

**QUALIDADE E PERFIL VOLÁTIL DE PEQUI
(*Caryocar brasiliense* Camb.) MINIMAMENTE
PROCESSADO, ARMAZENADO SOB
DIFERENTES TEMPERATURAS**

CLARISSA DAMIANI

2006

CLARISSA DAMIANI

**QUALIDADE E PERFIL VOLÁTIL DE PEQUI (*Caryocar brasiliense*
Camb.) MINIMAMENTE PROCESSADO, ARMAZENADO SOB
DIFERENTES TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

CLARISSA DAMIANI

**QUALIDADE E PERFIL VOLÁTIL DE PEQUI (*Caryocar brasiliense*
Camb.) MINIMAMENTE PROCESSADO, ARMAZENADO SOB
DIFERENTES TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 2 de agosto de 2006

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA

Prof. Dr. José Darlan Ramos - UFLA

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

AGRADECIMENTOS

A meu Deus, por ter me concedido sabedoria, capacidade, inteligência e força suficiente para chegar até aqui e por estar presente nos momentos de solidão, de aflição e por sempre falar: “Filho meu, sê forte e corajoso, porque Eu estou contigo por onde quer que andares”.

Ao meu amado esposo, por abrir mão da minha companhia e aceitar que eu continuasse os estudos, mesmo que fosse tão longe, dando-me apoio, incentivo, sem deixar de me amar.

A meus queridos pais, irmãos e avó, por me ajudarem, mesmo que distantes, a enfrentar mais essa luta, com carinho e dedicação.

A Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciência dos Alimentos) e à Universidade Federal de Goiás (Departamento de Química), por proporcionarem a infra-estrutura adequada para a realização dos experimentos.

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo custeio financeiro nos últimos 18 meses.

Ao Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por ter acreditado em minha capacidade, pela orientação, muito bem executada e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Ferri, por ter me acolhido de forma tão amável em seu laboratório e orientado nas análises de voláteis.

Aos professores Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima, Dr. Adimilson Bosco Chitarra, Ms. Paulo Roberto Clemente, Dr. Carlos José Pimenta, Dra. Joelma Pereira, Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli e Dra. Maria de Fátima Píccolo Barcelos que, por meio dos conhecimentos passados em sala de aula ou, simplesmente, por um simples ‘bate papo’ no corredor, fizeram parte da composição e execução do presente trabalho.

Aos colegas, que deixarão saudades, Júlia, Brígida, Priscila, Alexandra, Sabrina, Ludmilla, Lívia, Cibelle, Érika, Rafaela, Elizabeth, Ana Carla, Heloísa e Suzana, pelos momentos de alegria, de choro, de confraternização, de angústia, mas, agora, todos esses momentos se unem e me fazem dizer apenas duas palavras: ‘Valeu demais...’;

Ao Luiz, Nélio e Edson, pela paciência e bom humor, nos cruéis dias de análises. Muito obrigada.

A Juliana e Ellen, pela amizade e palavras de encorajamento em ocasiões cruciais.

A fiel companheira, amiga e irmã, Daniella, pela colaboração, amizade e cumplicidade oferecida a cada dia. Como agradeço a Deus pelos seus inúmeros telefonemas que, muitas vezes, faziam eu me sentir menos só.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram nesta jornada rumo ao título de mestre.

A vocês, meus sinceros agradecimentos e que Deus abençoe a cada um ricamente.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1: Qualidade de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) minimamente processado armazenado sob diferentes temperaturas	1
1 Introdução geral	2
2 Referencial teórico.....	4
2.1 Cerrado	4
2.2 O pequi.....	5
2.2.1 Descrição botânica e principais características.....	5
2.2.2 Valor nutricional.....	10
2.2.3. Utilidades.....	12
2.2.4 Importância econômica.....	14
2.2.5 Variabilidade genética	15
2.3 Processamento mínimo.....	17
2.3.1 Conceito e principais características.....	17
2.3.2 Temperatura e umidade relativa.....	22
2.3.3 Mudanças químicas, bioquímicas e físicas, de produtos minimamente processados	27
2.4 Voláteis	31
2.4.1 Definição e principais características.....	31
2.4.2 Biossíntese	33
2.4.3 Extração e quantificação dos compostos voláteis	38
3 Referências bibliográficas.....	45
CAPITULO 2: Efeitos de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) minimamente processado	59
1 Resumo	60
2 Abstract.....	61
3 Introdução	62
4 Material e Métodos	64
5 Resultados e Discussão	68
6 Conclusão	88
7 Referências bibliográficas.....	89
CAPITULO 3: Influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil do pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) armazenado sob diferentes temperaturas .	92
1 Resumo	93
2 Abstract.....	94
3 Introdução	95
4 Material e métodos.....	98

4.1 Matéria-prima	98
4.2 Processamento mínimo	98
4.3 Extração do óleo essencial	99
4.4 Identificação e quantificação do óleo essencial	99
4.5 Delineamento experimental	100
4.6 Análise estatística	101
5 Resultados e discussão	102
6 Conclusões	111
7 Referências bibliográficas	112
ANEXO	116

RESUMO

DAMIANI, Clarissa. **Qualidade e perfil volátil de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado, armazenado sob diferentes temperaturas.** Lavras: UFLA*. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em ciência dos Alimentos).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é um dos frutos mais comuns do Cerrado brasileiro, sendo utilizado nas mais diversas formas, notadamente na culinária regional onde o fruto é produzido. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de quatro diferentes temperaturas na manutenção da qualidade do pequi minimamente processado e armazenado por 15 dias ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$), 9 dias ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 3 dias ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$), por meio de análises físicas, físico-químicas, químicas e taxa respiratória. Buscou-se, também, identificar e averiguar a influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil do mesmo, armazenado nestas temperaturas, por meio da cromatografia gasosa/espectrometria de massas (CG-MS). Os frutos utilizados foram oriundos da Região Metropolitana de Belo Horizonte. A taxa respiratória e a perda de massa foram menores quanto menor a temperatura; os sólidos solúveis e acidez titulável aumentaram no decorrer do tempo de armazenamento, com conseqüente declínio no pH; o valor L^* aumentou nos pirênios a 0°C e diminuiu naqueles a 22°C ; o valor a^* e o valor b^* decresceram ao longo do armazenamento e a concentração de gases no interior das embalagens e a firmeza tiveram pouca variação. A média do rendimento do óleo essencial extraído foi de 0,0020%, 0,0022%, 0,0037% e 0,022%, para os pequis minimamente processados, armazenados a 0°C , 5°C , 10°C e 22°C , respectivamente. Foram identificados 7 componentes, em sua maioria ésteres: ácido hexanóico, hexanoato de etila, 2-hexenoato de etila, cis- β -ocimeno, octanoato de etila, 2-octenoato de etila e etil decanoato. Os voláteis determinados foram influenciados apenas pela temperatura de armazenamento. O ácido hexanóico, 2-octenoato de etila e etil decanoato não foram influenciados significativamente pelas diferentes temperaturas. Sob temperatura de 22°C foram constatadas maiores porcentagens de hexanoato de etila e menores porcentagens de octanoato de etila, em comparação à temperatura de 0°C . As temperaturas de armazenamento de 0°C e 5°C foram as mais eficazes na manutenção da qualidade de pequis minimamente processados, além de proporcionarem maior vida útil (15 dias).

*Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA (orientador), Pedro Henrique Ferri – UFG.

ABSTRACT

DAMIANI, Clarissa. **Quality and volatile profile of fresh-cut pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), stored under diferents temperatures.** Lavras: UFLA*. 2006. 127p. Dissertation (Master in Food Science).

Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) is one of the most common fruits of the Brazilian Savana, used of different forms in the regional culinary, where the fruit is produced. The objective of this work was to verify the influence of four different temperatures on the maintenance of quality of the fresh-cut fruit stored for 15 days ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $5\pm 1^{\circ}\text{C}$), 9 days ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) and 3 days ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$), through physical, physical-chemical and chemical analyses as well as respiration rate analysis, and to identify and inquire the influence of the minimal processing on the volatile profile of the product, stored under those temperatures, through the gas chromatography /mass spectrometry (GC-MS). Fruits from Belo Horizonte city/Brazil were used. The respiration rate and the mass loss were so lower such lower the temperature; the soluble solids and titratable acidity increased whereas pH decreased over the storage period; the L^* value increased in the fruits at 0°C and decreased in those at 22°C ; the a^* and b^* values decreased throughout the storage and the gases concentration into the packages and the firmness presented little variation. The average of extracted essential oil yield was 0.0020%, 0.0022%, 0.0037% and 0.022%, in the fresh-cut pequi, stored at 0, 5, 10 and 22°C , respectively. Seven compounds were identified, most of them esters: hexanoic acid, ethyl hexanoate, ethyl 2-hexenoate, cis- β -ocimene, ethyl octanoate, ethyl 2-octenoate and ethyl decanoate. The volatiles determined were influenced just by temperature of storage. The hexanoic acid, ethyl 2-octenoate and ethyl decanoate were not influenced, significantly, by different temperatures. The temperature of 22°C determined higher percentages of ethyl hexanoate and lower percentages of ethyl octanoate, in comparison to the temperature of 0°C . The temperatures of storage 0°C and 5°C were the most efficient in the maintenance of the quality of fresh-cut pequi, beyond providing greater useful life (15 days).

*Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA (Adviser), Pedro Henrique Ferri - UFG

CAPÍTULO 1

QUALIDADE E PERFIL VOLÁTIL DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) MINIMAMENTE PROCESSADO, ARMAZENADO SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

1 INTRODUÇÃO GERAL

O bioma Cerrado é muito rico em espécies frutíferas, cujos frutos se destacam, principalmente, por suas agradáveis e, até mesmo, exóticas peculiaridades sensoriais como cor, sabor e aroma, embora ainda sejam pouco explorados comercialmente ou cientificamente. Dentre as espécies deste bioma, o *Caryocar brasiliense* Camb., mais conhecido como pequi, merece destaque pela importância comercial, nutricional e gastronômica de seus frutos, o pequi.

O processamento mínimo, além de ser uma tecnologia que pode agregar valor ao pequi, pode também contribuir para a expansão de seu consumo, pois este se restringe, quase exclusivamente, às regiões onde é produzido.

No entanto, frutas e hortaliças minimamente processadas requerem especial atenção quanto à temperatura e ao tempo de armazenamento. A utilização da refrigeração está baseada na idéia de que as baixas temperaturas retardam o crescimento da maioria dos microrganismos, diminuem a taxa respiratória e são eficazes na redução das atividades enzimáticas, prolongando, assim, a vida útil do produto.

Neste contexto, o primeiro capítulo deste trabalho apresenta uma revisão de literatura referente às características do fruto, do processamento mínimo e dos componentes voláteis, em geral.

O segundo capítulo aborda a influência de quatro diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) na manutenção da qualidade de pequis minimamente processados, armazenados por até 15 dias, por meio de análises físicas, físico-químicas, químicas e taxa respiratória, com o intuito de verificar a melhor temperatura de armazenamento para esse tipo de produto.

O terceiro, e último capítulo é um estudo da influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil dos frutos, uma vez que a tecnologia do processamento mínimo, juntamente com a temperatura e o tempo de armazenamento prolongado, pode descaracterizar o pequi em relação a sua peculiaridade mais atraente, seu aroma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cerrado

O Brasil é o país que possui a maior diversidade biológica do planeta, abrigando, aproximadamente, 30% (55.000) das espécies de plantas e de animais existentes no mundo (Silva, J. et al., 1994). Estas ricas fauna e flora encontram-se distribuídas no espaço geográfico brasileiro em seis grandes biomas: Cerrado, Campos e Florestas Meridionais, Floresta Atlântica, Caatinga, Floresta Amazônica e Pantanal (Ribeiro & Walter, 1998; Vieira & Martins, 1998).

O Cerrado está localizado, basicamente, no Planalto Central do Brasil e constitui o segundo maior bioma do país em área, sendo apenas superado pela Floresta Amazônica. Abrange, como área contínua, os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte do estado da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo. Também ocorre em áreas disjuntas ao norte dos estados do Amapá, Amazônia, Pará e Roraima e ao sul, em pequenas áreas do Pará (Ribeiro & Walter, 1998). Como consequência de sua extensão, apresenta grande variabilidade de clima e solos, e, certamente, grande diversidade de fauna e flora (Silva, J. et al., 1994; Ribeiro & Walter, 1998).

Este bioma apresenta duas estações bem definidas, com 4 a 6 meses de seca durante o inverno e precipitação variando de 600 a 2.200mm anuais, sendo que 65% da área recebem entre 1.200 e 1.800mm (Álvares-da-Silva, 1996).

O cerrado é composto de um agrupamento de árvores baixas, com ramificações irregulares, troncos retorcidos com casca grossa, folhas coriáceas e caducas, distribuídas sobre um estrato herbáceo e subarbustivo. As veredas são formadas de buritis e árvores de campo limpo de solos úmidos, os quais são pobres em nutrientes, mas apresentam excelentes características físicas, como

bom arejamento, boa drenagem, sendo ainda planos e profundos (Ferri, 1975; Silva et al., 1992).

As espécies nativas do cerrado possuem grande potencial para utilização, relacionado com suas múltiplas utilidades e com sua adaptação ao ambiente. Essas espécies são reproduzidas, principalmente, via sementes, o que garante, de forma essencial, a manutenção da variabilidade genética (Dignart, 1998).

Segundo Barbosa (1996), a região do cerrado apresenta grande número de espécies frutíferas com frutos comestíveis que são utilizados por populações humanas há muito tempo. Estas frutas nativas são consumidas tanto ao natural quanto na forma de doces, mingaus, bolos, pães, biscoitos, geléias e licores (Almeida, 1998a). Dentre as frutíferas nativas do cerrado, o pequi merece atenção especial, seja pela sua elevada incidência nos cerrados ou pelas características sensoriais de sua polpa.

2.2 O pequi

2.2.1 Descrição botânica e principais características

Os nomes comuns piqui, piquiá, pequerim, amêndoa-de-espinho, almendro, barbasco, grão-de-cavalo, suari ou pequi têm sua origem no tupi, em que “py” significa casca e “qui” corresponde à espinho, originando casca espinhosa, possivelmente devido ao caroço do fruto ser revestido por finos espinhos (Almeida & Silva, 1994; Ribeiro, 2000).

O pequi é uma planta arbórea (Figura 1a), com aproximadamente 10 m de altura, com tronco tortuoso de casca áspera e rugosa, cinza escura, fendida, ramos grossos, pertencente à classe Magnoliopsida (Dicotyledonae), ordem Guttiferales, família *Caryocaraceae* e ao gênero *Caryocar* L., que abrange cerca de 20 espécies (Ferri, 1969). No Brasil, ocorrem, pelo menos, oito

dessas espécies, sendo a maioria de porte alto e compondo a vegetação da floresta amazônica. As espécies mais comuns do gênero *Caryocar* é a espécie *C. brasiliense*, a qual possui o menor porte, podendo atingir até 15 m de altura (Martins & Oliveira, 1983; Silva et al., 2001).

As folhas pilosas são formadas por três folíolos com as bordas recortadas. As flores são grandes e amarelas, com múltiplos estames, quatro estiletos, surgindo durante os meses de setembro a dezembro (Figura 1b). Segundo Almeida et al. (1998), a floração ocorre de agosto a novembro (chuvas), com pico em setembro, mas, ocasionalmente, em outras épocas após as chuvas ou roçados. Prefere climas quentes, sendo ideais as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, no entanto o desenvolvimento das mudas é lento. A frutificação ocorre, geralmente, nos meses de janeiro a março, embora possam ser encontrados frutos em dezembro e abril. Cada planta fornece, em média, até 6 mil frutos ao ano; contudo, a frutificação não é regular, havendo anos de grande produção e anos de produção baixa (Barradas, 1972; Andersen & Andersen, 1989).



FIGURA 1 Pequizeiro (A) com suas folhas e flor (B).

Os frutos alcançam a maturidade entre três e quatro meses após a floração. Rodrigues (2005), estudando a caracterização do ciclo vital do pequi no Sul de Minas Gerais, verificou que, desde a abertura da flor até a fruto amadurecido, ele compreende um período de 84 dias. A dispersão das sementes é realizada por dois vetores, um marsupial como o gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) e um corvídeo como a gralha-do-cerrado (*Cyanocorax cristatellus*) (Gribel, 1986).

O fruto é globoso, do tipo drupóide (com 3,2 x 6,5 a 7,8 cm), verde, possui de 1 a 4 pirênios (Figura 2a), sendo mais comuns os que apresentam de um (57%) a dois (31%) (Barradas, 1972; Silva, 1991; Silva, J. et al., 1994; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, 1994). É uma estrutura composta pelo epicarpo fino, pelo mesocarpo externo, que é coriáceo-carnoso; mesocarpo interno, amarelo-claro, carnoso, rico em óleo, vitaminas e proteínas, que envolve uma camada de espinhos endocárpicos, finos e rígidos,

com 2 a 5 mm de comprimento, e amêndoa branca ou semente (Figura 2b) (Barradas, 1972). O conjunto mesocarpo interno, endocarpo espinhoso e semente constitui o pirênio.

Tanto os frutos jovens como os maduros possuem o epicarpo com coloração verde, mas os maduros exalam forte aroma, o qual constitui a sua característica mais significativa (Siqueira et al., 1997; Almeida, 1998b; Silva et al., 2001).

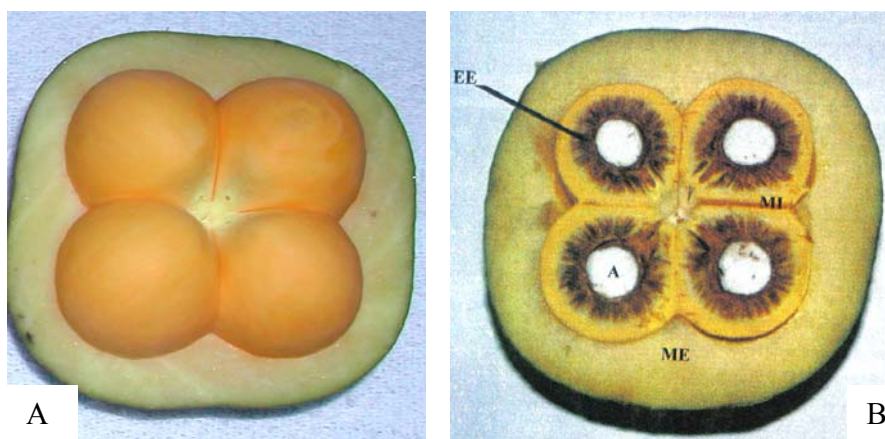


FIGURA 2 Ilustração do fruto de *Caryocar brasiliense* Camb. (A) com o corte transversal (B): mesocarpo externo (ME), mesocarpo interno (MI), endocarpo lenhoso ou espinhoso (EE) e amêndoa (A).

O pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) é o símbolo máximo da goianidade, embora seja encontrado também nos estados de Rondônia (ao leste), Mato Grosso, Mato Grosso do Sul (no nordeste), Pará (sudoeste), Tocantins, Maranhão (extremo sul), Piauí (extremo sul), Bahia (oeste), Distrito de Federal e Minas Gerais (norte e oeste).

Sua história de amor com Goiânia começou há séculos, nas antigas vilas do Meia Ponte (hoje Pirenópolis) e Vila Boa (Cidade de Goiás), ainda no início do século XVIII. Entretanto, no rico sul goiano, mais especificamente na região que cerca a cidade industrial de Catalão, ele era utilizado somente para a fabricação do lendário sabão de pequi, de reconhecidas propriedades terapêuticas, uma vez que a região era influenciada pelos triangulinos, povo de origem paulista-goiana, cujo território foi anexado por Minas Gerais no século XIX.

Contudo, no ano de 2001, em concurso realizado pelo Instituto Estadual de Floresta de Minas Gerais, o pequizeiro foi eleito árvore símbolo do estado (Minas Gerais, 2005). A incidência do pequizeiro *C. brasiliense* Camb. é quase uma constante no cerrado mineiro (80% do território), estando perfeitamente adaptado às condições ecológicas do meio, vegetando e frutificando, satisfatoriamente, em grandes extensões da região Norte de Minas Gerais. A altitude varia entre 400 e 800m, distribuindo-se em uma faixa ampla a noroeste, norte e nordeste do estado, de clima entre o tropical úmido do cerrado com inverno e o quente seco com chuvas de verão, cujos valores de temperatura média oscilam entre 20°C e 28°C. O regime de precipitação é de 800mm anuais, com umidade de 75% a 80% no verão e 50% a 60% no inverno (Martins & oliveira, 1983; Brasil, 1985).

Na verdade, a paisagem florística dos cerrados ou das caatingas no norte de Minas Gerais mostra, quase sempre, a silhueta inconfundível do pequizeiro, com seus galhos tortuosos sobressaindo da vegetação seca pela imponência de seu porte e constituindo-se em elemento vital à preservação da fauna silvestre (Brasil, 1985).

Sua produção não é estável, havendo anos de safra abundante e anos de produção escassa, irregularidade decorrente de diferenças climáticas, sobretudo, por ocasião do período pós-floração (Brasil, 1985). Em anos de muita chuva,

produz pouco; ao contrário, nos de seca a produção é maior. Tanto que, nas regiões interioranas, existe um adágio popular muito conhecido: "ano de pequi, ano de crise". A chuva derruba as flores antes da fecundação, o que reduz a produção.

A queda natural do fruto, no estágio de maturação completa, representa, certamente, um dos problemas sérios a serem enfrentados nos cultivos intensivos da espécie, pois, chocando-se ao solo, o fruto, normalmente, se rompe, expondo o caroço oleaginoso à umidade e ao ar, favorecendo a sua decomposição química e biológica (Brasil, 1985).

Com o desmatamento acelerado e a conseqüente preservação do pequizeiro, tem ocorrido uma modificação expressiva no ecossistema, gerando uma monocultura nativa com decorrentes danos à safra de pequi pela ação direta de percevejos e outros insetos durante o período de floração e frutificação (Teixeira et al., 2003).

2.2.2 Valor nutricional

Segundo Almeida & Silva (1994), o peso médio do fruto é de, aproximadamente, 120 g, dos quais a casca (epicarpo e mesocarpo externo) representa 82%, o endocarpo 4,6%, o mesocarpo interno 7% e a amêndoa cerca de 1%. A composição centesimal do mesocarpo interno, na matéria seca, pesquisada por Sano & Almeida (1998), corresponde a 56,77% de umidade, 2,64% de proteínas, 20,21% de extrato etéreo, 0,72% de cinzas, 11,60% de fibras e 19,66% de glicídios totais, fornecendo um total de 225 kcal. 100g⁻¹. Valores próximos foram encontrados por Rodrigues et al. (2004c), ao estudarem a composição centesimal dos pirênios provenientes do sul e norte de Minas Gerais, a saber: 49,2% e 59,1% de umidade, 4,2% e 2,2% de proteína, 20,5% e 25,1% de gordura, 0,4% e 0,5% de cinzas, 6,8% e 4,9% de fibras e 18,9% e

8,2% de glicídios, fornecendo um total de 267,9 kcal e 267,5 kcal, respectivamente e por Vilas Boas (2004), no que diz respeito aos teores de fibra (13%) e carboidratos totais (19,6%).

Altamente calórico, além do sabor perfumado e único que faz com que seja usado como ingrediente e condimento no preparo de vários pratos, o mesocarpo interno do pequi contém uma boa quantidade de óleo comestível, assim como a amêndoa (47%) e é rico em vitamina A. Assim, transforma-se também em importante elemento na complementação alimentar e na nutrição de toda uma população (Oliveira, 1988).

A parte comestível do pequi (mesocarpo interno) apresenta alto teor de caroteno ($120\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), riboflavina e tiamina (Almeida & Silva, 1994; Brasil, 1985). Contém, ainda, $78,3\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de vitamina C, valor acima de quatro frutas tradicionalmente cultivadas e consumidas pela população brasileira, como Laranja 'Pêra' ($40,9\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), limão ($26,4\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), banana 'd'água' ($6,4\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e maçã 'Argentina' ($59\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) (Sano & Almeida, 1998).

O valor médio de carotenóides no mesocarpo interno cru é de $231,09\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Entre os pigmentos, a anteraxantina foi encontrada em maior porcentagem (40,54%), seguida pela zeaxantina (34,24%), criptoflavina (7,70%), β -caroteno (6,35%), β -criptoxantina (5,25%), γ -caroteno (4,05%) e mutatoxantina (1,87%) (Ramos et al., 2001).

