segundo critérios utilizados atualmente pelos produtores, verifica-se que as cultivares continham, em geral, teores de açúcares e ácidos próximos ao encontrados nas fases mais precoces de amadurecimento. Portanto, sugere-se que os frutos sejam mantidos por mais tempo ligado à planta até a colheita, e que sejam aplicadas outras técnicas, além da análise da cor, para se definir o ponto de colheita que permita obter frutos de melhor composição para o uso de mesa.

Quanto às características químicas das nêspas na fase madura de colheita pode-se sugerir que todas as cultivares parecem ser adequadas para consumo *in natura*, visto que apresentam baixo teor de acidez, mas algumas delas reúnem melhores características, como a Mizumo, Mizuho e Néctar de Cristal, por conterem os maiores teores de água, açúcar, vitamina C e fibra alimentar. As cultivares Mizauto, Mizuho e Centenária parecem ser as que reúnem as características mais adequadas para o processamento industrial por apresentarem maior teor de ácidos orgânicos totais, menor razão açúcar/ácido e maior conteúdo de fibras solúveis. Estudos sensoriais e de processamento industrial seriam importantes para adequar as cultivares e os melhores pontos de maturação para confirmar a possibilidade de sua aplicação para determinados fins.

Estudos subseqüentes, em outra amostragem destas cultivares, poderão confirmar se as sugestões de pontos de colheita seriam realmente os mais

adequados para fins comerciais. Entende-se que os períodos sugeridos neste trabalho ofereceriam um espaço de tempo bastante reduzido ao produtor para a colheita antes do fruto apresentar sintomas de senescência. Contudo, o investimento em estudos de armazenamento à baixa temperatura com o emprego de atmosfera modificada poderiam contornar o problema, dado os precedentes de literatura.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORÓS, A.; ZAPATA, P.; PRETEL, M.T.; BOTELLA, M.A.; SERRANO, M. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Food Sci. Tech. Int.*, v. 9, n.1, p. 43-51, 2003.

BANTOG, N.A.; SHIRATAKE, K.; YAMAKI, S. Changes in sugar content and sorbitol - and sucrose – related enzyme activities during development of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl. cv. Mogi) Fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, v.68, n.5, p.942-948, 1999.

BARBOSA, W.; POMMER, C.V.; RIBEIRO, M.D.; VEIGA, R.F.A.; COSTA, A.A. Distribuição geográfica e diversidade varietal de frutíferas e nozes de clima temperado no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v.25, n.2, p.341-344, agosto 2003.

BUENO, R.O.G. **Características de qualidade de biscoito e barras de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspera**. Curitiba, 2005. 103p. Dissertação de mestrado - Setor de Tecnologia - Universidade Federal do Paraná.

BARATA-SOARES, A.D.; GOMEZ, M.L.P.A.; MESQUITA, C.H.; LAJOLO, F.M. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, v.16, n.3, p.147-154, 2004.

CABALLERO, P.; FERNÁNDEZ, M.A. Loquat, production and market. In: LLÁCER G., BADENES M.L. FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LOQUAT, 1, Valencia, 2002. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2003. p. 11-20. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 58)

CAI, C.; CHEN, K.; XU, W.; ZHANG, W.; LI, X.; FERGUSON, I. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, v.40, p.155-162, 2006.

CAMPOS, J.T. de; HASEGAWA, P.N.; PURGATTO, E.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B.R. Qualidade pós-colheita de nêspas submetidas ao armazenamento sob baixa temperatura e atmosfera modificada. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.27, n.2, p.787-792, abr.-jul. 2007.

CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA, 2005, 208p.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *J. Agric. Food Chem.*, v.50, p.2581-2586, 2002.

CZELUSNIAK, C.; OLIVEIRA, M.C.S.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N.C.C.; WOSIACKI, G. Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físico-químicos. *Braz. J. Food Technol.*, v.6, n.1, p.25-31, 2003.

DE ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *J. Agric. Food Chem.*, v.55, p.5062-5072, 2007a.

DE ROSSO, V.V., & MERCADANTE, A.Z. HPLC-PDA-MS/MS of anthocyanins and carotenoids from dovyalis and tamarillo fruits. *J. Agric. Food Chem.*, v.55, p.9135-9141, 2007b.

DING, C.K.; CHACHIN, K.; HAMAUZZU, Y.; UEDA, Y.; IMAHORI, Y. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biol. Technol.* v.14, p.309-315, 1998.