Quanto aos minerais, o mesocarpo interno do pequi coletado em Goiás apresentou Na ($20,9\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Fe ($15,57\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mn ($5,69\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn ($5,32\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cu ($4\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mg ($0,05\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), P ($0,06\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e K ($0,18\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), sendo que a amêndoa apresentou Na ($2,96\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Fe ($26,82\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mn ($14,37\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn ($53,63\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e Cu ($15,93\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (Angeloni et al., 2004).

A castanha do pequi é rica em zinco e em vitamina C, os quais protegem contra a formação dos radicais livres e auxiliam no retardamento da velhice (Gomes, 2005).

A acidez titulável encontrada por Vilas Boas (2004) nos pirênios de pequi foi de 0,9% a 2,0%, os teores de sólidos solúveis de 5,0 a 9,0 e pH de 4,57 a 5,57. Sano e Almeida (1998) relatam pH de 5,6.

2.2.3 Utilidades

Várias espécies do Cerrado mostram potencial econômico, podendo ser lucrativas para pequenos produtores, como ornamentais, melíferas, alimentares, medicinais, madeiras, corticosas, oleaginosas, tinturais, na produção de fibras e de arranjos artesanais, dentre outras (Almeida, 1997).

O pequizeiro é uma planta muito versátil no que diz respeito as suas utilidades, pois dela se aproveita praticamente tudo. Seu fruto (pirênio) é utilizado das mais variadas formas: cozido no arroz ou no frango, com macarrão, com peixe, com carnes, com leite, em pão-de-queijo, em geléia, em bala de goma, no pão doce, no casadinho, no brigadeiro, no patê, em sequilhos, em croquetes, em sorvetes e na forma de um dos mais afamados licores de Goiás, cujo grande atrativo, além do sabor, são os cristais que se formam, que dizem ser afrodisíacos. Há também uma boa variedade de receitas de doces aromatizados com seu sabor.

Comer pequi, apesar de saudável e agradável, requer certos cuidados, principalmente com a camada logo abaixo da polpa (mesocarpo interno) que é recoberta por espinhos, podendo ferir a língua e o céu da boca. O sabor vale, porém, o risco.

Apesar disso, não há unanimidade. Algumas pessoas não toleram o cheiro do fruto maduro, enquanto outras o apreciam verdadeiramente. Atualmente, é possível encontrar a polpa do pequi (pirênio) ou a própria fruta inteira congelada, mas, seus apreciadores preferem o pequi apanhado do chão e degustado na hora, cujo amadurecimento é pleno.

Os frutos também são ingeridos pelos bovinos, mas o endocarpo espinhoso pode provocar acidentes. As flores são importantes na alimentação de animais silvestres, como paca, veado-campeiro e mateiro, e as árvores floridas são utilizadas como pontos de espera da caça (Almeida et al., 1998b).

O óleo dos pirênio tem propriedades medicinais, sendo utilizado contra bronquites, gripes e resfriados e no controle de tumores. É comum o óleo ser misturado ao mel de abelha ou à banha de capivara, em partes iguais e a mistura resultante ser usada como expectorante. Também pode ser empregado como lubrificante e combustível para iluminação nas zonas rurais mais interioranas (Brasil, 1985). O chá das folhas é tido como regulador do fluxo menstrual (Almeida et al., 1998b). O extrato etanólico das folhas apresenta atividade antitumoral, contendo o ácido oleanólico, friedelina e friedelan-3-ol, além de β -sitosterol, estigmasterol e ácido elágico (Brasil, 1985).

Na indústria cosmética, fabricam-se cremes para a pele. Da casca e das folhas extraem-se corantes amarelos de ótima qualidade, empregados em tinturaria caseira (Silva Filho, 1992, Almeida et al., 1998b).

A madeira goza de grande prestígio na região amazônica pela sua dureza, sendo praticamente, imputrescível e utilizada na marcenaria e na carpintaria, sobretudo nos casos em que exigem durabilidade dos materiais, como na construção civil e naval, na construção de esteios de curral, mourões, estacas, pilares, dormentes e xilografia. Também é usada na fabricação de móveis, além de ser fonte de carvão para siderurgias.

Nos últimos anos, o fogo das caieiras e das queimadas tem sido o maior responsável pela considerável diminuição dos exemplares nativos do pequiheiro no Cerrado. Devido a isso, foram proibidos, por lei, desde 1987, o corte e a comercialização da madeira, segundo Portaria n°54 de 5 de maio de 1987, baixada pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) hoje

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Batista 1987; Werneck, 2001; Ribeiro, 2003).

2.2.4 Importância econômica

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é, com certeza, uma das plantas com maior valor econômico na região central do país, ou seja, com um alto grau de aproveitamento, não só pelos seus frutos, mas, pela árvore, como um todo.

Em janeiro, os animais silvestres se alvoroçam com os primeiros frutos, incluindo abelhas e outros insetos, pássaros de todos os tamanhos, pequenos e médios, roedores e os mamíferos do Cerrado; depois, os homens, com famílias inteiras, se deslocam para iniciar a "apanha" do pequi, que se desprende facilmente dos ramos das árvores nativas, espalhando-se pelos cerrados e matas do Brasil Central. Logo mais, a fruta já pode ser encontrada por todo o lado, nas pequenas vilas ou nas ruas centrais de cidades grandes, como Goiânia, Brasília e até Belo Horizonte, vendida por ambulantes.

Segundo Chévez Pozo (1997) os frutos do pequi representam fonte extra de renda para a população do Cerrado, que se dedica à coleta extrativista, destinando-os para indústrias ou para o consumo. O pequi contribui com 17,73% da renda familiar, atrás apenas do feijão (35,52%) e da mandioca (32,64%) (Chevez Pozo, 1997).

Os catadores são pessoas de baixa renda e moradores de regiões carentes. Na tarefa de catar pequis é envolvida toda a família, inclusive as crianças que, após o dia de trabalho, vão vendê-los à beira de estradas ou a atravessadores que recolhem a produção da região e levam para ser comercializada nos centros consumidores, como Goiânia, GO ou Montes Claros, MG. Os valores pagos aos catadores são muito baixos, pouco auxiliando para a

melhoria de vida daquela população, uma vez que a produção é sazonal. Na entressafra, essas pessoas têm que buscar outras atividades para garantir a sobrevivência (Moura & Rolim, 2003).

Os pirênios “in natura” são destinados, além da culinária típica, a pequenos fabricantes de conservas vegetais que processam o fruto sem o conhecimento técnico necessário, colocando em risco a saúde do consumidor e, também, a credibilidade do produto.

Outra forma utilizada para a obtenção de renda com o pequi é pela extração do óleo, que é feita, às vezes, com o fruto que foi catado e não vendido “in natura”. O processo utilizado para a extração é muito rudimentar e com baixa produção, produtividade e qualidade. O óleo obtido é vendido nos centros de comercialização, Central de Abastecimento S.A. (CEASA) e mercados municipais, também a preços baixos, além de atravessadores que revendem o produto com nova embalagem e a preços significativamente maiores (Santos et al., 2005).

Em 2004, na CEASA-GO foram comercializadas 4,2 mil toneladas de pequi. Na safra de setembro a janeiro/2006, o preço médio da caixa de pequi com 32 quilos de frutos situou-se entre 13 e 15 reais (Gomes, 2005).

A castanha, que pode ser utilizada como ingrediente de farofas, doces e paçocas, é comercializada ‘in natura’, chegando a custar R\$1,00 a medida de 20 a 24 unidades (Santos et al., 2005).

2.2.5 Variabilidade genética

A maior preocupação dos pesquisadores brasileiros é que, com o desmatamento indiscriminado e o surgimento de doenças fúngicas, se perca a diversidade genética do pequi, como tamanho da folha, do fruto, espessura da casca e da polpa (Gomes, 2005). O peso do fruto pode variar bastante,

dependendo da origem, do tipo de solo e também das condições climáticas diferentes, que podem ser acentuadas, até mesmo em áreas contínuas de uma dada microrregião (Brasil. 1985).

No estado de Goiás foram identificadas 300 espécies de pequizeiro em quase 30 municípios. Para preservar o legítimo pequi, foi criado, em 2004, em Porangatu, GO, um banco genético com cerca de 900 plantas (Gomes, 2005).

A árvore, possuindo flores hermafroditas, apresenta inflorescência racemo terminal curta, com 10 a 30 flores, possibilita taxas de cruzamento que caracterizam a espécie como alógama (Oliveira, 1998). Estudos realizados com marcadores isoenzimáticos e morfológicos têm mostrado uma grande variabilidade genética dentro de subpopulações, com valores bem próximos de zero para a variabilidade genética entre subpopulações (Oliveira, 1998), o que é característico de populações alógamas sem restrições ao fluxo gênico.

Segundo Oliveira (1998), que pesquisou a variabilidade genética entre e dentro de populações de pequi no estado de Goiás, a maior porção da variabilidade genética total é encontrada dentro de populações, como consequência do elevado fluxo gênico, decorrente da dispersão de pólen e sementes a longas distâncias e uma alta taxa de fecundação cruzada (84%). Essas populações formam uma única e grande população que vem sendo fragmentada pela ação antrópica, mas ainda se mantém unida pelo elevado fluxo gênico. Esses mesmos autores relatam que os caracteres que mais contribuíram para a divergência entre as populações foram: germinação, tamanho do fruto e taxa de desenvolvimento das plântulas, o que sugere um processo, em andamento, de adaptação de diferentes condições locais e a atuação de derivada genética. A taxa de endogamia média das populações encontrada foi de 33%, resultado do isolamento atual das populações, da polinização entre plantas vizinhas e dentro da própria planta, e da sobreposição de gerações.

Já Vilela et al. (1996), em um trabalho visando avaliar a variação inter e intrapopulacional para o teor de carotenóides de pequi de diferentes regiões do estado de Minas Gerais, observaram uma variação significativa entre as origens, tendo os frutos procedentes de Lavras se destacado, com teor médio de caroteno igual a $15,49 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$. O menor valor observado foi de $4,05 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$, na amostra de uma árvore que apresentou frutos de polpa branca. O percentual de variação entre o menor e o maior valor foi de 570%, evidenciando o potencial para melhoramento genético na espécie.

Bellon et al. (2004), utilizando os marcadores moleculares do DNA, evidenciaram a variabilidade genética das matrizes de pequi analisadas, a qual foi respaldada por uma grande variabilidade fenotípica dos frutos das matrizes, tanto em forma como coloração.

Naves et al. (2004) e Nascimento et al. (2004) concluíram que a contribuição para a variação de caracteres físicos de frutos, atribuídos às regiões, às plantas e aos próprios frutos nas plantas, é muito grande. Em outras palavras, os frutos são diferentes entre áreas, bem como entre plantas e entre frutos na mesma planta. Os frutos oriundos das regiões estudadas por estes autores apresentaram também características químicas diferentes. Resultados similares obtiveram Rodrigues et al. (2004c), que concluíram que o pequi (pirênio) alterna, significativamente, sua composição química, de acordo com a região de origem, podendo ser atribuída, essa diferença, ao clima, aos tratos culturais, ao solo, etc.

2.3 Processamento mínimo

2.3.1 Conceito e principais características

Atualmente, a sociedade vem buscando novos produtos que atendam às suas necessidades, tanto nos aspectos de qualidade como de praticidade. Na área

dos alimentos, principalmente no que se refere às frutas e hortaliças, observa-se, além das exigências comuns aos demais produtos, uma preocupação crescente com a sanidade e o valor nutritivo, ressaltando sua aparência e características sensoriais ideais. Além disso, têm ocorrido mudanças consideráveis nos hábitos alimentares do brasileiro, notadamente nas populações de classe média a média alta. A participação efetiva da mulher no mercado de trabalho, com pouca disponibilidade de tempo para o preparo tradicional de alimentos, o envelhecimento da população, o crescente aumento de pessoas morando sozinhas, principalmente nas grandes cidades, o aumento do poder aquisitivo decorrente da valorização da moeda e o avanço no uso de novas tecnologias na indústria de alimentos são os principais fatores de influência nessas mudanças (Chitarra, 2001; Embrapa, 2003).

Essas exigências dos consumidores, aliadas à busca por alimentos que mantenham seu frescor característico, têm contribuído para o crescimento do mercado de produtos minimamente processados.

Frutas e hortaliças minimamente processadas são definidas como sendo produtos que passam por operações como seleção, lavagem, descascamento e corte, os quais eliminam as partes não comestíveis dos mesmos, como casca, talos e sementes, seguida do preparo em tamanhos menores e prontos para consumo imediato (100% aproveitável), sem que o vegetal perca a condição de produto ainda fresco, com qualidade e garantia de sanidade (Durigan, 2000; IFPA, 2006).

Segundo Rolle & Chism (1987), Huxsoll e Bollin (1989), Cantwell (1992), Nguyenthe e Carlin (1994), “as frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos que devem apresentar atributos de conveniência e qualidade semelhantes aos frescos”.

A praticidade, a rapidez no preparo, a eliminação de desperdício, o frescor e a higiene são citados, pela maioria dos pesquisadores, como as

principais qualidades destes produtos (Huxsoll & Bollin, 1989; Schlimme, 1995; Watada & Qi, 1999). Eles são encontrados nas grandes redes de supermercados, embalados em sacos plásticos, hermeticamente fechados ou em bandejas cobertas com filme de polietileno, a maioria a semi-vácuo, ou sob atmosfera modificada, em forma de saladas ou como produto individual, prontos para o consumo “in natura”.

O objetivo principal da produção e comercialização desses produtos é incentivar o consumo de vegetais e alguns produtores até oferecem sachê de molho e garfo descartável em porções individuais para o consumo imediato na rua ou local de trabalho. Outros apresentam uma mistura de folhas picadas ou rasgadas, e outros vegetais usados no preparo de pratos orientais como “te panyak” e “yakissoba”.

Muitos sinônimos são usados para o termo minimamente processado, incluindo “fresh-cut”, levemente processado, parcialmente processado, pré-cortados, convenientes e produtos com valor agregado (Cantwell & Suslow, 2002).

Segundo Chitarra (1998a), o fluxograma básico de produção de frutas e hortaliças minimamente processadas envolve uma seqüência de operações desde a colheita até a comercialização, que pode sofrer variações de acordo com o tipo de produto processado. São elas: colheita, pré-resfriamento, processamento no campo, transporte, recepção (seleção, pesagem, classificação), limpeza, lavagem, descascamento, corte, lavagem, centrifugação, embalagem, armazenamento refrigerado, distribuição e comercialização, os quais são descritos a seguir:

- colheita: a maturidade das frutas e hortaliças é um importante atributo de qualidade, pois os vegetais imaturos carecem de boa característica sensorial e, por outro lado, os completamente maduros possuem vida de prateleira reduzida (Vilas Boas & Kader, 2001). É aconselhável colher os vegetais maduros, porém,

ainda não maduros, para evitar danos mecânicos durante a manipulação (Martin-Belloso & Rojas-Grau, 2005);

- pré-resfriamento, processamento no campo e transporte: após a colheita, os produtos são resfriados para diminuir a temperatura do campo e o calor vital. Em seguida, são pré-selecionados e transportados para os locais de manipulação em caminhões, sem ou com refrigeração, dependendo da distância a ser percorrida (Martin-Belloso & Rojas-Grau, 2005), evitando movimentos bruscos e estando em condições higiênico-sanitárias adequadas para impedir possíveis contaminações microbiológicas (Gonzalez & Lobo, 2005);

- recepção (seleção, pesagem, classificação): tem como objetivo assegurar a homogeneidade e qualidade da matéria-prima (Gonzalez & Lobo, 2005);

- lavagem: enxágüe com água fria pode ser benéfico para diminuir e ajudar a manter a temperatura baixa. A temperatura da água deve estar o mais próximo possível de 0°C para que se alcancem os melhores benefícios (Brecht, 1995);

- descascamento e corte: o corte é uma operação essencial no processo de produção, definindo a apresentação do produto final. Os diferentes tipos de cortes desencadeiam respostas distintas em todos os processos fisiológicos, como taxa respiratória, produção de etileno, escurecimento, perda de firmeza e variações na cor. Enfim, todas as características relacionadas com a aparência final do produto são altamente dependentes do tipo de corte e da espessura do mesmo (Silva et al., 2005). Durante toda a etapa de manuseio é fundamental que seja mantido o nível mais baixo e seguro da temperatura (Brecht, 1995);

- embalagem: necessária para limitar danos mecânicos ao produto durante o transporte e a distribuição, como também para evitar a contaminação e alterações por mofo, leveduras e bactérias (Silva, E et al., 1994). Ela estende a vida de armazenamento, retardando a perda de sabor, aroma, vapor d'água,

contudo não elimina a necessidade de refrigeração (Wiley, 1994; Baldwin et al., 1995). A tecnologia da embalagem é indispensável para os produtos minimamente processados, pois se empenha em alcançar o equilíbrio entre a demanda por oxigênio e a permeabilidade do material à transmissão de O₂ e CO₂ (Cantwell, 2000a);

- armazenamento refrigerado: baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e pontos de vendas diminuem os processos metabólicos, reduzem a deterioração e minimizam os efeitos do etileno (Brecht, 1995).

Depois de todas essas etapas, os produtos minimamente processados devem, basicamente, apresentar frescor característico do produto *in natura*, mostrar qualidade consistente através da embalagem e estar razoavelmente livres de defeitos. Não podem ser conservados com aditivos químicos (Cantwell, 1992; Nguyenthe & Carlin, 1994; Wiley, 1994; Cantwell & Suslow, 2002), devem reduzir o tempo de preparo das refeições e ter maior padronização, qualidade consistente, menor espaço para estocagem e redução do desperdício (Cenci, 2000).

Na Espanha, a comercialização deste tipo de produto cresceu 20% em 2005, alcançando produção de 40.000 toneladas, movimentando aproximadamente, 180 milhões de euros (Lobo & González, 2006). Nos Estados Unidos movimentam, anualmente, cerca de 12 bilhões de dólares, desde a sua introdução no mercado consumidor há, aproximadamente, 30 anos (IFPA, 2006).

No Brasil, o processamento mínimo de frutos e hortaliças foi introduzido na década de 1990, por algumas empresas atraídas pela nova tendência do mercado, ainda em expansão, movimentando, na época, R\$ 450 milhões (Brasil, 1999). Embora o consumo desses produtos em nosso país seja ainda incipiente, observa-se um rápido crescimento nos grandes e médios centros urbanos, com tendência a expandir-se para regiões médias (Embrapa,

2003). O principal público alvo são os “fast foods”, embora também sejam comercializados em supermercados, cozinhas industriais e institucionais e empresas de “catering” (Chitarra, 1998a; Embrapa, 2003; Puschmann et al., 2006). O alto valor agregado desses produtos melhora a competitividade do setor de produção de frutas e hortaliças, proporcionando canais alternativos de comercialização e escoamento, por meio dos quais se espera um importante impacto econômico e social (Embrapa, 2003).

Nos últimos dez anos, a pesquisa com frutas e hortaliças minimamente processadas cresceu notadamente. Existem, atualmente, cerca de 21 grupos de pesquisa ativos, com parcerias nacionais e internacionais (Puschmann et al., 2006).

2.3.2 Temperatura e umidade relativa

Alguns fatores podem interferir na qualidade dos produtos minimamente processados, como tempo de armazenamento do produto, condições de sanitificação, processamento, embalagem, temperatura e umidade relativa (Deliza, 2000).

A conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas é um método especialmente complexo, do qual participam as células vegetais danificadas, as intactas e as inativas. Em outras palavras, algumas células se encontram respirando em velocidade normal, enquanto as danificadas respiram em velocidades maiores (Rolle & Chism, 1987).

A temperatura é o mais importante fator ambiental que afeta a vida pós-colheita de vegetais, por causa do seu dramático efeito sobre as taxas de reações metabólicas, incluindo a respiração. Dentro de uma faixa de temperatura fisiológica, a velocidade de uma reação biológica é incrementada duas a três vezes para cada aumento de 10°C na temperatura (Vilas Boas, 2002; Cortez et

al., 2002) até a temperatura de 30°C. Acima desta temperatura, a taxa respiratória começa a diminuir, ocorrendo a morte do produto por altas temperaturas, pois afeta diretamente os processos vitais como respiração e produção de calor vital, maturação, produção de etileno e perda de massa (Chitarra & Chitarra, 1990; Chitarra & Prado, 2002).

Vant'Hoff, ao final do século XIX, deu a esse aumento nas reações metabólicas com o incremento da temperatura o nome de Q_{10} (Kluge et al., 2002). Dentro da variação fisiológica de cada espécie, a taxa respiratória, normalmente, aumenta com a elevação da temperatura, principalmente na faixa de 5°C a 20°C (Chitarra & Alves, 2001), determinando a velocidade das reações bioquímicas associadas à senescência (Wills et al., 1998). Bron et al. (2005), estudando as mudanças na taxa respiratória e no coeficiente Q_{10} de goiabas, armazenadas em diferentes temperaturas (1°C, 11°C, 21°C, 31°C e 41°C), verificaram que às temperaturas de 1°C e 11°C, as taxas respiratórias foram menores, aumentando, gradativamente, até 31°C e decaindo a 41°C, devido à alta temperatura; já em relação ao coeficiente Q_{10} , este foi maior às temperaturas de 1°C, 11°C e 21°C, decrescendo às temperaturas de 31°C e 41°C.

A determinação da temperatura ideal de armazenamento do produto deve ser monitorada e estudada para a segurança e qualidade (Brecht, 1995). Frutos e hortaliças são, fisiologicamente, muito diversos e respondem a baixas temperaturas de maneiras variadas (Cantwell, 2000b). Embora a temperatura a 0°C seja desejável para alguns produtos, a maioria é armazenada a 5°C e, algumas vezes, sob temperaturas mais elevadas, como 10°C. Contudo, armazenar a essa temperatura mais elevada pode apressar a deterioração, devido ao quociente de temperatura de respiração (Q_{10}) das reações biológicas (Kader, 2002). Além disso, vegetais como banana, abóbora, pepino e tomate sofrem injúria pelo frio, sob temperaturas inferiores a aproximadamente 11°C, enquanto

que certas cultivares de pêra e maçã podem suportar longos períodos de armazenamento a 0°C (Chitarra, 1998b).

A ascensão respiratória caracteriza-se pelo aumento no consumo de O₂ e na liberação de CO₂. Nesse processo energético, cerca de 40% da energia gerada pela quebra do carbono é utilizada pelo tecido vegetal para manter a vida das células. Os outros 60% da energia gerada são perdidos na forma de calor vital e, se colocadas em ambientes fechados, tendem a aumentar a temperatura do ambiente (Honório & Moretti, 2002). A taxa respiratória, além de servir como indicador da atividade metabólica, é útil para a determinação da vida de prateleira no armazenamento (Glenn et al., 1988), portanto, o controle da respiração é fundamental para os produtos minimamente processados, o que obriga a sua comercialização sob refrigeração. Segundo Cantwell (1992) e Watada et al. (1996), a taxa respiratória dos produtos minimamente processados é muitas vezes superior a do produto inteiro.

Por outro lado, baixas temperaturas podem enfraquecer os tecidos sensíveis ao frio, causando maior susceptibilidade às deteriorações fisiológicas e patológicas, desenvolvimento de escurecimento nos tecidos e odor indesejável (Wang, 2006).

O tecido afetado pelo frio pode ter níveis reduzidos de voláteis e pode desenvolver aromas indesejáveis, gerando qualidade inferior e menor vida de prateleira (Wang, 2006).

O controle da temperatura é, também, muito importante para minimizar os efeitos dos ferimentos aos tecidos nos produtos minimamente processados (Brecht, 1995). Para estes produtos, a cadeia de frio deve começar, preferencialmente, logo após a colheita, pois o pré-resfriamento da matéria-prima prolonga a vida útil dos mesmos. A utilização do armazenamento refrigerado para frutas e hortaliças minimamente processadas se baseia na idéia de que as baixas temperaturas retardam o crescimento da maioria dos

microrganismos, diminuem a taxa respiratória e são eficazes para reduzir as atividades enzimáticas (Chitarra & Chitarra, 1990; Willey, 1994; Cantwell, 2000a; Luengo & Calbo, 2001). Portanto, a diminuição na temperatura aumenta a vida útil dos produtos, uma vez que retarda os processos fisiológicos dos mesmos (Wills et al., 1981), reduzindo as perdas de aroma, sabor, cor, textura e outros atributos de qualidade do produto armazenado (Antunes et al., 2003).

Donadon et al. (2004), estudando o efeito do tipo de descasque (manual, mecânico e enzimático) e de diferentes temperaturas de armazenamento (5°C, 10°C e ambiente) em laranjas ‘pêras’ minimamente processadas, verificaram que quanto maior a temperatura de armazenamento, menor a vida útil do produto, independentemente do tipo de descasque. As laranjas minimamente processadas armazenadas a 5°C mantiveram a qualidade por 13 dias; aquelas armazenadas a 10°C suportaram 8 dias, enquanto que as armazenadas à temperatura ambiente só tiveram 4 dias de vida útil.

Damasceno et al. (2005), mostraram que o armazenamento à temperatura de 4°C foi melhor para manter a qualidade de melão minimamente processado por até 5 dias, enquanto que o armazenamento a 15°C (temperatura de estocagem de produtos minimamente processados, na maioria dos estabelecimentos de vendas) reduziu o prazo de validade para esse tipo de produto para apenas 24 horas. Resultados semelhantes foram encontrados por Vitti et al. (2005), estudando a qualidade de beterrabas minimamente processadas, armazenadas em diferentes temperaturas (0°C, 10°C e 15°C). Estes autores mostraram que o armazenamento a 0°C foi melhor para preservar a qualidade de beterrabas minimamente processadas, enquanto que as temperaturas de 10°C e 15°C reduziram drasticamente a qualidade desse produto durante o armazenamento.

Portanto, é extremamente importante refrigerar as frutas pós-colhidas com o intuito de conservá-las por mais tempo. Contudo, a temperatura e o tempo

de armazenamento devem ser monitorados para que essa conservação seja eficiente. O processo de refrigeração, além de outros fatores que nele interferem, é regido, especialmente, por duas importantes condições, estreitamente correlacionadas: a do grau de temperatura empregada e a duração de tempo em que o alimento deve permanecer armazenado (Evangelista, 2000). As disfunções fisiológicas são função da temperatura (estresse) e do tempo de exposição (dias ou semanas), podendo resultar no aparecimento de danos pelo frio (DF), caso os frutos sejam mantidos abaixo da temperatura crítica de armazenamento (Souza et al., 2000).

Caso o tempo de exposição seja prolongado, isso resultará na perda da integridade e no aumento da permeabilidade da membrana, levando à desorganização da estrutura celular, à disfunção do metabolismo e ao acúmulo de substâncias tóxicas, resultando na morte das células. Quando o período de exposição ao estresse de baixa temperatura é curto, a transferência dos frutos para temperatura ambiente irá resultar no aumento da atividade metabólica, possibilitando aos tecidos metabolizar o excesso de substâncias tóxicas e restaurar seu funcionamento normal, como observado em cirigueias (Souza et al., 2000).

O curto tempo de exposição também possibilitará o restabelecimento de substâncias que foram esgotadas ou impedidas de serem sintetizadas durante o estresse, além do aumento da síntese de ácidos graxos poliinsaturados, que compõem e protegem as membranas dos danos sofridos durante o curto período de resfriamento (Souza, et al., 2000).

Um outro fator a ser considerado é a umidade relativa do ar, sob a qual está armazenado o produto. A perda de água é uma das principais causas de deterioração de frutas e hortaliças após a colheita.

Em geral, esses produtos apresentam um alto teor de água (80% a 95%), acarretando em perda dessa água sempre que o conteúdo de água no ar (umidade

absoluta) seja menor que o conteúdo de água disponível para sua evaporação (Cortez et al., 2002). As frutas e hortaliças possuem em seus espaços intercelulares aproximadamente 100% de água, sendo a tendência, quase sempre, a de que o vapor d'água escape destes espaços para o ambiente, por transpiração, através dos estômatos, cutículas e lenticelas. Este processo ocorre porque a umidade relativa do ambiente, onde se encontra o produto, é freqüentemente menor que 100% (Hardenburg et al., 1986; Kluge et al., 2002) e essa evaporação ocorre na superfície do vegetal. Por isso, quanto maior a superfície em relação ao volume, maior será a perda d'água (Cortez et al., 2002).

A perda d'água também será maior à medida que a temperatura do ambiente aumentar, prejudicando a aparência (devido ao murchamento), a textura (amolecimento, flacidez e ressecamento), o valor nutricional e o peso das frutas e hortaliças (Cortez et al., 2002; Kluge et al., 2002).

Logo, os métodos de preservação dos produtos minimamente processados não podem reduzir, de forma perceptível, o seu elevado teor de umidade, uma vez que esses produtos devem apresentar características semelhantes às do produto fresco (Chitarra, 2001).

2.3.3 Mudanças químicas, bioquímicas e físicas, de produtos minimamente processados

A fisiologia de produtos minimamente processados é essencialmente a fisiologia de tecidos danificados, que difere do processo tradicional em que o tecido permanece viável (Brecht, 1995). Portanto, o comportamento dos tecidos desse tipo de produto é, geralmente, típico de plantas que foram danificadas ou expostas a condições de estresse (Abe & Watada, 1991).

Os danos físicos ou ferimentos, causados aos tecidos pelas operações do processamento, modificam sua atividade fisiológica, o que torna os produtos

minimamente processados mais perecíveis que os produtos íntegros, tendo uma vida útil entre sete e dez dias, decorrente das degradações físicas e bioquímicas, reduzindo a qualidade sensorial, alterando cor, firmeza, aroma, sabor e valor nutricional (Chitarra, 2001; Lobo & González, 2006). Rodrigues et al. (2004a), estudando o efeito de sanificantes na manutenção da qualidade de pequis (*Caryocar brasiliense* Camb.) fatiados e armazenados a 6°C (UR 98%), por 15 dias, observaram um incremento na perda de massa, valor L* e b*, oscilação do valor a* e decréscimo nos teores de sólidos solúveis, no período de armazenamento. No entanto, a acidez titulável e o pH permaneceram estáveis durante os 15 dias.

As células vegetais, para sua manutenção, estão constantemente fazendo trocas celulares, absorvendo nutrientes e eliminando substâncias indesejáveis. No caso de outros processamentos de alimentos, estas reações de tecido vivo são eliminadas pelo processo (calor, congelamento ou secagem) que mata a célula vegetal. Mas, no processamento mínimo, é fundamental a manutenção destas reações, para que o tecido permaneça vivo e não perca as características de frescor (King & Bolin, 1989).

O corte das frutas e hortaliças expõe os tecidos internos ao ar, podendo causar dois sérios problemas, como o escurecimento e doenças causadas por patógenos. Sem a proteção da casca, a deterioração dos tecidos ocorre rapidamente, como resultado das transformações físicas e bioquímicas induzidas pelo fermento, associado com a perda de água, a oxidação e a invasão microbiana (Wang, 2006).

O processamento mínimo resulta no enfraquecimento e na oxidação dos tecidos, causando incremento na atividade metabólica e conduz a um rápido escurecimento da superfície cortada (Wang, 2006).

A ruptura do tecido pelo corte aumenta a intensidade respiratória e a transpiração, favorecendo determinadas reações enzimáticas (polifenoloxidase,

peroxidase, pectinases, ascorbato oxidase, etc) que conduz à rápida deterioração do produto, com perdas sensoriais e nutricionais, deixando o tecido susceptível a alterações microbianas (Cantwell & Suslow, 2002; Cano et al., 2005).

O corte e outras injúrias provocadas durante as etapas do processamento mínimo têm como consequência o rompimento de organelas, a modificação da permeabilidade da célula, a desorganização celular, a ativação da síntese do etileno e o aumento na respiração (Chitarra, 1998b). Vitti et al (2004), estudando os aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas, verificaram que as raízes intactas apresentaram a menor taxa respiratória ($5\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) em relação a beterrabas descascadas e raladas ($30\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), após 4 horas de processamento.

Portanto, o grande desafio do processamento mínimo é o controle das transformações bioquímicas decorrentes do estresse gerado pelo corte dos tecidos, uma vez que as transformações são rápidas (ocorrem em minutos ou em poucas horas), sendo, particularmente, perceptíveis nas células adjacentes aos tecidos danificados. Além do mais, o exsudato liberado pelos tecidos cortados é um meio propício para o desenvolvimento de microrganismos que causam a deterioração dos produtos (Chitarra, 2001), além de ser o meio de perdas nutricionais, como vitaminas, açúcares e minerais (Chitarra, 1998a).

O dano às membranas celulares resulta na quebra das barreiras de difusão, possibilitando extravasar o conteúdo celular e, dessa forma, as enzimas e substratos entram em contato direto, acelerando as reações de degradação. A hidrólise do amido é aumentada e o ciclo dos ácidos tricarbóxicos, bem como a cadeia de elétrons, são ativados. Em decorrência da elevada atividade respiratória, há decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos. Os principais substratos utilizados são os açúcares livres e os ácidos orgânicos e a redução na concentração dos mesmos reflete nas perdas das características de sabor do produto. Também há o aumento de perda d'água dos tecidos por evaporação e,

juntamente com a exsudação, promove a dessecação dos mesmos (Chitarra, 2000; Chitarra, 2001).

Com o avanço da senescência, acelerado pelo etileno estresse, notam-se mudanças associadas à qualidade, como é o caso da firmeza. Esta é desejada para o armazenamento e o trânsito do produto, mas o amaciamento é essencial para a aceitação sensorial (Watada et al., 1990). A perda de firmeza dos produtos vegetais minimamente processados é decorrente das modificações na estrutura e na composição da parede celular pela ação de numerosas enzimas, dentre as quais as pectinases (pectinametilesterase-PME e poligalacturonase-PG), as celulases e as β -galactosidases, as quais são as mais atuantes (Chitarra, 2001) e da perda excessiva de água dos tecidos, com diminuição da pressão de turgescência, que ocorre em condições de armazenamento em baixa umidade relativa do ar e da quebra do amido (Kluge et al., 2002). No entanto, o amaciamento pode ser diminuído com a manutenção de baixas temperaturas na preparação e subseqüentes etapas no produto minimamente processado (Vilas Boas & Kader, 2001). A temperatura tem influência direta no metabolismo, com ênfase aos componentes das paredes celulares, com reflexo na firmeza. Possivelmente, as temperaturas mais baixas, quando adequadas ao produto, não só reduzem as taxas das reações químicas hidrolíticas, como também proporcionam maior densidade aos tecidos e melhor firmeza (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os carotenóides, os quais conferem coloração amarela a alguns vegetais, podem sofrer alterações em sua integridade estrutural, modificando sua estabilidade e quantificação. A estabilidade dos carotenóides varia de um alimento a outro, em decorrência do tempo, da temperatura de armazenamento, da presença de luz, etc (Rodriguez-Amaya, 1997).

Quanto ao aroma, sabor, aparência, valor nutritivo, em resposta ao fermento provocado pelo corte, os tecidos vegetais sintetizam uma série de

compostos secundários, notadamente fenólicos simples, fenilpropanóides, flavonóides, terpenóides, alcalóides, ácidos graxos de cadeia longa, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres entre outros que, por meio de reações de degradação, cicatrização ou defesa, podem afetar as características sensoriais dos produtos minimamente processados (Brecht, 1995; Chitarra, 2001).

A exposição a baixas temperaturas pode alterar a distribuição do nível de fosfato na célula que, conseqüentemente, tem efeito direto no funcionamento das enzimas (Muñoz et al., 2001) que sofrem alterações de suas atividades, bem como de sua síntese, quando os tecidos são danificados pelo frio. Lamikanra & Richard (2002), estudando os compostos voláteis de melões minimamente processados, verificaram um decréscimo na concentração de ésteres e de síntese de compostos terpenóides em um período de 24 horas, em decorrência do armazenamento a 4°C.

Rodrigues et al. (2004b), estudando a influência de sanificantes em pequis minimamente processados, armazenados a 6°C e 98% UR por 15 dias, verificaram aumento somente na variável perda de massa, tendo as outras variáveis (sólidos solúveis, acidez titulável, pH, textura, valor L* e a*) sofrido decréscimos durante todo o período de armazenamento.

2.4 Voláteis

2.4.1 Definição e principais características

Os vegetais, além do metabolismo primário, responsável pela produção de celulose, proteínas, carboidratos e outras substâncias que realizam suas principais funções vitais, também apresentam o chamado metabolismo secundário, do qual resultam substâncias de baixo peso molecular, responsáveis por funções, nem sempre bem definidas, mas, nem por isso, menos importantes.

Entre essas substâncias destacam-se os voláteis que constituem um verdadeiro elo de comunicação entre a fonte produtora e o meio ambiente (Tavares, 1986). Os tecidos vegetais contam com diferentes mecanismos de defesa quando se vêem expostos a vários tipos de estresse. As respostas variam dependendo do tecido exposto e da severidade do estresse. Uma das principais respostas é a liberação de compostos voláteis, os quais são produzidos em grandes quantidades. Esta é uma habilidade do tecido vegetal para proteger-se de patógenos, podendo atuar direta ou indiretamente (Ayala-Zavala et al., 2006).

A “International Standard Organization” (ISO) define óleos essenciais como os produtos obtidos de partes de plantas, por meio de destilação por arraste com vapor d’água (óleos possuem tensão de vapor mais elevado que a água), bem como os produtos obtidos por expressão dos pericarpos de frutos. De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também podem ser chamados de óleos etéreos ou essências.

Essas denominações derivam de algumas de suas características físico-químicas, como, por exemplo, serem geralmente líquidos, de aparência oleosa à temperatura ambiente, advindo daí a designação de óleo.

Entretanto, sua principal característica é a volatilidade, diferindo-se, assim, dos óleos fixos, misturas de substâncias lipídicas, obtidos, geralmente, de sementes.

Outra característica importante é o aroma agradável e intenso da maioria dos óleos voláteis, sendo, por isso, também chamados de essências. Eles são solúveis em solventes orgânicos apolares, como o éter, recebendo a denominação de óleos etéreos. Em água, os óleos voláteis apresentam solubilidade limitada, mas suficiente para aromatizar as soluções aquosas, que são denominados hidrolatos.

Outras de suas características são:

- sabor: geralmente acre (ácido) e picante;
- cor: quando recentemente extraídos são, geralmente, incolores ou ligeiramente amarelados, entretanto, encontram-se óleos voláteis, como o da camomila, de coloração azulada, devido ao alto teor de azuleno;
- estabilidade: em geral, os óleos voláteis não são muito estáveis, principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais;
- a maioria dos óleos voláteis possui índice de refração e é opticamente ativa, propriedades estas, usadas na sua identificação e controle de qualidade (Simões et al., 2003).

Os óleos podem ocorrer em estruturas secretoras especializadas e podem ser estocados em certos órgãos. Todos os órgãos de uma planta (folhas, raízes, flores, sementes e frutos) podem acumular as essências, porém, a sua composição pode variar segundo sua localização e também podem variar dentro da mesma espécie. Em geral, a planta jovem contém maior quantidade de óleo, mas sem o perfil similar das plantas adultas (Ayala-Zavala et al., 2006). Seus constituintes variam desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, até compostos com enxofre. Na mistura, tais compostos apresentam-se em diferentes concentrações; normalmente, um deles é o composto majoritário, existindo outros, em menores teores e alguns em baixíssimas quantidades (traços) (Simões et al., 2003; Ayala-Zavala et al., 2006).

2.4.2 Biossíntese

O aroma característico de frutas se desenvolve no curto período de amadurecimento pleno, durante o qual o metabolismo muda para catabolismo de pequenas quantidades de lipídios (ácidos graxos), proteínas (aminoácidos) e

carboidratos, os quais são, enzimaticamente, convertidos em compostos voláteis (Seymour et al., 1993). Em algumas frutas, a biossíntese de terpenos e a biodegradação de carotenóides também contribuem para o aroma típico (Franco, 2003). Contudo, durante a senescência, os ácidos orgânicos são perdidos, pela maioria dos vegetais, ocorrendo uma mudança no aroma, devido ao metabolismo de oxidação na respiração (Weichmann, 1987).

Não é só o amadurecimento que interfere na composição de voláteis, mas também, segundo Mattheis & Fellman (1999) e Vilas Boas (2002), as cultivares, a colheita, as práticas culturais, a estação, o manuseio, o armazenamento e a nutrição dessas frutas durante o desenvolvimento.

A colheita precoce tem efeito detrimental nos componentes voláteis de muitos frutos, notadamente sobre os frutos não-climatéricos que não amadurecem adequadamente, se colhidos antes do complexo desenvolvimento e amadurecimento na planta (Chitarra, 1998b).

As rotas metabólicas dos compostos secundários não são tão gerais e, talvez, só sejam ativadas durante alguns estádios particulares de crescimento e desenvolvimento ou em períodos de estresse, causados por limitações nutricionais ou ataque microbiológico.

Embora sendo classificadas como metabolismo primário ou secundário, as reações bioquímicas não ocorrem independentemente. Alterações no metabolismo primário podem afetar profundamente o metabolismo secundário e, em muitos casos, estes são formados por seqüências análogas àquelas do metabolismo primário. Portanto, a linha divisória entre metabolismo primário e secundário não é nítida (Simões et al., 2003).

Os compostos aromáticos vêm de várias rotas diferentes, como do metabolismo de ácidos graxos, aminoácidos, fenólicos e terpenóides, os quais são substratos para determinadas enzimas, formando produtos que serão novamente substrato para outras enzimas em uma rota diferente. O metabolismo

de lipídios é, provavelmente, o caminho para a formação de aldeídos, álcoois, ésteres e ácidos, os quais são grupos importantes nas características aromáticas de diversos frutos. A ação da enzima lipoxigenase é o primeiro passo na oxidação dos ácidos linolênico (18:2) e linoléico (18:3), os quais são clivados pela enzima hidroperóxido liase (HPL) para formar aldeídos, ésteres e ácidos (Knee, 2002).

Dentre estes grupos químicos que constituem os diversos aromas, os ésteres são a classe mais importante. Jordan et al. (2001), estudando os aromas da banana, encontraram 43 compostos, dos quais 20 são ésteres, como acetato de isobutila, butirato de etila e acetato de butila. Hiu & Scheuer (1961) foram os pioneiros a relatar a presença de ésteres como butanoato de etila, hexanoato de etila, butanoato de hexila e hexanoato de hexila no maracujá amarelo, constituindo cerca de 95% dos voláteis totais. O composto hexanoato de etila foi o principal constituinte com 74%. Este mesmo composto também foi majoritário em pirênios de pequis (94,41%), conforme estudos realizados por De Paula et al. (2000). Narain et al. (2004) encontraram, igualmente, os ésteres como principais constituintes voláteis do maracujá (*Passiflora edulis* forma *Flavicarpa*) e cajá (*Spondias mombin* L).

Os ésteres são formados pela união entre uma molécula de acil-CoA e uma molécula de álcool, ambos derivados do metabolismo dos ácidos graxos e aminoácidos, catalisada pela enzima álcool aciltransferase (ATT), mostrada nas Figuras 3 e 4 (Hulme, 1970; Wyllie & Fellman, 2000; Knee, 2002).

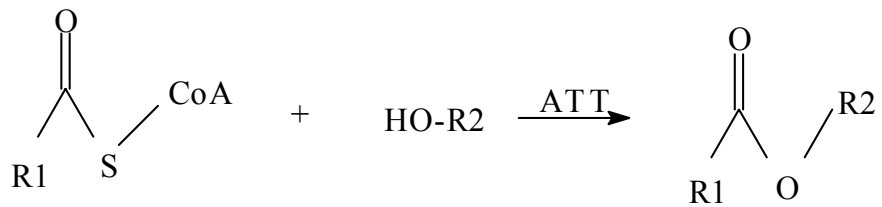


FIGURA 3 Formação de ésteres pela ação da enzima álcool aciltransferase (ATT).

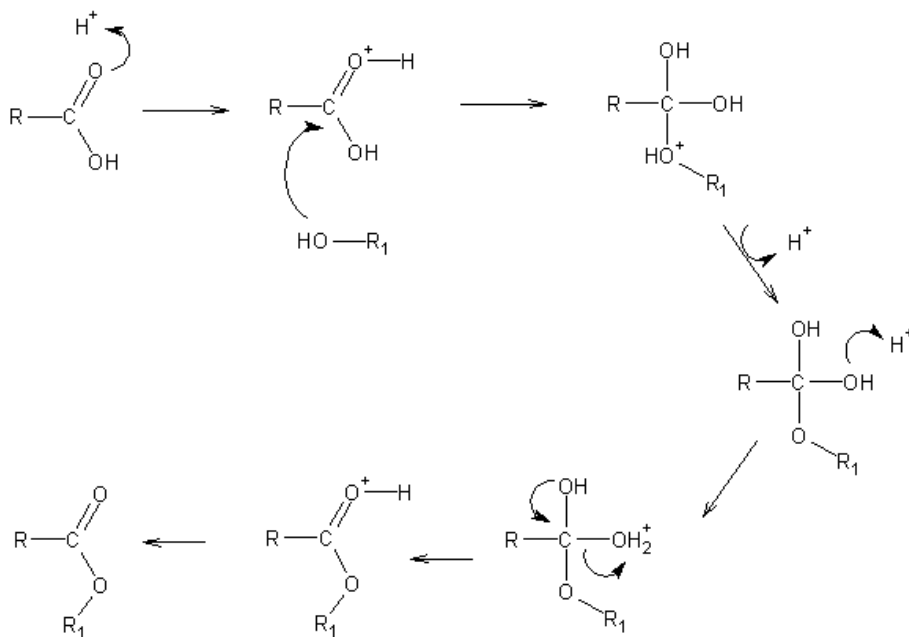


FIGURA 4 Biossíntese de éster a partir de β -oxidação do ácido graxo.

A enzima ATT foi estudada em algumas frutas, como banana, melão, maçã e morango (Fellmann et al., 1993; Perez et al., 1993; Ke et al., 1994). Neste último, foi observado um drástico incremento na atividade da ATT no início do amadurecimento, quando o fruto adquire habilidade para sintetizar os compostos aromáticos (Knee, 2002).

Os ácidos graxos servem como precursores de ésteres, catalisado através de duas rotas principais, a saber, pelo sistema de oxidação e a enzima lipoxigenase (LOX) (Sanz et al., 1997). Esta enzima catalisa, por hidroperoxidação, os ácidos graxos polinsaturados, principalmente os ácidos linoléico (18:2) e linolênico (18:3), cujos produtos são, então, metabolizados por outras rotas diferentes, mediadas pela enzima liase hidroperóxido (HPL), formando aldeídos, álcoois e ésteres (Fellmann, 2000; Porta & Rocha-Sosa, 2002). Nos frutos climatéricos, depois do pico respiratório, os teores de ácidos graxos começam a declinar, seguidos pelo aumento do metabolismo de várias frações lipídicas, principalmente de fosfolipídios, durante o amadurecimento e o envolvimento da liberação de ácidos graxos na biossíntese de voláteis (Meigh & Hulme, 1965; Tressel & Drawert, 1973). Lalel et al. (2003), estudando a produção de compostos voláteis, durante o amadurecimento de mangas 'Kensington Pride', mostraram existir uma relação direta entre os teores de ácidos graxos e ésteres, ou seja, a produção de ésteres aumenta exponencialmente com o aumento dos ácidos graxos.

Segundo Wyllie & Fellman (2000), com base em um estudo realizado com a formação de ésteres em bananas, a composição desses voláteis resultantes pode ser controlada pela seletividade das enzimas envolvidas ou pela disponibilidade dos substratos necessários neste "pool". As enzimas álcool desidrogenase (ADH), piruvato decarboxilase (PDC) e piruvato desidrogenase (PDH) podem ser a chave para a formação dos substratos como etanol e acetil-CoA para a biossíntese de ésteres (Knee, 2002).

Os aminoácidos de cadeia ramificada também são importantes precursores para a biossíntese de compostos do aroma, relacionada com a maturação das frutas. As bananas e as maçãs são exemplos típicos deste processo, pois o “flavor” de cada uma destas frutas deve-se aos voláteis, formados a partir de aminoácidos (Fennema, 1993; Wyllie & Fellman, 2000). A reação inicial que se produz na formação deste flavor é conhecida como degradação enzimática de Strecker, porque ocorrem transaminações e descarboxilações semelhantes às que acontecem durante o escurecimento não enzimático.

Os aldeídos, álcoois e ácidos, formados nestas reações, contribuem diretamente na maturação das frutas, sendo os ésteres os compostos de caráter-impacto dominante (Fennema, 1993).

No aroma de banana, leucina, isoleucina ou valina são convertidos à álcool e ésteres, os quais servem como precursores para 1-N-2-metilpropano, 3-metilbutanal, 3-metilbutanol, 1-N-3-metilbutano e ácido metilbutírico (Knee, 2002).

A alanina também pode ser convertida em ésteres (aroma morango). Essa conversão envolve desaminação, descarboxilação, várias reduções e esterificação, via α -aminotransferase, α -cetoácido descarboxilase, α -cetoácido dehidrogenase, ADH e AAT (Knee, 2002).

2.4.3 Extração e quantificação dos compostos voláteis

Os métodos de extração dos compostos aromáticos variam conforme a localização do óleo volátil na planta e com a proposta de utilização do mesmo. Os métodos mais comuns são: enfloração, destilação por arraste de vapor d’água (hidrodestilação), extração com solvente orgânico de forma contínua e descontínua, prensagem/espressão e extração por CO₂ supercrítico.