DING, C.K.; CHACHIN, K.; UEDA, Y.; IMAHORI, Y.; WANG, C.Y. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. *Postharvest Biol. Technol.* v.24, p.341-348, 2002.

DING, Z.; SHIPING, T.; WANG, Y.; BOQIANG, L.; CHAN, Z.; HAN, J.; YONG, X. Physiological response of loquat fruit to different storage conditions and its storability. *Postharvest Biol. Technol.* v.41, p.143-150, 2006.

FRANCO, M.R.B., RODRIGUEZ-AMAYA, D., LANÇAS, F.M. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*Mangifera indica* L.). *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.24, n.2, abr./jun. 2004.

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V. **Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha**: manejo pós-colheita de pêssegos. Sistemas de Produção, 3. ISSN 1678-8761. Embrapa Semi-árido. Versão Eletrônica, jan. 2003.

GODOY, H.T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition and vitamin A value of Brazilian loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Arch. Latinoam. Nutr.*, v.45, p.336-339, 1995.

GONZÁLEZ, L.; LAFUENTE, M.T.; ZACARÍAS, L. Maturation of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) under Spanish growing conditions and its postharvest performance. In: LLÁCER, G.; BADENES, M.L. FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LOQUAT, 1, Valencia, 2002. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2003. p.171-179. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 58)

GROSS, J.; GABAI, M.; LIFSHITZ, A. Carotenoids of *Eriobotrya japonica*. *Phytochemistry*, v.12, p.1775-1782, 1973.

GUERRA, C.C. **Sistema de Produção de Uvas Rústicas para Processamento em Regiões Tropicais do Brasil**: maturação e colheita. Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 9. ISSN 1678-8761. Versão Eletrônica, dez. 2005.

GUERRA, N.B.; DAVID, P.R.B.S.; MELO, D.D.; VASCONCELOS, A.B.B.; GUERRA, M.R.M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para

determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. *Revista de Nutrição*, Campinas, v.17, n.1, p.45-52, jan./mar. 2004.

KON, M.; SHIMBA, R. Cultivar difference of carotenoids in loquat fruits. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, v.35, p.423-429, 1988.

MERCADANTE, A.Z.; EGELAND, E.S. In: BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. *Carotenoids - Handbook*. Basel, Switzerland: Birkhäuser, 2004.

NASCIMENTO, J. R. O.; VIEIRA JUNIOR, A.; BASSINELLO, P.Z.; CORDENUNSI, B.R.; MAINARDI, J.A; PURGATTO, E.; LAJOLO, F.M. Beta-amylase expression and starch degradation during banana ripening. *Postharvest Biology and Technology*, v.40, n.1, p.41-47, 2006.

OJIMA, M.; CAMPO DALL'ORTO, F.A.; BARBOSA, W.; MARTINS, F.P; SANTOS, R.R. *Cultura da nespereira*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 36p. (Boletim técnico, 185)

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (Dados da safra 2001/2002). *Ciênc. Agrotec., Lavras*, v.28, n.6, p.1336-1343, 2004.

PENTEADO, S.R.; JUNQUEIRA, W.R. Nêspereira. In: *Manual técnico das culturas*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, p.267-273, 1997.

PEROSA J.M.Y.; VIEIRA, E.M.; NITZCHE, T. Cadeia produtiva da nêspereira na região do Alto Tietê: indicadores econômicos da produção e mercado atacadista. *Rev. Bras. Frutic.*, v.28, n.2, p.214-217, agosto 2006.

PROSKY, L.; ASP, N.G.; SCHWEIZER, T.F.; DEVRIES, J.W.; FURDA, I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fibre in food and foods products. Interlaboratory study. *Journal of the Association of Analytical Chemistry*, v.71, p.1017-1023, 1988.

ROSSETTO, M.R.M.; PURGATTO, E.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Effects of gibberellic acid on sucrose accumulation and sucrose biosynthesizing enzymes activity during banana ripening. *Plant Growth Regulation*, v.41, p.207–214, 2003.

SEYMOUR, J.T.; TAYLOR, J.; TUCKER, G. *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall, 1993.

SOUCI, S.W., FACHMANN, W., KRAUT, H. *Food Composition and Nutrition Tables*. 5.ed. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers, 1091p., 1994.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). Versão 4.1. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acesso em: 17.07.2007.