Dentre esses, o método de maior aplicação é o de hidrodestilação. A utilização da destilação para a obtenção de óleos essenciais teve origem na China, tendo, posteriormente, expandido-se para o ocidente. O seu desenvolvimento industrial surgiu na Europa, mais exatamente na Grécia, local onde foi aperfeiçoado.

A destilação é um processo de separação de misturas líquidas, baseado na diferença de composições dos constituintes nas fases líquidas e de vapor em equilíbrio, devido à diferença de volatilidade entre os componentes do líquido. A extração de óleos essenciais por hidrodestilação pode ser efetuada por dois métodos. Na destilação tipo Clevenger (Figura 5), a matriz a tratar é imersa em água e o aquecimento, até a fervura, provoca a formação de vapor, o qual arrasta os compostos mais voláteis; após condensação, estes compostos separam-se da água por decantação. Na destilação com arrastamento por vapor, o vapor de água atravessa a matriz, arrastando os componentes voláteis, sendo a separação semelhante à da destilação tipo Clevenger. Nesta destilação, o material é sujeito a temperaturas próximas dos 100°C, o que poderá levar à decomposição dos constituintes termolábeis. O aquecimento prolongado do produto em contacto com a água poderá conduzir a hidrólise de ésteres, polimerização de aldeídos ou decomposição de outros compostos (Bernardo-Gil et al., 1998).

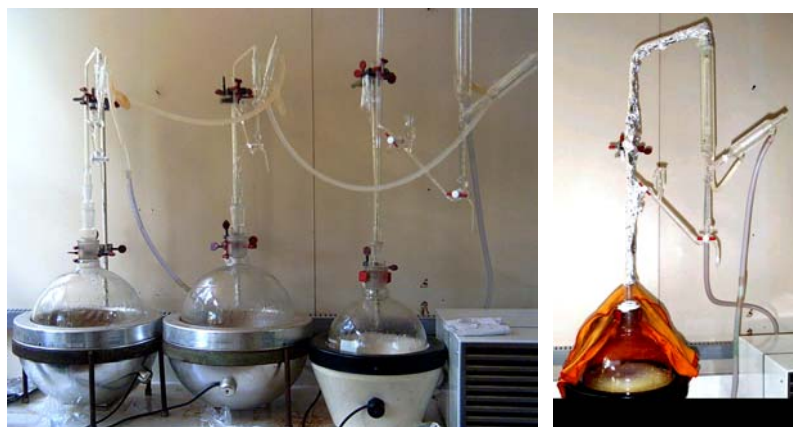


FIGURA 5 Extração de óleo essencial pelo método de Clevenger.

Grassi Filho et al. (2005) estudaram dois métodos de extração para os óleos essenciais do fruto do limoeiro ('Siciliano' e 'Eureka'), a saber, método de Clevenger e método de Scott. O método de Clevenger extraiu 11,28% mais óleo que o Scott, cuja produção foi de 5,13 e 4,61 kg de óleo por tonelada de fruto, respectivamente. O rendimento pode, segundo Laencina et al. (1988), estar associado não só ao método de extração, mas ao material genético e à diferença na resposta destes materiais às condições ambientais.

Passos et al. (2002), estudando a composição dos voláteis dos pirênios do pequi (*Caryocar brasiliensis*) provenientes de um período mais chuvoso e outro menos chuvoso, pelo método de Clevenger, concluíram que a maior porcentagem de compostos voláteis é oriunda do período menos chuvoso. O hexanoato de etila (éster de impacto do pequi) teve uma concentração de 91% no período menos chuvoso e 70,9% no período mais chuvoso.

A cromatografia gasosa (CG) é o método de escolha para separar e quantificar substâncias de óleos voláteis. Como os óleos são suficientemente

voláteis, a amostra é unicamente solubilizada em solventes como hexano ou diclorometano, antes de ser injetada no cromatógrafo. Para a separação, utilizam-se, atualmente, colunas capilares.

A identificação dos compostos individuais pode ser realizada por meio da comparação do tempo de retenção relativo da amostra com padrões. Para ser mais independente das variações do tempo de retenção, sob condições diferentes de medida, foi introduzido o índice de Kovats (IK), que relaciona o tempo de retenção dos compostos ao tempo de retenção de uma série de hidrocarbonetos homólogos.

$$IK = 100N [(t_x - t_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})] + 100C_{n-1} \text{ em que:}$$

C_n = n^o de carbonos do n-alcano que eluem após a substância analisada;

C_{n-1} = n^o de carbonos do n-alcano que eluem antes da substância analisada;

t_x = tempo de retenção da substância analisada;

t_n = tempo de retenção do n-alcano que elui após a substância analisada;

t_{n-1} = tempo de retenção do n-alcano que elui antes da substância analisada;

$$N = C_n - C_{n-1}$$

Tais índices permitem uma comparação melhor dos dados entre laboratórios diferentes (Adams 1995 e 2001). Alguns autores elaboraram grandes listas de índice de Kovats para compostos voláteis que permitem uma comparação com componentes da amostra. Os valores encontram-se entre 900 (mais volátil) e 1.900 (menos volátil). Um valor de 950 significa que a substância esta eluindo entre nonano (IK=900) e decano (IK=1.000).

Para ter mais segurança na identificação dos picos individuais e controlar a pureza de um pico cromatográfico, é recomendável analisar um óleo volátil também por cromatografia gasosa/espectrometria de massas (CG-MS).

Esse método permite, como a cromatografia gasosa, a separação dos compostos e fornece, ainda, um espectro de massa para cada pico (Ramos, 2006). As moléculas, no estado gasoso, são bombardeadas, sob vácuo, por um fluxo de elétrons, produzidos por filamentos de tungstênio ou rênio. O impacto dos elétrons com as moléculas produz íons, que são os fragmentos da molécula, os quais são encaminhados para um analisador de massas (Thomazini & Franco, 2000).

O espectro de massas, geralmente, indica a massa molar e o padrão de fragmentação. A massa molar informa sobre a classe de substâncias e o padrão de fragmentação pode ser comparado com aqueles constantes da biblioteca de espectros de massas que, normalmente, é instalada no computador. Em alguns segundos, o espectro da amostra é comparado com os das substâncias da biblioteca e o computador faz propostas de probabilidade quanto à identidade da substância analisada (Ramos, 2006).

A fragmentação do éster hexanoato de etila, encontrado, em muitas frutas, está ilustrada na Figura 6.

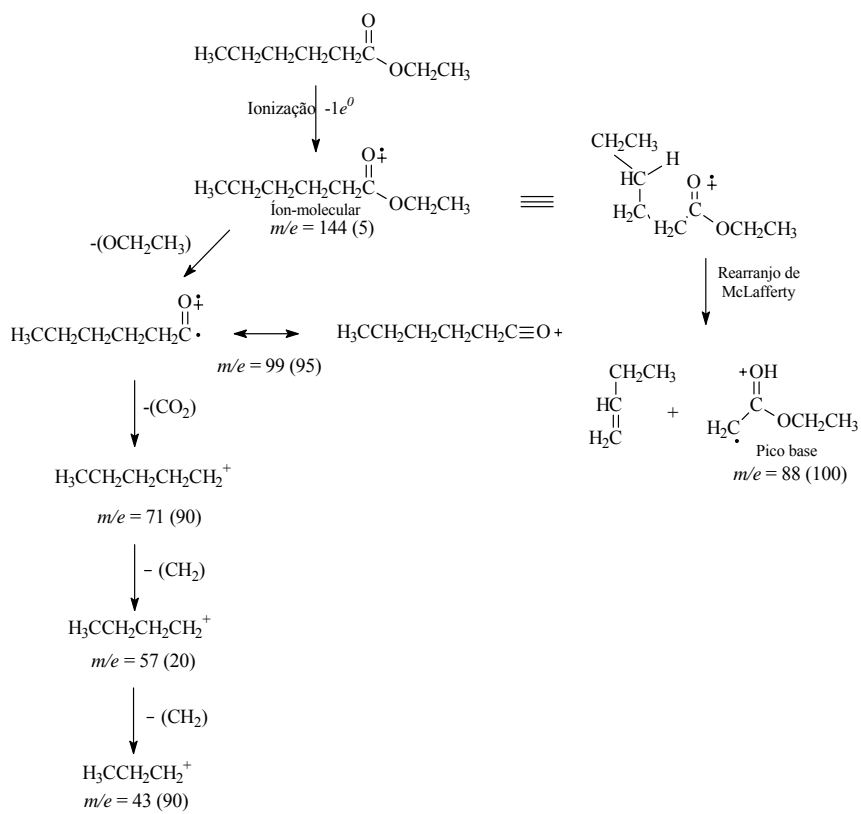


FIGURA 6 Proposta de fragmentação para o hexanoato de etila, gerado no espectrômetro de massas.

Deve-se ter em mente que os dados de espectros da biblioteca são obtidos, geralmente, com outros aparelhos. Assim, os padrões de fragmentação podem mostrar variações na intensidade dos picos mais intensos da amostra e dos dados espectros da biblioteca. Por isso, para a identificação com segurança, é importante, também, considerar os dados de retenção. Mesmo com essas possibilidades, é normal que quase sempre sobrem picos que não podem ser identificados. Para permitir uma elucidação estrutural desses compostos, outros métodos analíticos terão de ser usados (Ramos, 2006).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, K.A.; WATADA, A. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.6, p.1493-1496, Nov./Dec. 1991.

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 456 p., 1995.

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 2001. 468p.

ALMEIDA, S.P. Cerrado: plantas nativas de importância econômica. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1997, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA – CPAMN, 1997.

ALMEIDA, S.P.; SILVA, J.A. Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 38p.

ALMEIDA, S.P. et al. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464p.

ALMEIDA, S.P. de. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina/DF: EMBRAPA, 1998a. p.169.

ALMEIDA, S.P. de. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de. **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA, 1998b. p.244-285.

ALVARES-DA-SILVA, O. **Ecologia evolutiva de um Cerrado Ssensu Strictu do Parque Nacional das Emas**. 1996. 128f. Tese (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras**. 3.ed. São Paulo, 1989. p.164-167.

ANGELONI, L. et al. Caracterização mineral do fruto do pequi (*Caryocar Brasiliense*) oriundo de dois municípios do Estado de Goiás. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife, PE: CEJEM Promoções e Treinamento, CBCTA,2004.

ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C.M. Postharvest Conservation of Blackberry fruits. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.38, n.3, p. 413-419, mar. 2003.

AYALA-ZAVALA, F. et al. Compuestos volátiles de origen natural: nueva alternativa para la conservación de productos vegetales frescos cortados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Palestras...** Piracicaba, SP: USP/ESALQ/CYTED, 2006. 258p.

BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v.30, n.1, p.35-38, Feb. 1995.

BARBOSA, A.S. **Sistema biogeográfico do cerrado**: alguns elementos para a sua caracterização. Goiânia: UCG, 1996. 44p.

BARRADAS, M.M. Informação sobre fibração, frutificação e dispersão do pequi *Caryocar brasiliensis* Camb. **Ciência Cultural**, v.24, p.1003-1008, 1972.

BATISTA, A.S. Pequizeiros agora são intocáveis. **Jornal Montes Claros**, p.29, 1987.

BELLON, G. et al. Variabilidade genética de matrizes de pequizeiro selecionadas para estudos na Embrapa Cerrados e na Upis - Faculdades Integradas, com base nos marcadores Rapd1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

BERNARDO-GIL, M.G.; RIBEIRO, M. A.; ESQUÍVEL, M.M. **Produção de extractos para a indústria alimentar**: uso de fluidos supercríticos. Lisboa-Portugal, 1998. p.14-21. (Boletim de Biotecnologia).

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, 1985.

- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. A importância dos pré-processados. **Fruitsfatos**, Piracicaba, v.1, n.1, p.16-18, 1999.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hostscience**, Alexandria, v.30, n.1, p.18-22, Feb. 1995.
- BRON, I.U. et al. Temperature-Related changes in respiration and Q10 coefficient of guavas. **Science Agricultural**, Piracicaba, SP, v.62, n.5, p.458-463, Sept./Oct. 2005.
- BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do cerrado**: alguns elementos para a sua caracterização. Goiânia: UCG, 1996. 44p.
- BARRADAS, M.M. Informação sobre fibração, frutificação e dispersão do pequi *Caryocar brasiliensis* Camb. **Cienc. Cult.**, v.24, p.1003-1008, 1972.
- BATISTA, A.S. Pequizeiros agora são intocáveis. **Jornal Montes Claros**, p.29, 1987.
- CANO, M.P. et al. Procesado mínimo e valor nutricional. In: GONZALES-AGUILAR, G.A.; GARDEA, A.A.; CUAMEA-NAVARRO, F. **Nueva alternativa para la conservacion de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo, Sonora, MX: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 2005. p.119-152.
- CANTWELL, F.F.M. Postharvest handling systems. Minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2.ed. Davis, 1992. p.277-281.
- CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh-cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, p.156-182.
- CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: Embrapa Hortaliças, 2000b. p.147-155.
- CANTWELL, M.I.; SUSLOW, T.V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Davis: California, 2002. Cap.36, p.445-463.

CENCI, S.A. Pesquisa em processamento mínimo de hortaliças no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: Embrapa Hortaliças, 2000. p.110-116.

CHEFTEL, J.C. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1992. v.1, p.140-144.

CHEVEZ POZO, O.V. **O pequi (Caryocar brasiliense): uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no norte de Minas Gerais**. 1997. 100p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Viçosa, MG: UVF. 1998a. 88p.

CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas. UFLA/SBEA, 1998b. p.35.

CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113p. (Textos Acadêmicos).

CHITARRA, M.I.F. **Alimentos minimamente processados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 93p. (Textos Acadêmicos).

CHITARRA, A.B.; ALVES, R.E. **Tecnologia de pós- colheita para frutas tropicais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p.27. (Textos Acadêmicos).

CHITARRA, A.B.; PRADO, M.E.T. **Tecnologia de armazenamento pós-colheita para frutos e hortaliças in natura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. (Textos Acadêmicos).

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças. fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed.rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005. p.249.

CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa-Hortaliças, 2002. p.428.

DAMASCENO, K.S.F.S.C. et al. Melão minimamente processado: um controle de qualidade. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, v.25, n.4, p.651-658, out./dez, 2005.

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p.73-74.

DE PAULA, J.R. et al. Composição química dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Caryocar brasiliensis* Camb. (Pequi). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas, MG, 2000, v.2.

DIGNART, S. **Análise de sementes de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* (Hayne) Mart.) e barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov.)**. 1998. 58p. Dissertação (Mestrado)-FAMEV. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT.

DONADON, J.R. et al. Efeito do tipo de descasque e da temperatura de armazenamento de laranjas ‘pera’ minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.26, n. 3, p. 419-423, dez. 2004.

DURIGAN, J.F.O. Processamento mínimo de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Palestras...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p.12.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos Cerrados**. Planaltina, DF, 1994. n.54.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília, 2003. 133p. (Série Agronegócios).

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo, Atheneu, 2000.

FELLMANN, J.K. et al. Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits. **Hortscience**, v.35, p.1026-1033, 2000.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1993.

- FERRI, M.G. **Plantas do Brasil: espécies do cerrado**. São Paulo: EDUSP, 1969. p.72-73.
- FERRI, M.G. Os cerrados de Minas Gerais. **Ciência e Cultura**, v.27, n.11, p.1217-1220, 1975.
- FRANCO, M.R.B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003.
- GLENN, G.M.; REDDY, A. S; POOVAIAH, B.W. Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescence apples. **Plant Cell Physiology**, v.29, n.4, p.565-572, 1988.
- GOMES, M. Pequeno versátil. **Jornal O popular**, Goiânia, Magazine, 4 de dezembro de. 2005. p.4-5
- GONZALEZ, M.; LOBO, M.G. Técnicas de procesamiento. In: GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; GARDEA, A.A.; CUAMEA-NAVARRO, F. **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. México: CIAD, 2005. Cap. 6, p.97-115.
- GRASSI FILHO, H.; PENTEADO, B.B.; SANTOS, C.H. Preparo de amostras para a determinação do teor do óleo essencial de frutos de limoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, Apr. 2005.
- GRIBEL, R. **Ecologia da polinização e da dispersão de *Caryocar brasiliense* Camb. (Cariocaraceae) na região do Distrito Federal**. 1986. Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade de Brasília, Brasília.
- HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANE, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nurse stocks**. [S.l.:s.n.]1986. p.136.
- HIU, D.N.; SCHEUER, P.J. The volatile constituents of passion fruits juice. **Journal Food Science**, v.26, p.557-563, 1961.
- HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, L.S.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliça, 2002, p.96-139.

HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: [s.n.] 1970. v.1, p.260-261.

HUXSSOL, C.C.; BOLIN, H.R. Processing and distribution after natives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v.43, n.2, p.124-128, 1989.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION.

Processamento mínimo. 2006. Disponível em: <www.fresh-cuts.org>. Acesso em: 20 mar. 2006.

JORDAN, M.A. et al. Aromatic profile of aqueous banana essence and banana fruit by gas chromatography-mass spectrometry (CG-MS) and Gas Chromatography-Olfactometry (CG-O). **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.49, p.4813-4817, 2001.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California and Natural Resources, 2002. p.39-47.

KE, D.; ZHOU, L.; KADER, A.A. Mode of oxygen and dioxide action on strawberry ester biosynthesis. **Jor. Amer. Sort. Hort. Science**, v.119, p. 971-975, 1994.

KING, A.D.J.; BOLIN, H.R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v.43, n.2, p.132-135, Feb. 1989.

KLUGE, R.A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2.ed. Piracicaba: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.

KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio: Ohio University. Sheffield Academic, 2002. p.261-265.

LAENCINA, J.S. et al. Characteristics and essential oil of leaves, flower and fruits of lemon-tree flowers and fruits lemon-tree cultivars. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 4., 1984, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ISCC, 1988. p.11.

LALEL, H.J.D.; SINGH, Z.; TAN, S.C. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p.323-336, 2003.

LAMIKANRA, O.; RICHARD, O.A. Effect of storage on some volatile aroma compounds in fresh-cut cantaloupe melon. **Journal Food Chemistry**, v.50, n.14, 4043-4047, 2002.

LOBO, M.G.; GONZÁLEZ, M. Estado actual de los productos mínimamente procesados em Espana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Palestras...** Piracicaba, SP: USP/ESALQ/CYTED, 2006.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Embrapa Hortaliças- Brasília, 2001. p.59-65.

MARTÍN-BELLOSO, O.M.; ROJAS-GRAU, M.A. Fatores que afetam a qualidade. In: GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; GARDEA, A.A.; CUAMEA-NAVARRO, F. **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. México: CIAD-AC, 2005. Cap.5, p.77-93.

MARTINS, H.; OLIVEIRA, A.M. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/STI-MIC, 1983. (Relatório Técnico de Projeto).

MATTHEIS, J.P.; FELLMAN J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.227-232, 1999.

MEIGH, D.F.; HULME, A.C. Fatty acid metabolism in the apple fruit during the respiration climateric. **Phytochemistry**, v.4, p.863-871, 1965.

MINAS GERAIS. Instituto Estadual de Floresta. **Pequi vence concurso para eleição da árvore símbolo de Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.arvore.com.br/noticia/n2111_5.htm>. Acesso em: 4 abr. 2005.

MOURA, C.J.; ROLIM, H.M.V. **Utilização industrial de frutas do cerrado**. 2003. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/eventos/54ra/textos/SBPC/SBPC>>. Acesso em: 9 set. 2003.

MUNOZ, T. et al. Chilling temperature storage changes the inorganic phosphate pool distribution in cherimoya (*Annona cherimoya*) fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.126, n.1, p.122-127, 2001.

NARAIN, N. et al. Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora adulis* forma *Flavicarpa*) e de cajá (*Spondias mombin* L.) obtidos pela técnica de headspace dinâmico. **Revista Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.24, n.2, abr./jun. 2004.

NASCIMENTO, J.L. et al. Caracterização química de frutos do pequizeiro (*Caryocar Brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

NAVES, R.V. et al. Caracterização física de frutos do pequizeiro (*Caryocar Brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004., Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.34, n.4, p.371-401, 1994.

OLIVEIRA, K.A.B. **Variabilidade Genética entre e dentro de Populações de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) do Estado de Goiás**. 1998. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

OLIVEIRA, S. Pequi. **Revista Globo Rural**, n.38, p.82-83, 1988.

PASSOS, X.S. et al. composition and antifungal activity of the essential oils of *caryocar brasiliensis*. **Pharmaceutical Biology**, v.40, 2002.

PEREZ, A.G.; SANZ, C.; OLIAS, J.M. Partial purification and some properties of alcohol acyltransferase from strawberry fruits **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.41, p.1462-1466, 1993.

PORTA, H.; ROCHA-SOSA, S. Plant lipoxygenases. Physiological and molecular features. **Plant Physiology**, v.130, p.15-21, 2002.

PUSCHMANN, R. et al. História e atualidades sobre pesquisa com processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Palestras...** Piracicaba, SP: USP/ESALQ/CYTED, 2006. 258p.

- RAMOS, F. **Extração de óleos essenciais**. Disponível em: <www.pensologosou/oleoessencial.com.br>. Acesso em: 11 maio 2006.
- RAMOS, M.I.L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitamínicos “A” da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim.CEPPA**, Curitiba, v.19, n.1, p.2332, jan./jun. 2001.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CPAC. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: 1998. p.87-166.
- RIBEIRO, L. Lei impede colheita de pequi verde. **Jornal Estado de Minas**, Belo Horizonte, 12 out. 2003.
- RIBEIRO, R.F. **Pequi: o rei do cerrado**. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. 62 p.
- RODRIGUES, L.J. **O Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo**. 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- RODRIGUES, L.J. et al. Efeito de sanificantes na manutenção da qualidade de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fatiado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004a. p.152.
- RODRIGUES, L.J. et al. Influência de sanificantes na manutenção da qualidade de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004b. p.154.
- RODRIGUES, L.J. et al. Caracterização físico-química da amêndoa e polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) produzidos nas regiões Norte e Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004c.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenoids and food preparation: the retention of pro-vitamin a carotenoids in prepared, processed and stored foods**. U.S.: Agency for International Development, 1997.

ROLLE, R. S.; CHISM, III, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v.10, n.3, p.157-178, 1987.

SANO, S.M; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 556p.

SANTOS, B.R. et al. **Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb): uma espécie promissora do cerrado brasileiro**. Lavras: UFLA, 2005. 32p. (Boletim Agropecuário, 64).

SANZ, C.; OL'ias, J.M.; PEREZ, A.G. Aroma biochemistry of fruits and vegetables. In: TOMAZ, F.A.B.; ROBINS, R.J. **Phytochemistry of fruits and vegetables**. Oxford, UK, Clarendon, 1997. p.125-155.

SCHLIMME, D.V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, n.1, p.15-17, 1995.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.S.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman e Hall, 1993. p9-14.

SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. UFRGS, 2003. p.404-495.

SILVA, D.B. et al. **Frutas do cerrados**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 2001. 178 p.

SILVA, E.A. et al. Observação das características sensoriais e determinação das contagens de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em amostras de vegetais, quando submetidos a pressões reduzidas (vácuo) e baixos teores de oxigênio, em recipientes rígidos. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.8, n.33, p.27-31, set./out. 1994.

SILVA, E.O. et al. Formas de apresentação. In: GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; GARDEA, A.A.; CUAMEA-NAVARRO, F. **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. México: CIAD-AC, 2005. Cap.3, p.37-58.

SILVA, J.A. et al. **Coleta de sementes, produção de mudas e plantio de espécies frutíferas nativas dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1992. 23p. (Boletim de Pesquisa, 44).

SILVA, J.A. et al. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1994. 166p.

SILVA, S. **Frutas Brasil frutas**. São Paulo, 1991. p.134

SILVA FILHO, P.V. Plantas do cerrado produtoras de matéria tintorial. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n. 173, p.27-32, 1992.

SOUZA, R.F. et al. Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpúrea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n. 3, p.334-339, 2000.

SIQUEIRA, M.I.D. et al. **Conserva de pequi**. Goiânia: [s.n.] 1997. 22p. (Manual Técnico, 2).

TAVARES, M.C. Aromas, insetos e plantas. **Ciência Hoje**, v.4, n.23, mar./abr.. 1986.

TEIXEIRA, L.C. et al. Nova tecnologia para industrialização do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEF-SBS, 2003.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análises dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim SBCTA**, v.34, n.1, p. 52-59, jan./jun. 2000.

TRESSEL, R.; DRAWERT, F. Biogenesis of banana volatiles. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.21, p.560-565, 1973.

VIEIRA, R.F.; MARTINS, M.V.M. Estudos etnobotânicos de espécies medicinais de uso popular no cerrado. In: INTERNATIONAL SAVANA SIMPOSIUM, 1998, Brasília. **Proceedings...** Brasília, 1998. p.169-171.

VILAS BOAS, E.V.B.; KADER, A.A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. **Perishables Handling Quarterly**, Davis, n.108, p.25, Nov. 2001.

VILAS BOAS, E.V.B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 68p.

VILAS BOAS, E.V.B. Frutas minimamente processados: pequi. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p.122-127.

- VILELA, G.F. et al. **Varição Intra e Interpopulacional em pequi – *Caryocar brasiliense* Camb (Caryocaraceae)**. I Carotenóides. Revista Forest, UFLA. 1996. p.307-309.
- VITTI, M.C.D. et al. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.1027-1032, out. 2004.
- VITTI, M.C.D. et al. Quality of minimally processed beet roots stored in different temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.48, n.4, p.503-510, July 2005.
- WANG, C.Y. Chilling injury and browning of fresh-cut fruits and vegetables. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Palestras...** Piracicaba, SP: USP/ESALQ/CYTED, 2006. 258p.
- WATADA, A.E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.44, n.5, p.116-122, May 1990.
- WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.2, p.115-125, Nov. 1996.
- WATADA, A.E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology Technology**, n.15, p.201-205, 1999.
- WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.432.
- WERNECK, G. Minas deve escolher o pequizeiro. **Jornal Estado de Minas**, Belo Horizonte, 16 out. 2001.
- WILEY, R.C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Campman & Hall, 1994. p.226-268.
- WILLS, R.H.H. et al. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. [S.l: s.n.], 1981. p.161.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. New YorkX: CAB International, 1998.

WYLLIE, S.G.; FELLMAN, J.K. Formation of Volatile Branched Chain Ester in Bananas (*Musa sapientum* L.). **Journal Agricultural Food Chemistry**, USA, v.48, n.8, p.3493-3496, 2000.

CAPÍTULO 2

EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) MINIMAMENTE PROCESSADO

1 RESUMO

DAMIANI, Clarissa. **Efeito de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado.** Lavras: UFLA*. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos).

O pequi é um fruto do Cerrado brasileiro muito apreciado em certas regiões do país. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de quatro diferentes temperaturas, 0°C, 5°C, 10°C e 22°C (95%UR), na qualidade de pequis minimamente processados, durante 15 dias de armazenamento. Os pequis foram lavados, sanificados e seus pirênios extraídos, acondicionados em embalagens de polipropileno e armazenados por 15 dias a 0°C e 5°C, 9 dias a 10°C e 3 dias a 22°C, no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortalças da UFLA. A cada três dias, foram realizadas as seguintes análises: taxa respiratória, perda de massa, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável (ácido cítrico), pH, coloração (L*, a* e b*) e concentração de O₂ e CO₂ no interior das embalagens. A taxa respiratória e a perda de massa foram menores quanto menor a temperatura; a firmeza não sofreu variações significativas, ao longo do armazenamento, nos frutos a 0°C, 5°C, 10°C e 22°C; os sólidos solúveis sofreram influência somente do tempo, com aumento em seus teores; a acidez titulável aumentou no decorrer do armazenamento nos pirênios sob 0°C, 5°C, 10°C e 22°C, com conseqüente declínio no pH; o valor L* aumentou nos pirênios a 0°C e diminuiu naqueles a 22°C, não sofrendo alteração nos pirênios a 5°C e 10°C; o valor a* sofreu influência do tempo somente nos pequis a 10°C ao longo de 9 dias de armazenamento e seu valor foi maior, nos três primeiros dias, nos pirênios a 10°C e a 22°C; o valor b* foi influenciado pelo tempo, decrescendo durante o armazenamento de 15 dias, tendo os produtos a 10°C atingido os maiores valores nos primeiros três dias. A concentração de gases no interior das embalagens teve pouca variação, observando-se que quanto mais baixa a temperatura, menor o acúmulo de CO₂ e consumo de O₂. Pelos resultados obtidos, constatou-se que as temperaturas de 0°C e 5°C foram as mais eficazes na manutenção da qualidade de pequis minimamente processados, além de proporcionar maior vida útil (15 dias).

* Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA (orientador), Pedro Henrique Ferri – UFG.

2 ABSTRACT

DAMIANI, Clarissa. **Effect of different temperatures in maintenance of quality of fresh-cut pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. Lavras: UFLA*. 2006. 127p. Dissertation (Master in Food Science).

Pequi is a Brazilian Savana fruit very appreciated in some regions of the country. The objective of the present work was to evaluate the effect of four different temperatures, 0°C, 5°C, 10°C and 22°C (95%UR), on the quality of fresh-cut pequi, during 15 days of storage. The pequi fruits were washed, sanitized and their kernels extracted, conditioned in polypropylene packages and stored for 15 days at 0°C and 5°C, 9 days at 10°C and 3 days at 22°C, at postharvest of fruits and vegetables laboratory from Federal University of Lavras/Brazil. The following analyses were carried out every three days: respiration rate, mass loss, firmness, soluble solids, titratable acidity (acid citric), pH, coloration (L*, a* and b* values) and O₂ and CO₂ concentrations into the packages. The lower temperature the lower respiration rate and mass loss; the firmness did not suffer significant variations, throughout the storage, in the fruits at 0°C, 5°C, 10°C and 22°C; the soluble solids were influenced just by the time, increasing over the storage period; the titratable acidity increased and pH decreased during the storage of the kernels at 0°C, 5°C, 10°C and 22°C; the L* value increased in the fruits at 0°C, decreased in those at 22°C and did not present changes in those at 5°C and 10°C; the a* value was influenced by the time just in the pequi fruits at 10°C throughout 9 days of storage and its value was higher in the first three days, in the fruits at 10°C and 22°C; the b* value was influenced by the time, decreasing during 15 days of storage. The product at 10°C got the highest b* values on the first three days. The gases concentration into the packages presented little variation. In spite of that, the lower temperature the lower CO₂ accumulation and O₂ consumption. In accord to obtained results, it is concluded that the temperatures 0°C and 5°C were the most effective in the maintenance of the quality of fresh-cut pequi fruits, beyond providing greater useful life (15 days).

* Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA (Adviser), Pedro Henrique Ferri – UFG.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país que possui a maior diversidade biológica do planeta, abrigando, aproximadamente, 30% (55.000) das espécies de plantas e de animais que ocorrem no mundo (Silva et al., 1994). Estas ricas fauna e flora encontram-se distribuídas no espaço geográfico brasileiro em seis grandes biomas, destacando-se o cerrado. As espécies nativas do cerrado possuem grande potencial para utilização, relacionado com suas múltiplas utilidades e com sua adaptação ao ambiente (Dignart, 1998). Dentre as espécies mais comuns deste bioma, o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) encontra-se em evidência.

Etimologicamente, o nome pequi tem sua origem no tupi, em que “py” significa casca e “qui” corresponde a espinho, originando casca espinhosa, possivelmente devido ao caroço do fruto ser revestido por finos espinhos (Almeida & Silva, 1994; Ribeiro, 2000). A floração do pequizeiro, árvore nativa e símbolo do Cerrado brasileiro, inicia-se em setembro, com a frutificação em janeiro, apresentando um ciclo vital de 84 dias no sul de Minas Gerais (Rodrigues, 2005).

O fruto é globoso, do tipo drupóide, verde e possui de 1 a 4 pirênios. É uma estrutura composta pelo mesocarpo externo, que é coriáceo-carnoso; mesocarpo interno, amarelo-claro, carnoso, rico em óleo, vitaminas e proteínas, que envolve uma camada de espinhos endocárpicos, finos e rígidos, com 2 a 5 mm de comprimento, e amêndoa branca ou semente (Barradas, 1972).

Frutas e hortaliças minimamente processadas são definidas como sendo produtos que passam por operações de seleção, lavagem, descascamento e corte, que eliminam as suas partes não comestíveis, como casca, talos e sementes, seguidas do preparo em tamanhos menores e prontos para consumo imediato

(100% aproveitável), sem que o vegetal perca a condição de produto ainda fresco, com qualidade e garantia de sanidade (IFPA, 2006).

O processamento mínimo do pequi é uma alternativa de agregação de valor ao fruto, contribuindo para a expansão de seu consumo, uma vez que ele limita-se a certas regiões produtoras. Contribui, ainda, para a redução nas perdas pós-colheita e também para proporcionar uma maior conveniência no preparo dos pratos, podendo vir descascado ou fatiado, embalado e pronto para utilização, com segurança higiênico-sanitária exigida (Rodrigues, 2005).

A utilização do armazenamento refrigerado para frutas e hortaliças minimamente processadas é imprescindível, porque as baixas temperaturas retardam o crescimento da maioria dos microrganismos, diminuem a taxa respiratória e são eficazes na redução das atividades enzimáticas (Luengo & Calbo, 2001). Contudo, a determinação da temperatura ideal de armazenamento do produto deve ser monitorada e estudada para a segurança e qualidade (Brecht, 1995). Frutos e hortaliças são, fisiologicamente, muito diversos e respondem a baixas temperaturas de maneiras variadas (Cantwell a, 2000). Embora a temperatura a 0°C seja desejável para alguns produtos, a maioria é armazenada a 5°C e, algumas vezes, sob temperaturas mais elevadas como 10°C. Entretanto, armazenar a essa temperatura mais elevada pode apressar a deterioração, devido ao quociente de temperatura de respiração (Q_{10}) das reações biológicas (Kader, 2002).

Preocupados não só em agregar valor ao fruto ou criar uma nova tecnologia que viabilize o consumo de pequi, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o efeito de quatro diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) na qualidade de pequis minimamente processados, durante 15 dias de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Pequis maduros, sem rachaduras no epicarpo foram coletados ao acaso, do chão, sem rachaduras no epicarpo, com ausência de injúrias e podridões em 3 três diferentes fazendas, no município de Cordisburgo, altitude de 720m, situada na região metropolitana de Belo Horizonte, MG. Em seguida, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG.

Tão logo os frutos chegaram ao laboratório, foram lavados com detergente neutro, enxaguados em água corrente e armazenados a $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 90% e 95% por aproximadamente 13 horas.

Transcorrido esse tempo, os pequis foram sanificados com hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm (pH 7,0) por 15 minutos, sendo posteriormente cortados, manualmente, com auxílio de facas afiadas, para a retirada dos pirênios (mesocarpo interno). Estes foram novamente sanificados com hipoclorito de sódio (NaClO) a 100ppm (pH 7,0), por mais 15 minutos e, em seguida, acondicionados em peneiras plásticas para a retirada do excesso de água. A seguir, os pirênios foram pesados (aproximadamente 110g), acondicionados em bandejas plásticas de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm) com tampa e transportados para as câmaras sob diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$), com umidade relativa de 95%. Os pirênios destinados a análise de taxa respiratória foram pesados (aproximadamente 90g), acondicionados em recipientes de vidro com volume de 590mL e transportados para as mesmas câmaras.

Todos os utensílios utilizados, assim como a própria sala de processamento mínimo, foram previamente sanificados com hipoclorito de sódio

(NaClO) a 300 ppm. Durante todo o processamento, a temperatura do local foi mantida ao redor de 18°C.

Foram realizados, primeiramente, dois experimentos, em delineamentos inteiramente casualizados (DIC), para avaliar a taxa respiratória de pequis minimamente processados, pois os pirênios armazenados a 22±1°C foram avaliados até o sexto dia de armazenamento e os demais até o 15º dia de armazenamento: o experimento 1, fatorial 4 x 3, ou seja 4 diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) e 3 tempos (0, 3 e 6 dias), em 3 repetições e o experimento 2, fatorial 3 x 6, ou seja, 3 diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C e 10±1°C) e 6 tempos (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), em 3 repetições. Cada parcela experimental foi constituída de uma embalagem de vidro (590mL), contendo, aproximadamente, 90 gramas de pirênios.

Para as análises físicas, físico-químicas e químicas, em decorrência dos pirênios armazenados a 22±1°C alcançarem somente três dias de armazenamento, e aqueles à 10±1°C somente nove dias, o presente trabalho foi dividido em três experimentos, em delineamentos inteiramente casualizados (DIC). O experimento 1, fatorial 4 x 2, ou seja, 4 diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) e 2 tempos (0 e 3 dias), em 3 repetições; o experimento 2, fatorial 3 x 4, ou seja, 3 diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C e 10±1°C) e 4 tempos (0, 3, 6 e 9 dias), em 3 repetições e, o experimento 3, fatorial 2 x 6, ou seja, 2 diferentes temperaturas (0±1°C e 5±1°C) e 6 tempos (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), em 3 repetições. Cada parcela experimental foi constituída de uma embalagem plástica de polipropileno, contendo, aproximadamente, 110 gramas de pirênios.

As seguintes análises foram realizadas, a cada 3 dias, durante 15 dias de armazenamento:

- **taxa respiratória:** os recipientes de vidro foram fechados por 1 hora, com tampa plástica, contendo um septo de silicone, por onde eram retiradas

alíquotas da atmosfera interna, com o auxílio do analisador de gases PBI Dansensor. Os resultados, expressos em % de CO₂, foram convertidos em mL CO₂ . kg⁻¹ . h⁻¹, levando-se em consideração o volume do recipiente, a massa e o volume dos frutos em cada recipiente e o tempo que esse mesmo recipiente permaneceu fechado;

- **perda de massa**: determinada de acordo com a seguinte equação: $PM = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$, onde PM = perda de massa; m₁ = massa inicial dos pequis embalados no dia do processamento e m₂ = a massa obtida em cada intervalo de 3 dias, utilizando-se balança semi-analítica Mettler, modelo PC2000;

- **firmeza**: determinada com o auxílio do texturômetro Stable Micro System, modelo TAXT2i, utilizando-se a sonda tipo agulha P/2N (2mm de diâmetro), com velocidade de 5mm/s, penetração de 3mm de distância e tempo de 5 segundos (valores previamente fixados). A plataforma empregada foi HDP/90 como base e a leitura realizada em todos os frutos de cada embalagem. A firmeza foi expressa em Newton (N);

- **sólidos solúveis**: determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro digital ATAGO PR 100, com compensação de temperatura automática a 25°C. Os resultados foram expressos em °Brix, conforme a AOAC (1992);

- **acidez titulável (AT)**: determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, usando como indicador fenolftaleína, segundo Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico;

- **pH**: determinado com o auxílio do pHmetro TECNAL (Tec 3MP), segundo AOAC (1992);

- **coloração**: determinado com a ajuda do colorímetro Minolta CR-400, no modo CIE L*, a* e b*. A coordenada L* representa quão claro ou escuro é o fruto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). A

coordenada a^* pode assumir valores entre -80 a $+100$, cujos extremos correspondem, respectivamente, ao verde e ao vermelho. A coordenada b^* pode variar de -50 a $+70$, com intensidade do azul ao amarelo. As leituras foram feitas em três pontos distintos de cada pirênio;

- **monitoramento de O_2 e CO_2 no interior da embalagem:** realizado em cada intervalo de tempo, através do septo de silicone, colocado na superfície da tampa plástica da embalagem, por onde se retirava alíquota da atmosfera interna, com o auxílio do analisador de gases PBI Dansensor. Os resultados foram expressos em % de O_2 e CO_2 .

- **análise visual:** realizada em cada intervalo de tempo, verificando-se as características sensoriais como aparência, odor e surgimento de fungos, por 5 indivíduos não treinados, mas familiarizados com o produto.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após análise de variância, as médias, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa respiratória dos pirênios de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) foi influenciada, significativamente, pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento $P < (0,01)$.

De acordo com o gráfico da Figura 1, observa-se que os pirênios armazenados a $0 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1^\circ\text{C}$, ao longo dos 15 dias, tiveram suas taxas respiratórias reduzidas (50,74 mL.kg⁻¹.h⁻¹ para 5,50 mL.kg⁻¹.h⁻¹; 33,43 mL.kg⁻¹.h⁻¹ para 8,31 mL.kg⁻¹.h⁻¹; 91,33 mL.kg⁻¹.h⁻¹ para 15,80 mL.kg⁻¹.h⁻¹ respectivamente). A respiração mais elevada, no primeiro dia, nos pirênios armazenados a $0 \pm 1^\circ\text{C}$, em relação àqueles a $5 \pm 1^\circ\text{C}$, pode ser em decorrência do estresse fisiológico, provocado por esta temperatura, acarretando maior intensidade respiratória. Segundo Chitarra (1999), o estímulo de maior consumo de O₂ e, conseqüentemente, maior liberação de CO₂, pode ser devido ao desacoplamento da fosforilação oxidativa, ocorrida nos frutos injuriados pelo frio.

Os pirênios armazenados a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ apresentaram ascensão respiratória até o 3º dia (139,98 mL.kg⁻¹.h⁻¹ para 184,61 mL.kg⁻¹.h⁻¹), decaindo, posteriormente, até o 6º dia de armazenamento (161,72 mL.kg⁻¹.h⁻¹). A partir do 3º dia, devido ao elevado comportamento respiratório, esses pirênios começaram a sofrer alterações indesejáveis, como odor desagradável, escurecimento e amolecimento da polpa, com aparecimento de fungos, no 6º dia, na superfície do produto, impossibilitando o seu consumo após esse período. Por esse fato, a taxa respiratória do pequi, armazenado a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ foi verificada somente até o 6º dia de armazenamento. A transformação do amido em açúcares simples, juntamente com os ácidos orgânicos, sustenta a elevada taxa respiratória; quando esgotadas

essas reservas, a respiração diminui e o fruto entra na fase de senescência (Kluge et al., 2002). Deve-se ressaltar, ainda, que os pirênios armazenados a $22\pm 1^\circ\text{C}$ não estabilizaram sua taxa respiratória durante os seis dias de armazenamento; aqueles armazenados a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $10\pm 1^\circ\text{C}$ estabilizaram a partir do décimo dia e aqueles armazenados a $0\pm 1^\circ\text{C}$, tiveram a estabilização respiratória já no terceiro dia de armazenamento.

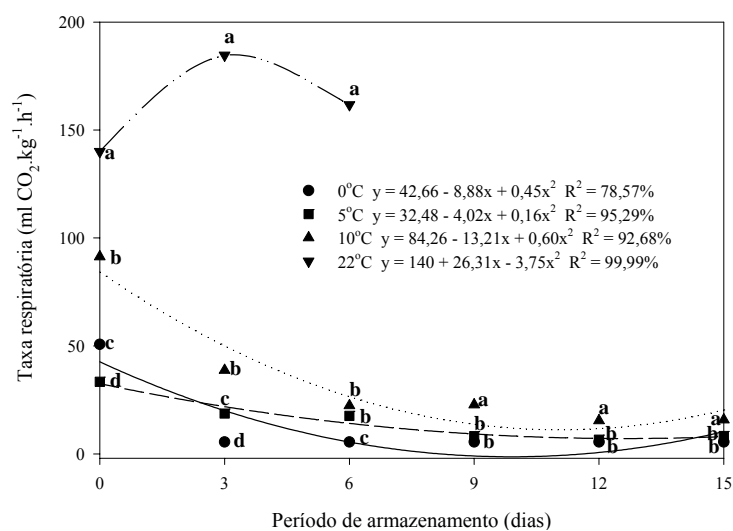


FIGURA 1 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da taxa respiratória em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A taxa respiratória dos pirênios armazenados sob as quatro diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) foi, estatisticamente, distinta

entre si ($P < 0,01$) até o 3º dia de armazenamento (5,50 mL.kg⁻¹.h⁻¹; 18,69 mL.kg⁻¹.h⁻¹; 38,76 mL.kg⁻¹.h⁻¹; 184,61 mL.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente). No 6º dia, a respiração dos pirênios a 5±1°C e a 10±1°C foi igual (17,57 mL.kg⁻¹.h⁻¹ e 22,41 mL.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente), diferindo daqueles a 0±1°C e a 22±1°C (5,33 mL.kg⁻¹.h⁻¹ e 161,72 mL.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente). A partir do 9º dia, não houve diferença estatística no comportamento respiratório dos pirênios armazenados a 0±1°C e 5±1°C, no entanto, para aqueles pirênios armazenados a 10±1°C, a taxa respiratória foi maior e distinta até o 15º dia.

Portanto, quanto maior a temperatura, maiores os valores das taxas respiratórias dos pequis minimamente processados. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinheiro et al. (2006) e Vilas Boas et al. (2006), ao estudarem o comportamento respiratório de abacates minimamente processados e abobrinhas ‘Menina Brasileira’, respectivamente, armazenados em três diferentes temperaturas (0°C, 5°C e 10°C).

De fato, a temperatura afeta diretamente a taxa respiratória de vegetais, sendo o fator ambiental mais importante, pois ele controla a senescência dos frutos, regulando as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos, associados com a respiração; quanto mais baixa a temperatura, menor a taxa respiratória. A lei de Van't Hoff estabelece redução de 2 a 3 vezes na taxa de reações químicas a cada abaixamento de cerca de 10°C na temperatura de armazenamento.

Em referência às análises físicas, físico-químicas e químicas, os pirênios armazenados a 22±1°C, após o terceiro dia de armazenamento, apresentaram características indesejáveis para o consumo, como odor desagradável, escurecimento e amolecimento da polpa. Essas mesmas características foram observadas nos pequis minimamente processados e armazenados a 10±1°C, após o nono dia. Por essa razão, as análises foram realizadas até o terceiro dia, para os pirênios armazenados a 22±1°C e até o nono dia para aqueles armazenados a

10±1°C. Os pequis minimamente processados, armazenados a 0±1°C e 5±1°C alcançaram a vida útil de 15 dias.

A perda de massa foi influenciada pela interação entre temperatura e tempo de armazenamento $P < (0,05)$. Observou-se aumento na perda de massa de pequis minimamente processados ao longo do armazenamento, tanto maior quanto maior a temperatura de armazenamento (Figura 2). Rodrigues (2005), estudando pequis minimamente processados, também observou incremento da perda de massa durante o armazenamento dos pirênios, cujo valor máximo observado foi de 1,07%, após 15 dias, armazenados a 6°C.

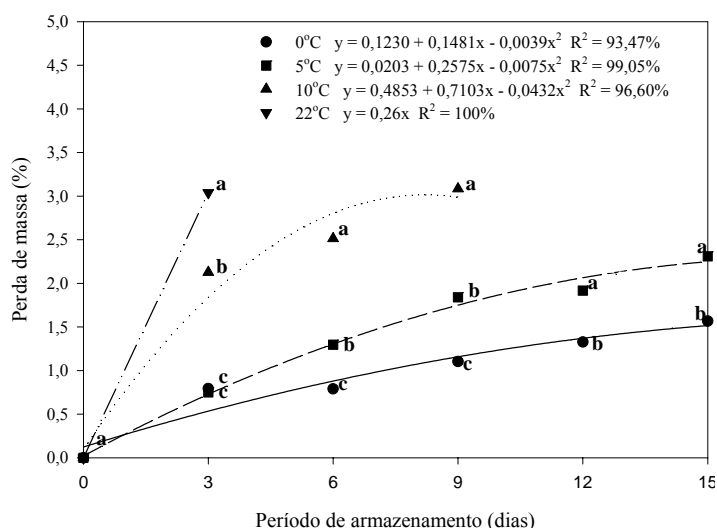


FIGURA 2 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da perda de massa (%) em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O principal fator responsável pela perda de massa é a transpiração, que está intimamente relacionada com a respiração do produto. Sabe-se que quanto menor a temperatura de armazenamento, menor é a taxa respiratória, logo, menor será a transpiração e, conseqüentemente, menor a perda de massa. Segundo Chitarra & Chitarra (2005), perdas na ordem de 3% a 6% são suficientes para acarretar um declínio na qualidade, causando o murchamento. Pelos resultados obtidos neste trabalho, as temperaturas de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ são eficazes na manutenção da massa de pequi minimamente processado.

A firmeza dos pequis minimamente processados foi afetada pela interação temperatura e tempo de armazenamento ($P < 0,05$) (Figura 3).

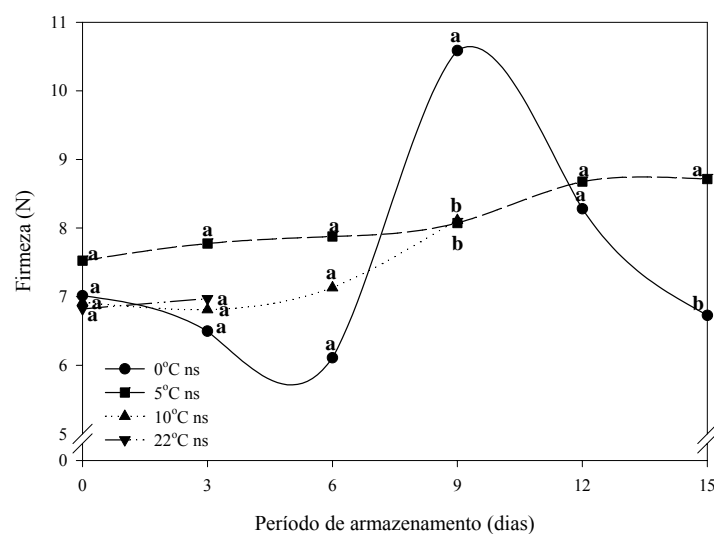


FIGURA 3 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da firmeza (N) em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Embora o tempo de armazenamento não tenha influenciado os pirênios sob diferentes temperaturas, a firmeza dos mesmos foi afetada, diferentemente, no 9º dia e 15º dia. Aos 9 dias, os pirênios armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ apresentaram-se mais firmes que os armazenados a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e, aos 15 dias, menos firmes que os armazenados a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$.

A firmeza está relacionada com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação, dando uma idéia das transformações na estrutura celular, da coesão das células e das alterações bioquímicas, ocorridas durante a vida útil do produto em consequência da perda do turgor celular e ou da ação de enzimas hidrolíticas da parede celular (Chitarra & Chitarra, 2005).

Segundo Rodrigues (2005), em estudos realizados com pequis minimamente processados e armazenados a $\pm 6^{\circ}\text{C}$ por 15 dias, a firmeza decresceu, linearmente, com o tempo de armazenamento, de 4,24 a 2,48N. Isso não ocorreu com os pequis aqui estudados, armazenados à temperatura semelhante e pelo mesmo tempo, os quais não foram influenciados pelo fator tempo e a média de firmeza foi de 8,05N (pirênios mais firmes do que os estudados pelo referido autor).

A variável sólidos solúveis (SS) sofreu influência significativa somente do fator isolado tempo ($P < 0,05$), conforme verificado pela Figura 4.

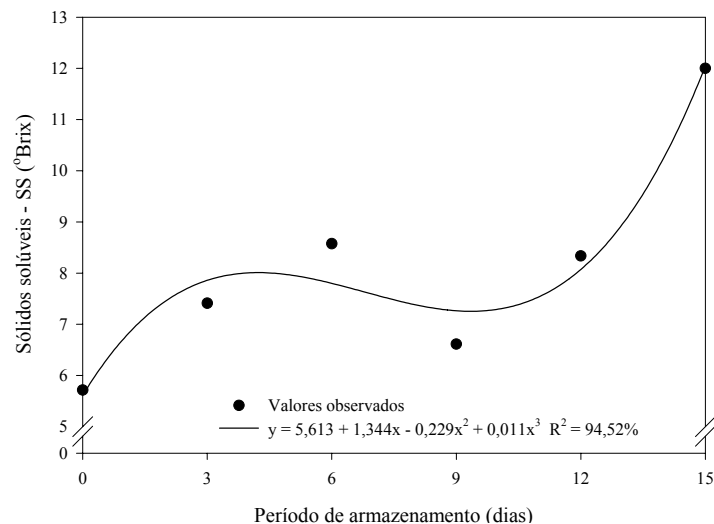


FIGURA 4 Valores observados dos sólidos solúveis (°Brix) em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

No dia do processamento, os teores de SS nos pequis minimamente processados foi, em média, de $5,71^{\circ}\text{Brix}$. No decorrer do armazenamento, esse valor sofreu pequenas variações até o décimo segundo dia, atingindo o teor máximo no último dia de armazenamento (12°Brix).

Os teores de sólidos solúveis representam boa parte dos açúcares (85% a 90%) encontrados na maioria dos frutos, sendo o restante, constituído de vitaminas, fenólicos, pectinas e ácidos orgânicos. No pequi minimamente processado e armazenado por 15 dias a $\pm 6^{\circ}\text{C}$, os açúcares representam 13% dos sólidos solúveis, segundo Rodrigues (2005).

De acordo com Vilas Boas (1999), o acúmulo de açúcares durante a vida útil dos vegetais pode ocorrer em decorrência da conversão do amido em açúcares. O aumento nos teores de SS pode vir também da síntese de compostos

secundários como fenólicos simples, em resposta às etapas do processamento mínimo (Chitarra, 2001) e também pelo acúmulo de ácidos orgânicos.

Os teores de sólidos solúveis, relatados por Rodrigues (2005) em pequis minimamente processados e armazenados a 6°C por 15 dias, decresceram durante o armazenamento (6,04% para 5,5%), resultado este oposto ao encontrado no presente trabalho. A contradição pode ser explicada pelo estágio de amadurecimento do fruto. Os pequis utilizados pelo referido autor foram coletados com o epicarpo já rachado, caracterizando um fruto com estágio de maturação avançado. Em contrapartida, os frutos coletados neste trabalho estavam sem rachaduras no epicarpo, o que sugere um estágio de maturação mais precoce.

A acidez titulável, medida pela porcentagem de ácido cítrico (ácido predominante sugerido por Nascimento et al., 2004), foi afetada significativamente ($P < 0,05$) pela interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento (Figura 5). O tempo de armazenamento não afetou a acidez titulável dos pirênios submetidos a 22°C. A média de ácido cítrico observada nos pequis minimamente processados a 22±1°C foi de 0,18%. O teor desse ácido nos pirênios a 0±1°C teve queda até o nono dia de armazenamento (0,19% para 0,14%), aumentando, logo depois, até o décimo quinto dia (0,23%). Comportamento semelhante teve a acidez dos pirênios a 5±1°C, com queda inicial até o sexto dia (0,16% para 0,14%), elevando-se até o final do armazenamento (0,23%). Nota-se, em ambas as temperaturas, que os teores mínimo e máximo da acidez foram iguais, ou seja, 0,14% e 0,23%, respectivamente.

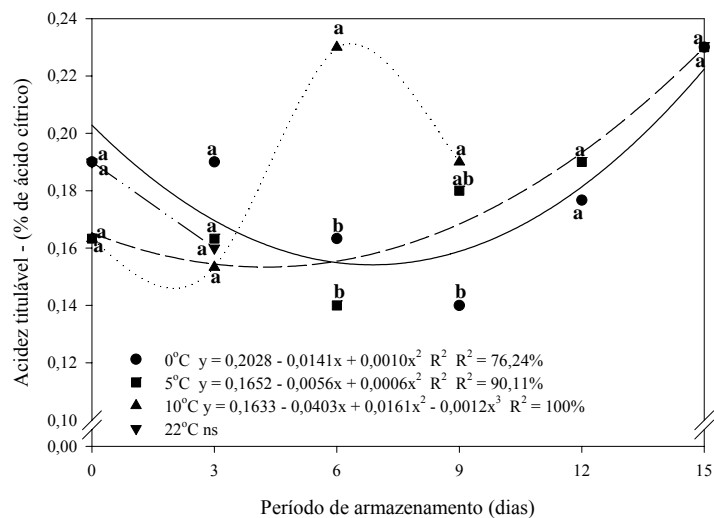


FIGURA 5 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da acidez titulável (% de ácido cítrico) em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A acidez dos pirênios armazenados a $10\pm 1^\circ\text{C}$, no entanto, apresentou um comportamento atípico, no qual houve, primeiramente, incremento até o sexto dia (0,16% para 0,23%), caracterizado pelo anabolismo (quando os frutos são viáveis para consumo), decaindo, em seguida, até o nono dia de armazenamento (0,19%), caracterizado pelo catabolismo celular.

Durante os três primeiros dias e depois no décimo segundo e décimo quinto dias, não houve diferença estatística significativa entre as médias de ácido cítrico nos pirênios armazenados a $0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$. Entretanto, no sexto dia, os pirênios armazenados a $10\pm 1^\circ\text{C}$ apresentaram uma acidez estatisticamente maior (0,23%) do que aqueles armazenados a $0\pm 1^\circ\text{C}$

(0,16%) e a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ (0,14%). No nono dia, a acidez diferiu significativamente somente entre os pirênios armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ (0,14%) e a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ (0,19%).

Os ácidos orgânicos sintetizados por meio da oxidação, decarboxilação e, em alguns casos, carboxilação de outros ácidos ou açúcares, são armazenados nos vacúolos da célula e utilizados na rota dos ácidos tricarbônicos, durante a respiração do fruto (Kays, 1991). Normalmente, esses ácidos tendem a diminuir no decorrer do armazenamento, à medida que são respirados ou convertidos a açúcares, como o que acontece com pequis minimamente processados e armazenados a 6°C , durante 15 dias (Rodrigues, 2005). Contudo, podem aumentar, como ocorre com banana e abacaxi, atingindo os mais altos níveis no estágio pleno de amadurecimento (Vilas Boas, 2002) e assemelhando-se ao comportamento da acidez dos pirênios aqui pesquisados, os quais tiveram um ligeiro acréscimo nos teores de ácido cítrico ao longo do armazenamento, em decorrência do baixo metabolismo respiratório (Figura 1), freado pela temperatura, que gerou um acúmulo de ácidos nos vacúolos à medida que os teores de sólidos solúveis foram aumentando (Figura 4).

O pH foi influenciado, significativamente ($P < 0,05$), pela interação dos fatores temperatura e tempo de armazenamento (Figura 6).

O pH dos pirênios armazenados nas diferentes temperaturas, com exceção daqueles a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$, teve o mesmo comportamento, ou seja, ascendência, seguido de queda. Os pirênios a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ apresentaram aumento linear no pH, atingindo o valor máximo no terceiro dia (6,9 a 7,4); os pirênios a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ alcançaram o pH máximo no nono dia (6,94 para 8,19) e mínimo no décimo quinto dia (6,36); a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, o pH mais elevado foi observado no terceiro dia (6,85 para 8,29), decaindo, posteriormente, até o décimo quinto dia (7,10) e, finalmente, a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$, o maior valor de pH foi verificado no sexto dia (7,02 para 7,42), decaindo nos dias subsequentes (6,49).

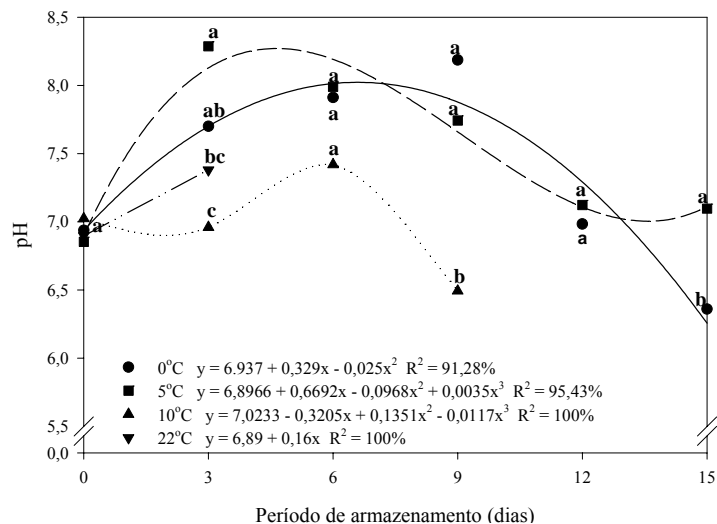


FIGURA 6 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação de pH em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No terceiro e nono dias, o pH dos pirênios armazenados a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ (6,96 e 6,49, respectivamente) foi menor estatisticamente em relação àqueles armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ (7,70 e 8,19, respectivamente) e a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ (8,29 e 7,74, respectivamente). No décimo quinto dia, os pirênios armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ (6,36) apresentaram valores de pH menores que aqueles armazenados a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ (7,10).

O menor pH dos pirênios sob a temperatura de armazenamento a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ é compatível com o maior resultado da acidez titulável, observado para pirênios, no mesmo tempo e temperatura. (Figura 5). Observou-se que com o transcorrer do armazenamento, a acidez aumentou e o pH diminuiu, com

exceção dos pirênios armazenados a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, os quais tiveram um ligeiro aumento de pH após o décimo segundo dia. Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o pH tende a aumentar com a redução da acidez somente se a concentração de ácidos estiver numa faixa entre 2,5% e 0,5%, valores esses acima dos encontrados (0,16% a 0,23%).

Em relação à alteração de cor dos pequis minimamente processados, a variável valor L^* foi influenciada significativamente ($P<0,05$), pela interação entre temperatura e tempo de armazenamento, nos primeiros nove dias (Figura 7). O fator isolado tempo influenciou significativamente ($P<0,05$) essa variável, quando a análise estatística foi realizada, considerando-se apenas as temperaturas de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 15 dias de armazenamento.

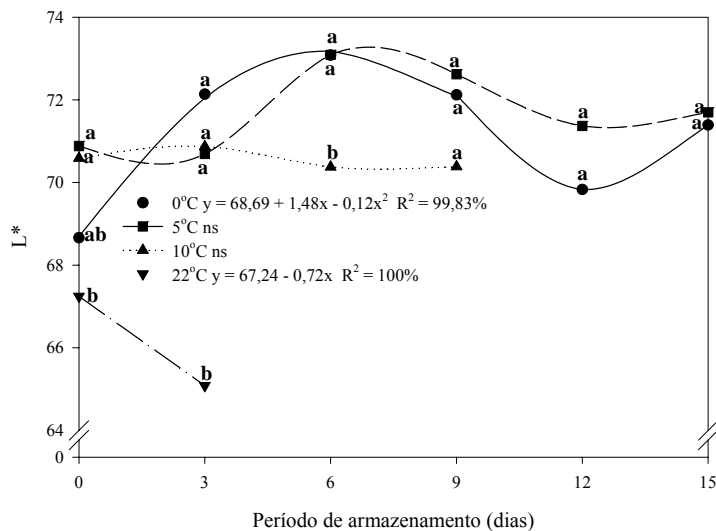


FIGURA 7 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do valor L* em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observou-se uma redução linear do valor L* nos pirênios armazenados a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ e comportamento quadrático, com tendência de elevação, nos pirênios armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$. O valor L* não sofreu variações significativas ao longo do tempo, nos pirênios armazenados a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$. Ou seja, o valor L* dos pirênios a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ aumentou durante o armazenamento, sugerindo uma coloração mais esbranquiçada ao pequi, provavelmente em resposta à perda de carotenóides, principalmente β -carotenos, os quais são pigmentos predominantes deste fruto, segundo Vilas Boas (2004).

Até o terceiro dia, a média do valor L* dos pequis minimamente processados a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ (65,08) foi estatisticamente menor que aquela a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$

(72,13), $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ (70,69) e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ (70,87) e, no sexto dia, a menor média foi observada nos pirênios a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ (70,38), diferindo daquela nos pirênios a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ (73,08) e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ (73,09).

Esse comportamento foi o oposto do encontrado por Rodrigues (2005) ao estudar o efeito de sanificantes em pequis minimamente processados, armazenados a $\pm 6^{\circ}\text{C}$ por 15 dias, os quais apresentaram um decréscimo no valor L^* durante o armazenamento. Esse fato pode ser explicado pela diferença de embalagem utilizada nos dois experimentos.

A variável valor a^* foi influenciada: pelo fator temperatura ($P < 0,05$), isoladamente, quando a análise estatística foi realizada, considerando-se as quatro diferentes temperaturas e três dias de armazenamento; pela interação temperatura e tempo de armazenamento ($P < 0,05$), considerando-se as temperaturas $0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e nove dias de armazenamento e pelo tempo de armazenamento, isoladamente, considerando-se as temperaturas de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e quinze dias de armazenamento (Figura 8).

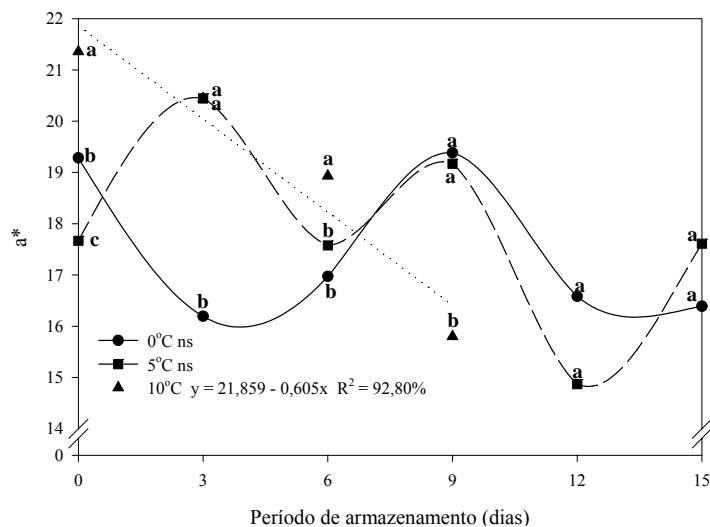


FIGURA 8 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do valor a^* em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As temperaturas de $0\pm 1^\circ\text{C}$ e $5\pm 1^\circ\text{C}$ não determinaram variações significativas ao longo de 15 dias de armazenamento, enquanto a temperatura de $10\pm 1^\circ\text{C}$ promoveu redução linear desta variável, durante os nove primeiros dias de armazenamento.

A temperatura de $0\pm 1^\circ\text{C}$ determinou menor valor a^* , em comparação às temperaturas de $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$, em média, durante 3 dias de armazenamento (Tabela 1).

TABELA 1 Valores médios observados dos parâmetros colorimétricos valor a* e valor b* de pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) e armazenados nos 3 primeiros dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	PARÂMETRO COLORIMÉTRICO*	
	a*	b*
0	17,74b	78,31ab
5	19,05ab	75,29b
10	20,90a	79,26a
22	21,25a	71,28c

* Médias seguidas da mesma letra representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O valor b* foi afetado pelo fator temperatura ($P < 0,05$), isoladamente, ao se considerar as temperaturas de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 3 dias de armazenamento (Tabela 1) e pelo fator tempo de armazenamento ($P < 0,05$), isoladamente, ao se considerar as temperaturas de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 15 dias de armazenamento (Figura 9).

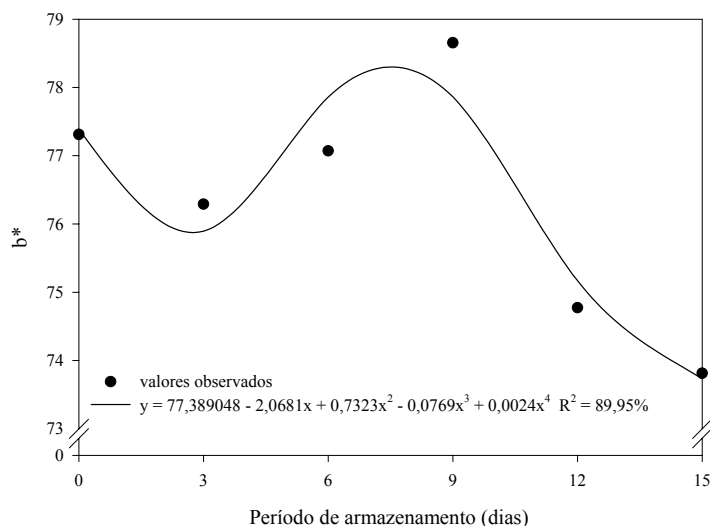


FIGURA 9 Valores observados do valor b^* em pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Observa-se, segundo Figura 9, oscilações no valor b^* , com tendência de redução, a partir do nono dia de armazenamento e diferença estatística (Tabela 1) entre as médias desta mesma variável nos pirênios armazenados, por 3 dias, a $5\pm 1^\circ\text{C}$ (75,29), $10\pm 1^\circ\text{C}$ (79,26) e $22\pm 1^\circ\text{C}$ (71,28). O valor b^* dos pirênios a 0°C (78,31) diferiram estatisticamente somente daqueles a 22°C .

Essa queda no valor b^* durante o armazenamento foi também verificada por Rodrigues (2005) em pequis minimamente processado a 6°C por 15 dias.

As concentrações de gases (O_2 e CO_2) no interior das embalagens de pequis minimamente processados foram influenciadas pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento ($P < 0,05$) (Figuras 10 e 11).

Observa-se, de acordo com as Figuras 10 e 11, que quanto mais baixa a temperatura menor o acúmulo de CO_2 e consumo de O_2 , nas embalagens. De

fato, a temperatura afeta diretamente a taxa respiratória de pequis minimamente processados; quanto mais baixa a temperatura, menor a taxa respiratória (Figura 1). Logo, os níveis de gases atmosféricos no interior de embalagens são um reflexo da temperatura de armazenamento, da taxa respiratória do produto armazenado a esta temperatura e da permeabilidade da embalagem.

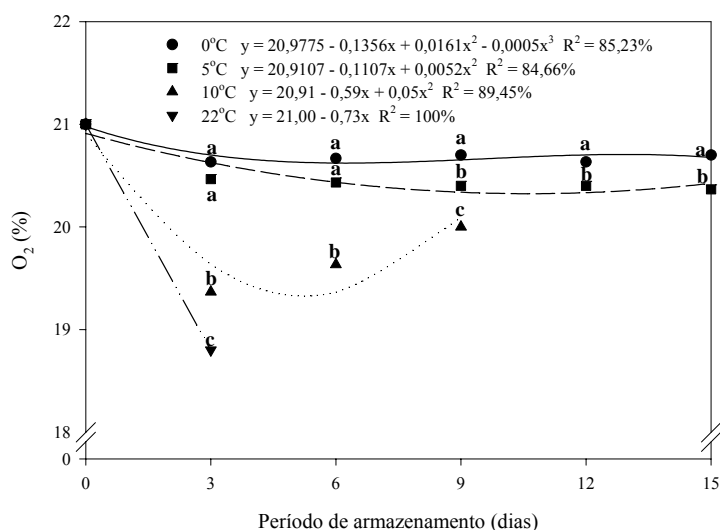


FIGURA 10 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da concentração de O₂ (%) no interior das embalagens de pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

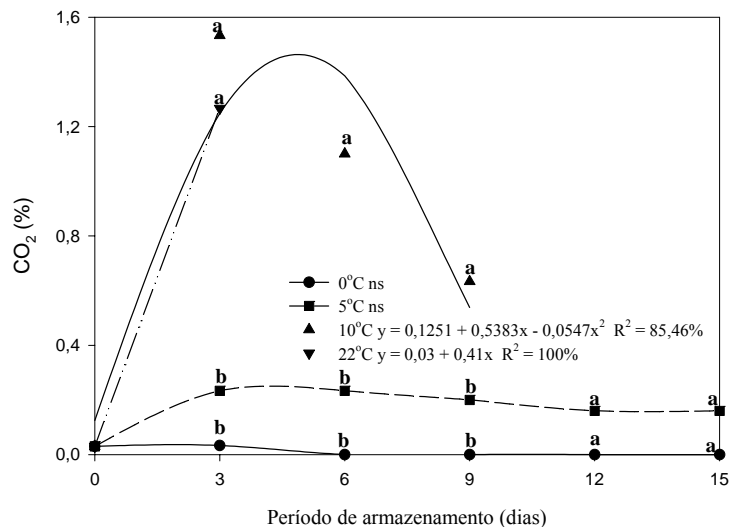


FIGURA 11 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da concentração de CO₂ (%) no interior das embalagens de pequis minimamente processados, submetidos a diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) e armazenados por 15 dias (UR 95%). UFLA, Lavras, MG, 2006.

* Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, representam semelhanças estatísticas entre as temperaturas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A despeito do efeito da temperatura, tampas rígidas são pouco efetivas quando o objetivo é a modificação interna da atmosfera, visto não fecharem hermeticamente as embalagens, em função do encaixe, permitindo assim trocas gasosas com o meio externo. Em função disso, as concentrações de O₂ e CO₂ variaram pouco no interior das embalagens, de 21% a 18,8% de O₂ (Figura 10) e de 0,03% a 1,53% de CO₂ (Figura 11), respectivamente, ao longo do armazenamento. As concentrações mais baixas de O₂ e mais altas de CO₂ foram observadas nos pirênios armazenados as temperaturas mais altas (10±1°C e 22±1°C), cujas médias diferiram estatisticamente das concentrações gasosas, no

interior das embalagens, dos pirênios armazenados a temperaturas menores ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$).

De fato, os pequis minimamente processados e armazenados nas temperaturas de $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ tiveram suas atividades metabólicas mais intensas, interferindo na perda de massa (Figura 2), na concentração de ácido cítrico e no pH (Figuras 4 e 5), no valor L^* e no valor a^* (Figuras 7 e 8).

6 CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas, quanto menor a temperatura de armazenamento de pequis minimamente processados, menor a taxa respiratória e, conseqüentemente, maior a vida de prateleira.

Os pequis minimamente processados e armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ alcançam 15 dias de vida útil, em relação àqueles pirênios armazenados a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$, os quais têm suas características físicas, físico-químicas e químicas alteradas em menos tempo, 3 e 9 dias respectivamente, tornando-se impróprios para o consumo a partir de então.

As temperaturas de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ são as mais eficazes na manutenção da qualidade de pequis minimamente processados, uma vez que os pirênios a essas temperaturas têm menor perda de massa, menor pH e menor concentração de CO_2 no interior das embalagens, contudo maior acidez e maior valor L^* .

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P.; SILVA, J.A. **Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 38p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15 ed. Washington, 1992. 2v.
- BARRADAS, M.M. Informação sobre fibração, frutificação e dispersão do pequi *Caryocar brasiliensis* Camb. **Cienc. Cult.**, v.24, p.1003-1008, 1972.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hostscience**, Alexandria, v.30, n.1, p.18-22, Feb. 1995.
- CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: Embrapa Hortaliças, 2000. p.147-155.
- CHITARRA, A.B. **Armazenamento de frutos e hortaliças por refrigeração**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 20p. (Textos Acadêmicos Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças – Manutenção e Qualidade).
- CHITARRA, M.I.F. **Alimentos minimamente processados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 93p. (Textos Acadêmicos Tecnologia e Qualidade de Alimentos Vegetais).
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças. fisiologia e manuseio**. 2.ed.rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. p. 783.
- DIGNART, S. **Análise de sementes de Jatobá do Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* (Hayne) Mart.) e Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov.)**. 1998. 58p. Dissertação (Mestrado-FAMEV. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá..
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos.
Resumos... São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.235.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.125-181.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION.
Processamento mínimo. 2006. Disponível em: <www.fresh-cuts.org>. Acesso em: 20 mar. 2006.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: _____.
Postharvest technology of horticultural crops. California: University of California and Natural Resources, 2002. p.39-47.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products.** New York: Avi, 1991. p.157-161.

KLUGE, R.A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado.** 2.ed. Piracicaba: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p.59-65.

NASCIMENTO, J.L. et al. Caracterização química de frutos do pequi (*Caryocar Brasiliense Camb.*) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. p.22-26. CD-ROOM

PINHEIRO, A.C.M. et al. Taxa respiratória de abacates minimamente processados armazenados sob diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4, 2006, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 134.

RIBEIRO, R. F. **Pequi: o rei do cerrado.** Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. 62 p.

RODRIGUES, L.J. **O Pequi (*Caryocar brasiliense Camb*): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo.** 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, J.A. et al. **Frutas nativas dos Cerrados**. Brasília: Embrapa – Cerrados, 1994. 166 p.

VILAS BOAS, B.M. et al. Efeito da temperatura sobre a taxa respiratória de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4, 2006, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: ESALQ, 2006. p.159.

VILAS BOAS, E.V.B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. p.51. (Textos Acadêmicos Manutenção e Qualidade).

VILAS BOAS, E.V.B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p.44-59. (Textos Acadêmicos).

VILAS BOAS, E.V.B. **Frutas minimamente processados: pequi**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p.122-127.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO SOBRE O PERFIL VOLÁTIL DO PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.), ARMAZENADO SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

1 RESUMO

DAMIANI, Clarissa. **Influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), armazenado sob diferentes temperaturas.** Lavras: UFLA*. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em ciência dos Alimentos).

O pequi minimamente processado é uma alternativa promissora para a expansão do consumo deste fruto. O objetivo do trabalho foi identificar e verificar a influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil de pequi armazenado a 0°C, 5°C, 10°C e 22°C (95% UR). Pequis foram lavados, sanificados e seus pirênios extraídos, embalados e armazenados por 15 dias a 0°C, 5°C e 10°C e 6 dias a 0°C, 5°C, 10°C e 22°C. A cada três dias, foram congelados e, em seguida, feitas as extrações do óleo essencial por hidrodestilação e analisados os compostos voláteis por cromatografia gasosa/espectrometria de massas (CG – MS) na Universidade Federal de Goiás. As médias do rendimento do óleo essencial extraído foram de 0,0020%, 0,0022%, 0,0037% e 0,022%, para os pirênios a 0°C, 5°C, 10°C e 22°C respectivamente. Foram identificados 7 componentes: ácido hexanóico, hexanoato de etila, 2-hexenoato de etila, cis- β -ocimeno, octanoato de etila, 2-ectenoato de etila e etil decanoato. Dentre estes, hexanoato de etila e octanoato de etila foram considerados como os compostos de impacto, por sua associação com o aroma característico do pequi, sendo encontrados em porcentagens mais altas (aproximadamente 63% e 16,3%, respectivamente). Os voláteis determinados não foram influenciados pelo período de armazenamento. Os voláteis ácido hexanóico, 2-octenoato de etila e etil decanoato não foram influenciados significativamente pelas diferentes temperaturas. As temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C também não influenciaram, diferentemente, os voláteis hexanoato de etila, 2-hexenoato de etila e octanoato de etila. Além disso, as temperaturas de 5°C, 10°C e 22°C não influenciaram, diferentemente, os voláteis hexanoato de etila, cis- β -ocimeno e octanoato de etila. A temperatura de 22°C determinou maiores porcentagens de hexanoato de etila e menores porcentagens de octanoato de etila, em comparação à temperatura de 0°C e maiores porcentagens de 2-hexenoato de etila em comparação às temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C, enquanto a temperatura de 5°C determinou maior porcentagem de cis- β -ocimeno quando comparada com a temperatura de 0°C. As temperaturas de armazenamento de 0°C e 5°C foram as mais apropriadas para a conservação de pequis minimamente processados por até 15 dias, sem causar prejuízos consideráveis ao seu aroma característico, baseado em seu perfil volátil.

* Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA (orientador), Pedro Henrique Ferri – UFG.

2 ABSTRACT

DAMIANI, Clarissa. **Influence of the minimal processing on the volatile profile of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.), stored under different temperatures.** Lavras: UFLA*. 2006. 127p. Dissertation (Master in Food Science).

Fresh-cut pequi is a promising alternative to expansion of the consumption of this fruit. The objective of the work was to identify and verify the influence of minimal processing on the volatile profile of pequi fruit stored at 0°C, 5°C, 10°C and 22°C (95% UR). Pequi fruits were washed, sanitized and their kernels extracted, packaged and stored for 15 days at 0°C, 5°C and 10°C and 6 days at 22°C. They were frozen every three days, made the extractions of the essential oils for hydro-distillation on the frozen kernels and the volatiles compounds were analyzed by gas chromatography/spectrometry of masses (GC - MS) at Federal University of Goiás/Brazil. The averages of extracted essential oil yield were 0.0020%, 0.0022%, 0.0037% and 0.022%, to the fruits stored at 0°C, 5°C, 10°C and 22°C respectively. Seven compounds were identified: hexanoic acid, ethyl hexanoate, ethyl 2-hexenoate, cis- β -ocimene, ethyl octanoate, ethyl 2-octenoate and ethyl decanoate. Among those, ethyl hexanoate and ethyl octanoate were considered as impact compounds, for their association with the characteristic aroma of the pequi fruit, being found in higher percentages (approximately 63% and 16.3%, respectively, of the volatile profile). The volatiles determined were not influenced by the storage period. Hexanoic acid, ethyl 2-octenoate and ethyl decanoate were not influenced, significantly, by the different temperatures. The temperatures 0, 5 and 10°C also did not influence, differently, ethyl hexanoate, ethyl 2-hexenoate and ethyl octanoate. Besides, the temperatures 5, 10 and 22°C did not influence, differently ethyl hexanoate, cis- β -ocimene and ethyl octanoate. The temperature 22°C determined higher percentages of ethyl hexanoate and lower percentages of ethyl octanoate, in comparison to the temperature of 0°C and higher percentages of ethyl 2-hexenoate in comparison to the temperatures of 0, 5 and 10°C, while the temperature 5°C determined higher percentage of cis- β -ocimene when compared with the temperature 0°C. The temperatures of storage 0°C and 5°C were the most appropriate for the conservation of fresh-cut pequi fruits by up to 15 days, without causing considerable damages to their characteristic aroma, based in their volatile profile.

*Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA (adviser), Pedro Henrique Ferri – UFG.

3 INTRODUÇÃO

A região do cerrado brasileiro apresenta grande número de espécies frutíferas, com frutos comestíveis que são utilizados por populações humanas há muito tempo (Barbosa, 1996). Estas frutas nativas são consumidas tanto ao natural quanto na forma de doces, mingaus, bolos, pães, biscoitos, geléias e licores (Almeida, 1998). Dentre as frutíferas nativas do cerrado, o pequi merece atenção especial, seja pela sua elevada incidência nos cerrados ou pelas características sensoriais de seus frutos (Paula, 2003) como o aroma totalmente exótico.

A palavra pequi tem sua origem no tupi, em que “py” significa casca e “qui” corresponde a espinho, originando casca espinhosa, possivelmente devido ao caroço do fruto ser revestido por finos espinhos (Almeida & Silva, 1994; Ribeiro, 2000).

Os frutos do pequi, contendo de 1 a 4 pirênios, são cobertos por uma polpa amarela (mesocarpo interno), pastosa e oleaginosa, rica em óleo, carboidratos, proteínas e vitaminas (Martins & Oliveira, 1983). Estudos da composição centesimal da polpa comestível de pequi (mesocarpo interno) do sul de Minas Gerais mostraram que ela possui 49,2% de umidade, 20,5% de extrato etéreo, 4,2% de proteína, 6,8% de fibras, 0,4% de cinzas, 18,9% de glicídios, 20.000UI de vitamina A e 105mg.100g⁻¹ de vitamina C (Vilas Boas, 2004).

O consumo de pequi pode apresentar alguns inconvenientes como: grande contaminação microbiológica, já que os frutos são colhidos do chão e muitos deles racham expondo o mesocarpo interno ao contato direto com o solo, ocorrendo grandes perdas pós-colheita; comercialização somente em regiões produtoras do fruto, além do que muitas donas de casa reclamam da dificuldade

ao descascar os frutos, enquanto outras não gostam do forte odor residual deixado nas mãos após sua manipulação.

Para solucionar esses problemas, o processamento mínimo é um aliado para garantir, ao máximo, a conveniência e a qualidade esperadas pelo consumidor moderno, oferecendo um produto com total segurança higiênico-sanitária, além de contribuir para a expansão do consumo, não só nas regiões produtoras de pequi, mas também em todo país (Rodrigues, 2005).

Frutas e hortaliças minimamente processadas são definidas como sendo produtos que passam por operações de seleção, lavagem, descascamento e corte, os quais eliminam as partes não comestíveis dos mesmos, como casca, talos e sementes, seguidos do preparo em tamanhos menores e prontos para consumo imediato (100% aproveitável), sem que o vegetal perca a condição de produto ainda fresco, com qualidade e garantia de sanidade (IFPA, 2006).

Para tanto, o controle da temperatura é muito importante, pois minimiza os efeitos dos ferimentos aos tecidos nos produtos minimamente processados (Brecht, 1995). A utilização do armazenamento refrigerado para esse tipo de produto se baseia na idéia de que baixas temperaturas retardam o crescimento da maioria dos microrganismos, diminuem a taxa respiratória e são eficazes em reduzir as atividades enzimáticas (Chitarra & Chitarra, 1990; Willey, 1994; Cantwell, 2000; Luengo & Calbo, 2001), aumentando a vida útil dos produtos e reduzindo as perdas de aroma, sabor, cor, textura e outros atributos de qualidade do produto armazenado (Wills et al., 1981; Antunes et al., 2003).

O aroma característico das frutas se desenvolve, normalmente, durante um curto período, que coincide com o amadurecimento pleno, durante o qual o metabolismo se caracteriza pelo catabolismo de pequenas quantidades de lipídios (ácidos graxos), proteínas (aminoácidos) e carboidratos, os quais são, enzimaticamente, convertidos em compostos voláteis (Seymour et al., 1993) como ésteres, lactonas, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, acetais,

hidrocarbonetos e alguns fenóis, éteres e compostos oxigenados heterocíclicos. Os compostos voláteis têm baixo peso molecular ($PM < 250$) e se encontram em misturas complexas, sendo muito importante a relação entre a concentração ou proporção existente entre eles (Chitarra & Chitarra, 2005).

A grande preocupação em submeter o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) ao processamento mínimo é a descaracterização do seu aroma, uma vez que esta é a principal razão de consumo, pois ele é utilizado para aromatizar diversos pratos culinários. Em temperaturas de armazenamento mais altas, as rotas de síntese de voláteis são ativadas; uma parte destes é emanada para o meio e outra parte pode voltar à fase líquida, quando o fruto é submetido a refrigeração, afetando as células internas ou, quando presos nos espaços intercelulares, afeta as células externas, modificando as características sensoriais do produto. Os principais compostos voláteis que têm esse comportamento são os ésteres oriundos da união de álcoois de C_1 - C_6 com ácidos carboxílicos de C_1 - C_6 (Weichmann, 1987).

Em decorrência desses fatores, o presente trabalho teve como objetivo identificar os voláteis que fazem parte do exótico buquê contido no pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e verificar a influência do processamento mínimo sobre esses mesmos voláteis, quando submetidos a temperaturas de $0 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$, $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $22 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 15 dias de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Pequis maduros foram coletados do chão, em três diferentes fazendas, no município de Cordisburgo, altitude de 720m, região metropolitana de Belo Horizonte, MG, ao acaso, sem rachaduras no epicarpo, com ausência de injúrias e podridões. Após prévia seleção, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG.

4.2 Processamento mínimo

Assim que os frutos chegaram ao laboratório, foram lavados com detergente neutro, enxaguados em água corrente e armazenados a $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 90% e 95% por, aproximadamente, 13 horas na sala de processamento.

Após esse período, os pequis foram sanificados com hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm (pH 7,0) por 15 minutos, sendo posteriormente cortados, manualmente, com auxílio de facas afiadas, para a retirada dos pirênios (mesocarpo interno). Estes foram novamente sanificados com hipoclorito de sódio (NaClO) a 100ppm (pH 7,0), por mais 15 minutos e, em seguida, acondicionados em peneiras plásticas para a retirada do excesso de água. A seguir, os pirênios foram pesados (aproximadamente 110g), acondicionados em bandejas plásticas de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm) com tampa, transportados para as câmaras e armazenados sob diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$), umidade relativa de 95% em três repetições, durante 15 dias.

A cada três dias, os pequis minimamente processados eram retirados das embalagens de polipropileno, congelados com nitrogênio líquido, acondicionados em sacos plásticos e armazenados a -84°C. Transcorridos 15 dias, os pequis congelados foram transportados, em caixa de isopor, para o Laboratório de Bioatividade Molecular do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, onde foram feitas a extração, a identificação e a quantificação dos compostos voláteis majoritários.

4.3 Extração do óleo essencial

O óleo essencial dos pequis minimamente processados (aproximadamente 110 g) foi extraído por hidrodestilação, em aparelho de Clevenger modificado, utilizando um condensador triplo, por 1 hora. O óleo foi coletado com 20 gotas de Hexano Ultra Resíduo 95% (J T Baker), seco com Na₂SO₄ anidro P.A (Dinâmica) e acondicionado em frascos de vidro âmbar. Em seguida, o hexano foi evaporado com nitrogênio líquido e o frasco de vidro pesado para a determinação do rendimento do óleo extraído. A etapa posterior foi armazenar o óleo em freezer a -18°C, até ser analisado.

4.4 Identificação e quantificação do óleo essencial

As amostras do óleo essencial foram submetidas à análise por cromatografia gasosa/espectrometria quadrupolar de massas (CG/EM) em equipamento Shimadzu, modelo QP5050A, utilizando uma coluna capilar de sílica fundida (CBP-5; 30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno x 0,25 µm de espessura do filme de 5% de fenilmetilpolisiloxano), mantendo-se uma vazão de 1 mL.min⁻¹ de hélio, como gás de arraste; temperatura do injetor a 220°C e interface a 240°C e aquecimento com temperatura programada (60°C a

246°C, com um gradiente de 3°C.min⁻¹; em seguida, a 10°C.min⁻¹ até 260°C, mantendo-se a isoterma de 1,6 min, com um tempo total de 65 min). O volume de injeção da amostra foi de, aproximadamente, 0,4 µl, diluído em diclorometano (~10% p/v), com razão de split de 1:20, sendo a análise conduzida no modo varredura, com energia de ionização de 70 eV; intervalo de massas de 40-440 *m/z*, a uma velocidade de 1 scan.s⁻¹. A identificação dos componentes dos óleos essenciais foi realizada por comparação dos espectros de massas e índices de retenção com os da literatura (Adams, 1995; 2001), além da busca (automática e manual) dos espectros de massas com aqueles das bibliotecas NIST/EPA/NIH (1998). Os índices de retenção foram calculados por meio da co-injeção de uma mistura de hidrocarbonetos, C₈-C₃₂ e com aplicação da equação de Van Den Dool & Kratz (Van Den Dool & Kratz, 1963; Ferracini, 1995). A análise quantitativa foi efetuada pela integração do cromatograma total de íons (TIC).

4.5 Delineamento experimental

Em decorrência dos pirênios armazenados a 22±1°C terem alcançado somente seis dias de armazenamento, foram realizados 2 experimentos em delineamentos inteiramente casualizados (DIC): o experimento 1, com fatorial 4 x 3, ou seja, 4 diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) e 3 tempos (0, 3 e 6 dias), em 3 repetições e o experimento 2, com fatorial 3 x 6, ou seja, 3 diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C e 10±1°C) e 6 tempos (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), em 3 repetições. Cada parcela experimental foi constituída de uma embalagem plástica de polipropileno, contendo aproximadamente 110 gramas de pequi.

4.6 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após análise de variância, as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento do óleo essencial extraído de aproximadamente 110g de pequi minimamente processado foi de 0,0020% para os pirênios armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$; 0,0022% para os armazenados a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$; 0,0037% para aqueles armazenados a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 0,022% para aqueles armazenados a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$. Os pirênios armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ diferiram, estatisticamente, daqueles armazenados a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($P < 0,01$), os quais obtiveram maiores rendimentos na extração. Esses valores são maiores que os obtidos pela extração de óleo essencial dos frutos do limoeiro ('Siciliano' e 'Eureka'), pelo mesmo método de Clevenger, o qual produziu 5,13kg de óleo por tonelada de fruto ou 0,000513% (Grassi Filho et al., 2005), contudo, ficou abaixo do rendimento encontrado na polpa de pequi (mesocarpo interno) (0,09%), por Marques (2001), provavelmente em decorrência da utilização de outra técnica de extração (arraste a vapor). Vale ressaltar, segundo Laencina et al. (1988), que o rendimento não está associado somente ao método de extração, mas também ao material genético e à diferença na resposta destes materiais às condições ambientais.

As diferenças no rendimento da extração do óleo essencial se devem, provavelmente, ao fato do metabolismo fisiológico do vegetal ser maior em temperaturas mais elevadas, principalmente no que se refere à taxa respiratória (Chitarra & Alves, 2001). Damiani et al. (2006), estudando o comportamento respiratório do pequi frente a diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$), durante 15 dias de armazenamento, verificaram que a respiração é mais intensa quanto maior for a temperatura, reduzindo, assim, a vida útil do produto. Com o pirênio respirando mais intensamente, ocorre aumento na produção de acil-CoA, que, unindo-se com uma molécula de álcool, ambos oriundos da β -oxidação ou atuação da enzima lipoxigenase (LOX) nas frações lipídicas, como também do

metabolismo de aminoácidos, por meio da enzima álcool aciltransferase (ATT), formará uma quantidade maior de voláteis (Hulme, 1970; Wyllie & Fellman, 2000; Knee, 2002).

Estudos realizados por Rodrigues (2005) com pequis minimamente processados e armazenados a 6°C, por 15 dias, mostraram que o índice de peróxido (produto da oxidação de lipídios na presença de oxigênio) aumentou no transcorrer do tempo (90,626 a 138,205 μg de O₂.g⁻¹), comprovando, assim, a atuação de enzimas lipoxigenases sobre os ácidos insaturados.

Os pirênios armazenados a 22±1°C, após o sexto dia de armazenamento, apresentaram características indesejáveis para o consumo, como odor desagradável, escurecimento e amolecimento da polpa e aparecimento de fungos na superfície do produto. Por essa razão, as análises de voláteis foram feitas até o sexto dia, para os pirênios armazenados sob esta temperatura.

Os principais compostos voláteis identificados nos pequis minimamente processados armazenados sob diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C) estão apresentados na Tabela 1. Foram identificados, no cromatograma total de íons, 16 picos (Figura 1), cujas maiores áreas foram de 7 componentes, em sua maioria ésteres. São eles: ácido hexanóico, hexanoato de etila, 2-hexenoato de etila, cis-β-ocimeno, octanoato de etila, 2-ectenoato de etila e etil decanoato. Dentre estes, o hexanoato de etila e o octanoato de etila podem ser considerados compostos de impacto por sua associação com o aroma característico do pequi, sendo encontrados em porcentagens mais altas (aproximadamente 63% e 16,3%, respectivamente). Esses mesmos compostos voláteis foram encontrados por Passos et al. (2002), quando pesquisaram a influência da precipitação pluviométrica na composição dos voláteis nos pirênios de pequis (*Caryocar brasiliense*).

TABELA 1 Índices de retenção calculados (IR Calc.), por meio da fórmula de Dool & Kratz (1963), índices de retenção proposto pela literatura (IR Lit.), segundo Adams (1995; 2001) e principais compostos voláteis identificados em pequis minimamente processados armazenados sob diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$), por 15 dias. UFG, Goiânia, GO, 2006.

Pico	tx	tn	tn-1	tx - tn-1	tn - tn-1	IR Calc.	IR Lit.	Proposta
6	7,174	7.979	5.110	2.064	2.869	971.94	---	ácido hexanóico
7	7,983	11.764	7.979	0.004	3.785	1000.11	---	hexanoato de etila
9	9,407	11.764	7.979	1.428	3.785	1037.73	1044	2-hexenoato de etila
10	9,608	11.764	7.979	1.629	3.785	1043.04	1050	(E)-beta-ocimeno
13	15,818	16.080	11.764	4.054	4.316	1193.93	1197	octanoato de etila
14	17,968	20.552	16.080	1.888	4.472	1242.22	1249	2-octenoato de etila
16	24,640	24.969	20.552	4.088	4.417	1392.55	---	decanoato de etila

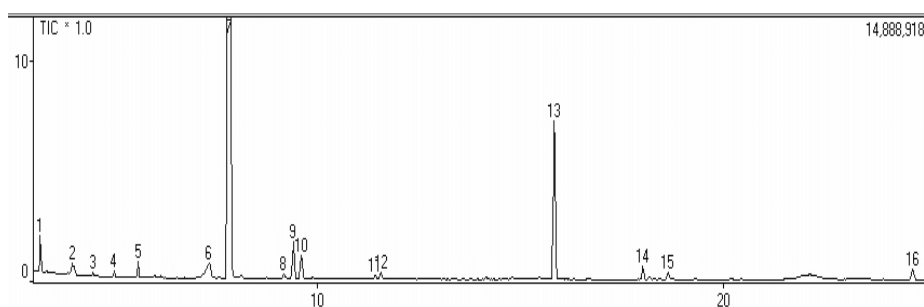


FIGURA 1 Cromatograma total de íons obtidos na análise de cromatografia gasosa de pequis minimamente processados, armazenados sob diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$), por 15 dias. UFG, Goiânia, GO, 2006.

A partir do tempo de retenção de cada pico na análise, calculou-se o índice de retenção (Tabela 1) de cada composto, utilizando-se a fórmula de Dool e Kratz (1963). Esse tempo de retenção é único para cada composto, se utilizado um mesmo método que, no caso, é o de Kovatz. Esse método, juntamente com os espectros de massas gerados, permitiu a identificação de cada composto, utilizando um software próprio do programa, existente no cromatógrafo gasoso, acoplado com o espectrômetro de massa (CG-MS). Finalmente, em comparação com a literatura, identificaram-se os sete principais compostos obtidos no óleo essencial.

As estruturas das principais substâncias encontradas no óleo essencial do pequi minimamente processado são apresentadas na Figura 2.

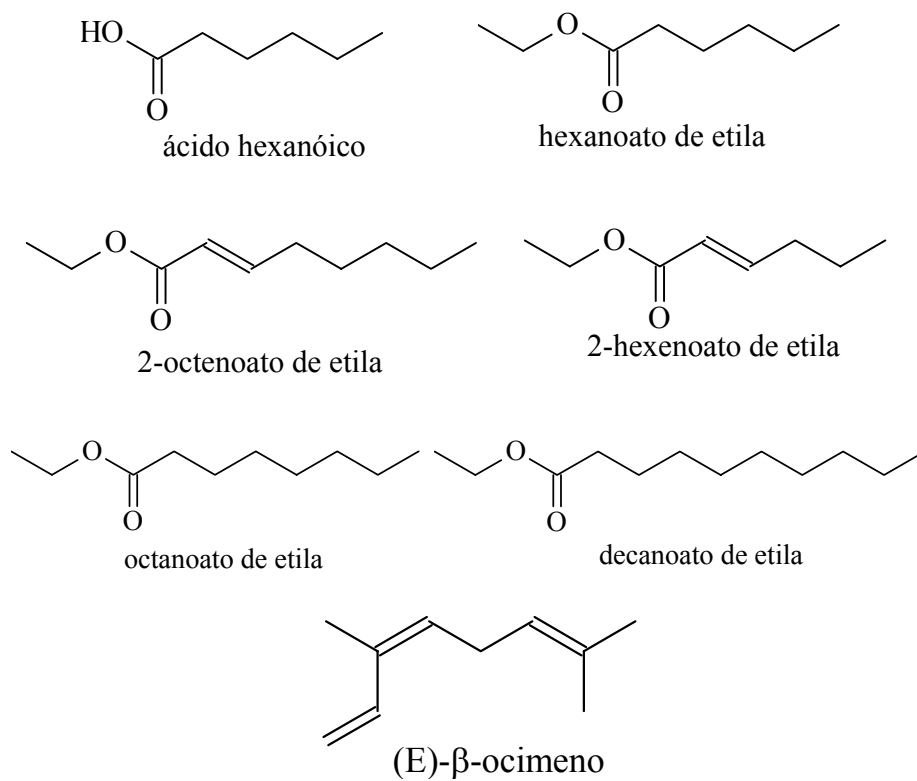


FIGURA 2 Principais substâncias encontradas no óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), armazenado em diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$), durante 15 dias. UFG, Goiânia, Go, 2006.

Nenhum dos sete compostos identificados sofreu alterações quantitativas, significativas, durante o período de armazenamento. No entanto, o fator isolado temperatura influenciou, significativamente, alguns compostos ($P < 0,05$).

De acordo com os dados da Tabela 2, os voláteis ácido hexanóico, 2-octenoato de etila e etil decanoato não foram influenciados, significativamente, pelas diferentes temperaturas. As temperaturas de $0 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1^\circ\text{C}$ também não influenciaram, diferentemente, os voláteis hexanoato de etila, 2-hexenoato de etila e octanoato de etila. Além disso, as temperaturas de $5 \pm 1^\circ\text{C}$, $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $22 \pm 1^\circ\text{C}$ não influenciaram, diferentemente, os voláteis hexanoato de etila, cis- β -ocimeno e octanoato de etila. A temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$ determinou maiores porcentagens de hexanoato de etila (82,34%) e menores porcentagens de octanoato de etila (7,22%), em comparação à temperatura de 0°C (42,20% e 27,95%, respectivamente) e maiores porcentagens de 2-hexenoato de etila (2,59%) em comparação às temperaturas de $0 \pm 1^\circ\text{C}$ (0,93%), $5 \pm 1^\circ\text{C}$ (1,05%) e $10 \pm 1^\circ\text{C}$ (1,24%), enquanto a temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ determinou maior porcentagem de cis- β -ocimeno (1,22%), quando comparada com a temperatura de $0 \pm 1^\circ\text{C}$ (0,51%).

As médias, aparentemente tão diferentes, mas estatisticamente iguais, são decorrentes dos altos valores dos coeficientes de variação, encontrados em todos os compostos voláteis presentes nos pequis minimamente processados, armazenados a $0 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$, $10 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 15 dias e $22 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 6 dias. O fato se explica pela grande variação genética que este fruto possui, comprovado por estudos realizados por autores como Oliveira (1998), que afirma existir variabilidade genética entre e dentro de populações de pequi, como consequência do elevado fluxo gênico, decorrente da dispersão de pólen e sementes a longas distâncias e uma alta taxa de fecundação cruzada (84%). Naves et al. (2004) e Nascimento et al. (2004), concluíram que a contribuição

para a variação de caracteres físicos e químicos de frutos, atribuída às regiões, às plantas e aos próprios frutos nas plantas, é muito grande, em outras palavras, os frutos são diferentes entre áreas, bem como entre plantas e, mesmo, dentro da mesma planta. Rodrigues et al. (2004) também afirmaram que o pirênio alterna, significativamente, sua composição química, de acordo com a região de origem, podendo ser atribuída essa diferença ao clima, ao solo, etc.

TABELA 2 Porcentagens médias dos compostos voláteis do óleo essencial de pequi minimamente processado, armazenado a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 15 dias e a $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 6 dias. UFG, Goiânia, GO, 2006.

Compostos Voláteis	Temperatura de armazenamento			
	0°C	5°C	10°C	22°C
Ac. Hexanóico	6,64a	4,45a	10,70a	0,12a
Hexanoato de etila	42,20b	61,03ab	65,78ab	82,34a
2- hexenoato de etila	0,93b	1,05b	1,24b	2,59a
Cis- β - ocimeno	0,51b	1,22a	0,70ab	1,09ab
Octanoato de etila	27,95a	16,40ab	13,62ab	7,22b
2-octenoato de etila	3,85a	3,70a	2,13a	0,96a
Etil decanoato	3,72a	4,83a	5,08a	0,04a

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%.

De Paula et al. (2000), estudando os compostos voláteis nos frutos do pequi (pirênios), à temperatura ambiente, pelo mesmo método de extração e identificação realizado neste trabalho, obtiveram valores médios de 94,41% do composto hexanoato de etila, valor este acima do encontrado (82,34% a

temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$), porém 2,22% do composto octanoato de etila, valor, agora, abaixo do encontrado (7,22%, à temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$).

Passos et al. (2002) encontraram as seguintes porcentagens nos compostos voláteis do pirênio do pequi (*Caryocar brasiliense*), à temperatura ambiente, em época de baixa precipitação pluviométrica e alta precipitação pluviométrica, respectivamente: 0,8% e 4,7% de ácido hexanóico, 91% e 70,9% de hexanoato de etila, 3,5% e 7,0% de 2-hexenoato de etila, 0,9% de cis- β -ocimeno no período de alta precipitação pluviométrica, 3,5% e 7,2% de octanoato de etila, 1,2% e 4,4% de 2-octenoato de etila, 0,6% de etil decanoato no período de alta precipitação pluviométrica. Nota-se que as médias dos compostos ácido hexanóico (0,12%), 2-hexenoato de etila (2,59%), 2-octenoato de etila (0,96%) e etil decanoato (0,04%), encontradas no presente trabalho, foram menores que as encontradas por Passos et al. (2002). No entanto, as médias dos compostos hexanoato de etila (82,34%) e octanoato de etila (7,22%) condizem com as do trabalho dos referidos autores. O composto cis- β -ocimeno foi o único que apresentou uma maior porcentagem em relação a Passos et al. (2002), a saber 1,09%.

Segundo Matteis & Fellmann (1999), a produção de compostos voláteis, como os ésteres, é reduzida em frutos embalados e estocados sob refrigeração. Lamikanra & Richard (2002) confirmaram essa proposta, estudando os compostos voláteis de melões minimamente processados, os quais verificaram um decréscimo na concentração de ésteres em um período de 24 horas, em decorrência ao armazenamento a 4°C .

Pelos resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que os mesmos comportamentos descritos por esses autores ocorreram com os compostos hexanoato de etila, que apresentou a porcentagem de 82,34% nos pirênios armazenados à temperatura de 22°C e somente 42,20% naqueles armazenados à temperatura de 0°C e também com o 2-hexenoato de etila, que apresentou 2,59%

nos pirênios estocados a temperatura ambiente e só 0,93% naqueles estocados à temperatura de 0°C. Entretanto, comportamento antagônico teve o composto octanoato de etila, o qual apresentou uma porcentagem de 7,22% em pequis minimamente processados, armazenados à temperatura ambiente e 27,95% naqueles armazenados à temperatura de 0°C.

6 CONCLUSÕES

O aroma exótico do mesocarpo interno do pequi (pirênios) é proveniente, praticamente, de ésteres, dos quais as substâncias hexanoato de etila e octanoato de etila são encontradas em maiores proporções, tanto nos frutos armazenados a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ ou $22\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Pelos resultados obtidos, e considerando-se a vida útil do produto, as temperaturas de armazenamento de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ são as mais apropriadas para a conservação de pequis minimamente processados por até 15 dias, sem causar prejuízos consideráveis ao seu aroma característico, baseado em seu perfil volátil.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 1995. 456p.
- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 2001. 468p.
- ALMEIDA, S.P. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina/DF: Embrapa, 1998. p.169.
- ALMEIDA, S.P.; SILVA, J.A. **Piqui e buriti: importância alimentar para a população dos cerrados**. Planaltina:EMBRAPA-CPAC, 1994. 38p.
- ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C.M. Postharvest conservation of blackberry fruits. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.38, n.3, p.413-419, 2003.
- BARBOSA, A.S. **Sistema biogeográfico do cerrado: alguns elementos para a sua caracterização**. Goiânia:UCG, 1996. 44p.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hostscience**, Alexandria, v.30, n.1, p.18-22, 1995.
- CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh-cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p.156-182.
- CHITARRA, A.B.; ALVES, R.E. **Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p.27. (Textos Acadêmicos).
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. Fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE. 1990. 293p.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed.rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005. p.249.

DAMIANI, C. et al. Atividade respiratória do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Resumos...** Piracicaba: ESALQ, 2006. p.151.

DE PAULA, J.R. et al. Composição química dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (Pequi). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas, MG, 2000, v.2.

DOOL, V.D.H.; KRATZ, P.D.J.A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v.11, p.463-471, 1963.

FERRACINI, V.L. **Óleos essenciais de *Baccharis* e sua interação com insetos polinizadores.** 1995. 205p. Tese (Doutorado)-Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.235.

GRASSI FILHO, H.; PENTEADO, B.B.; SANTOS, C.H. Preparo de amostras para a determinação do teor do óleo essencial de frutos de limoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v.27, n.1, Apr. 2005.

HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products.** London, 1970. v.1, p.260-261.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Processamento mínimo.** Disponível em: <www.fresh-cuts.org>. Acesso em: 20 mar. 2006.

KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis.** Ohio: Ohio University. Sheffield Academic, 2002. p.261-265.

LAENCINA, J.S.; MELENDRERAS, F.C.; FLORES, J. Characteristics and essential oil of leaves, flower and fruits of lemon-tree flowers and fruits lemon-tree cultivars. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 4., 1988, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ISCC. 1988. p.11.

LAMIKANRA, O.; RICHARD, O.A. Effect of storage on some volatile aroma compounds in fresh-cut cantaloupe melon. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.50, n.14, p.4043-4047, 2002.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p.59-65.

MARQUES, M.C.S. **Estudo fitoquímico e biológico dos extratos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2001. 91p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica/Agrobioquímica)—Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MARTINS, H.; TEXEIRA, L.C.; OLIVEIRA, A.M. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/STI-MIC, 1983. (Relatório Técnico de Projeto).

MATTHEIS, J.P.; FELLMAN J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.227-232, 1999.

NASCIMENTO, J.L. et al. Caracterização Química de Frutos do Pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version of the NIST/ EPA/NIH mass spectral data base**. Gaithersburg: U. S. Department of Commerce, 1988.

NAVES, R.V. et al. Caracterização física de frutos do pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

OLIVEIRA, K.A.B. **Variabilidade genética entre e dentro de Populações de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) do Estado de Goiás**. 1998. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)—Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

PASSOS, X.S. et al. Composition and antifungal activity of the essential oils of *Caryocar brasiliensis*. **Pharmaceutical Biology**, v.40, p.1-6, 2002.

PAULA, H. de. **A reprodução do pequizeiro**, 2003. Disponível em:
<<http://www.altiplano.com.br/pequi7.html>. Acesso em: 19 abr. 2006.

RIBEIRO, R.F. **Pequi: o rei do cerrado**. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. 62p.

RODRIGUES, L.J. et al. Caracterização físico-química da amêndoa e polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) produzidos nas regiões Norte e Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

RODRIGUES, L.J. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo**. 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.S.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman e Hall, 1993. p.9-14.

VILAS BOAS, E.V.B. Frutos minimamente processados: pequi. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p.122-127.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P.D.J.A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v.11, p.463-471, 1963.

WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.432.

WILEY, R.C. (Ed.) **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Campman & Hall. 1994. p.226-268.

WILLS, R.H.H; LEE, T.H; GRAHAM, W.B. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**, [S.l: s.n.], 1981. p.161.

WYLLIE, S.G.; FELLMAN, J.K. Formation of volatile branched chain ester in bananas (*Musa sapientum* L.). **Journal Agricultural Food Chemistry**, USA, v.48, n.8, p.3493-3496, 2000.

ANEXO

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Análise de variância do experimento 1 para perda de massa (PM), pH, valor L*, a* e b* de pequi minimamente processado, armazenado por três dias, em diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C)	119
TABELA 2A	Análise de variância do experimento 1 para concentração de O ₂ , CO ₂ , e sólidos solúveis (SS) de pequi minimamente processados, armazenado por três dias, em diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C, 10±1°C e 22±1°C)	119
TABELA 3A	Análise de variância do experimento 2 para perda de massa (PM), firmeza, valor L* e a* de pequi minimamente processado, armazenados por 9 dias, em diferentes temperaturas (0 ±°C, 5 ±°C e 10 ±°C)	120
TABELA 4	Análise de variância do experimento 2 para concentração de O ₂ e CO ₂ , acidez titulável (AT), pH, e sólidos solúveis (SS) de pequi minimamente processado, armazenado por 9 dias em diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C e 10±1°C)	120
TABELA 5A	Análise de variância do experimento 3 para perda de massa (PM), pH, acidez titulável (AT), e valor L*, a* e b* de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas (0±1°C e 5±1°C)	121
TABELA 6A	Análise de variância do experimento 3 para concentração de O ₂ , CO ₂ , firmeza e sólidos solúveis (SS) de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas (0±1°C e 5±1°C)	121

TABELA 7A	Análise de variância do experimento 1 para taxa respiratória (TR1) de pequi minimamente processado, armazenado por 6 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$)	122
TABELA 8A	Análise de variância do experimento 2 para taxa respiratória (TR2) de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$)	122
TABELA 9A	Análise de variância do experimento 1 para rendimento de óleos voláteis de pequi minimamente processado, armazenado por 6 dias ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 15 dias ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e armazenados em diferentes temperaturas	123
TABELA 10A	Análise de variância do experimento 1 para ácido hexanóico (AH), hexanoato de etila (HE), 2-hexenoato de etila (2HE), cis- β -ocimeno (CBO), octanoato de etila (OE), 2 octenoato de etila (2OE), etildecanoato (ED) de pequi minimamente processado, armazenado por 6 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$)	123
TABELA 11A	Análise de variância do experimento 2 para ácido hexanóico (AH), hexanoato de etila (HE), 2-hexenoato de etila (2HE), cis- β -ocimeno (CBO), octanoato de etila (OE), 2 octenoato de etila (2OE) e etildecanoato (ED) de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$)	124

ANEXO B	Página
FIGURA 1B Espectro de massa do composto ácido hexanóico	125
FIGURA 2B Espectro de massa do composto hexanoato de etila	125
FIGURA 3B Espectro de massa do composto 2-hexenoato de etila	125
FIGURA 4B Espectro de massa do composto cis- β -ocimeno	126
FIGURA 5B Espectro de massa do composto octanoato de etila	126
FIGURA 6B Espectro de massa do composto 2-ectenoato de etila	126
FIGURA 7B Espectro de massa do composto etil decanoato	127

TABELA 1A Análise de variância do experimento 1 para perda de massa (PM), pH, valor L*, a* e b* de pequi minimamente processado, armazenado por três dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PM	pH	L*	a*	b*
Temperatura	3	**	**	**	*	*
Tempo	1	**	**	ns	ns	ns
Temperatura x Tempo	3	**	**	**	ns	ns
Erro	16	---	---	---	---	---
Total	23	---	---	---	---	---
CV (%)	---	36,09	2,50	1,59	9,35	2,63
Média	---	0,88	7,21	69,52	19,73	76,03

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 2A Análise de variância do experimento 1 para concentração de O₂, CO₂, e sólidos solúveis (SS) de pequi minimamente processado, armazenado por três dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	O ₂	CO ₂	SS
Temperatura	3	**	*	ns
Tempo	1	**	**	**
Temperatura x Tempo	3	**	*	ns
Erro	16	---	---	---
Total	23	---	---	---
CV (%)	---	0,42	98,63	15,84
Média	---	20,41	0,41	6,64

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 3A Análise de variância do experimento 2 para perda de massa (PM), firmeza, valor L* e a* de pequi minimamente processado, armazenado por 9 dias, em diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C e 10±1°C). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PM	FIRMEZA	L*	a*
Temperatura	2	**	ns	*	ns
Tempo	3	**	**	**	ns
Temperatura x Tempo	6	**	*	*	**
Erro	24	---	---	---	---
Total	35	---	---	---	---
CV (%)	---	21,98	14,85	1,65	9,90
Média	---	1,22	7,53	71,29	18,60

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 4A Análise de variância do experimento 2 para concentração de O₂ e CO₂, acidez titulável (AT), pH, e sólidos solúveis (SS) de pequi minimamente processado, armazenado por 9 dias em diferentes temperaturas (0±1°C, 5±1°C e 10±1°C). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	O ₂	AT	pH	CO ₂	SS
Temperatura	2	**	ns	**	**	ns
Tempo	3	**	ns	**	**	**
Temperatura x Tempo	6	**	**	**	**	ns
Erro	24	---	---	---	---	---
Total	35	---	---	---	---	---
CV (%)	---	0,60	12,84	3,83	51,71	15,83
Média	---	20,44	0,17	7,43	0,33	7,20

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 5A Análise de variância do experimento 3 para perda de massa (PM), pH, acidez titulável (AT), e valor L*, a* e b* de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas (0±1°C e 5±1°C). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	PM	pH	AT	L*	a*	b*
Temperatura	1	**	ns	ns	ns	ns	ns
Tempo	5	**	**	**	**	*	*
Temperatura x Tempo	5	*	*	*	ns	ns	ns
Erro	24	---	---	---	---	---	---
Total	35	---	---	---	---	---	---
CV (%)	---	20,27	4,32	10,93	1,57	10,04	3,05
Média	---	1,14	7,43	0,18	71,47	17,59	76,31

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 6A Análise de variância do experimento 3 para concentração de O₂, CO₂, firmeza e sólidos solúveis (SS) de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas (0±1°C e 5±1°C). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	O ₂	CO ₂	FIRMEZA	SS
Temperatura	1	**	**	ns	ns
Tempo	5	**	ns	**	**
Temperatura x Tempo	5	*	ns	*	ns
Erro	24	---	---	---	---
Total	35	---	---	---	---
CV (%)	---	0,42	129,35	13,18	15,18
Média	---	20,62	0,09	7,82	8,10

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 7A Análise de variância do experimento 1 para taxa respiratória (TR1) de pequi minimamente processado, armazenado por 6 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $22\pm 1^{\circ}\text{C}$). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	TR1
Temperatura	3	**
Tempo	6	**
Temperatura x Tempo	18	**
Erro	56	---
Total	83	---
CV (%)	---	6,87
Média	---	62,99

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 8A Análise de variância do experimento 2 para taxa respiratória (TR2) de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $10\pm 1^{\circ}\text{C}$). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	TR2
Temperatura	2	**
Tempo	15	**
Temperatura x Tempo	30	**
Erro	96	---
Total	143	---
CV (%)	---	8,18
Média	---	18,65

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

TABELA 9A Análise de variância do experimento 1 para rendimento de óleos voláteis de pequi minimamente processado, armazenado por 6 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$) e 15 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $10\pm 1^\circ\text{C}$) e armazenados em diferentes temperaturas. UFLA, Lavras, MG, 2006.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL6	GL15	REND.6	REND.15
Temperatura	3	2	**	ns
Tempo	2	5	ns	*
Temperatura x Tempo	6	10	ns	ns
Erro	23	35	---	---
Total	34	52	---	---
CV (%)	---	---	122,51	96,88
Média	---	---	0,0077	0,0034

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 10A Análise de variância do experimento 1 para ácido hexanóico (AH), hexanoato de etila (HE), 2-hexenoato de etila (2HE), cis- β -ocimeno (CBO), octanoato de etila (OE), 2 octenoato de etila (2OE) e etildecanoato (ED) de pequi minimamente processado, armazenado por 6 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$, $10\pm 1^\circ\text{C}$ e $22\pm 1^\circ\text{C}$). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CV	GL	AH	HE	2HE	CBO	OE	2EE	ED
Temperatura	3	ns	*	**	*	**	*	ns
Tempo	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Temp. x Tempo	6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	24	---	---	---	---	---	---	---
Total	35	---	---	---	---	---	---	---
CV (%)	---	213,39	42,60	61,20	69,10	72,63	84,67	117,56
Média	---	4,98	62,84	1,45	0,93	16,30	2,66	3,99

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

TABELA 11A Análise de variância do experimento 2 para ácido hexanóico (AH), hexanoato de etila (HE), 2-hexenoato de etila (2HE), cis- β -ocimeno (CBO), octanoato de etila (OE), 2 octenoato de etila (2OE) e etildecanoato (ED) de pequi minimamente processado, armazenado por 15 dias, em diferentes temperaturas ($0\pm 1^\circ\text{C}$, $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $10\pm 1^\circ\text{C}$). UFLA, Lavras, MG, 2006.

CV	GL	AH	HE	2HE	CBO	OE	2EE	ED
Temperatura	2	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Tempo	5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Temp. x Tempo	10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	36	---	---	---	---	---	---	---
Total	53	---	---	---	---	---	---	---
CV (%)	---	164,82	51,69	64,49	68,69	72,15	84,86	119,42
Média	---	7,27	58,59	1,15	0,81	16,12	3,12	3,78

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor.

ns - Não significativo.

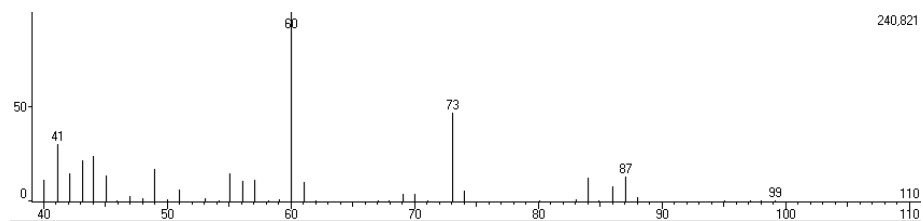


FIGURA 1B Espectro de massa do composto ácido hexanóico

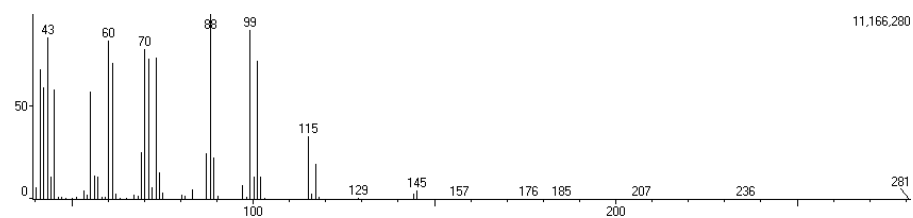


FIGURA 2B Espectro de massa do composto hexanoato de etila

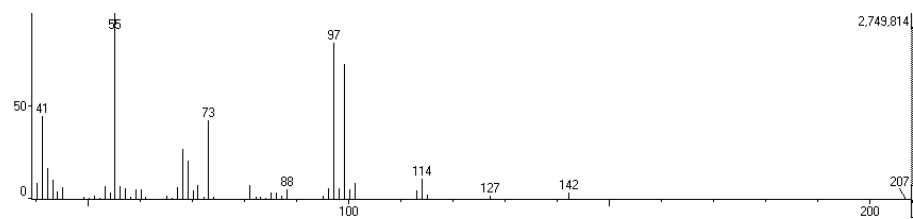


FIGURA 3B Espectro de massa do composto 2-hexenoato de etila

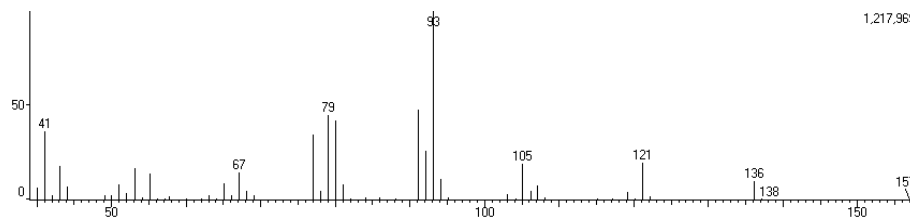


FIGURA 4B Espectro de massa do composto cis- β -ocimeno

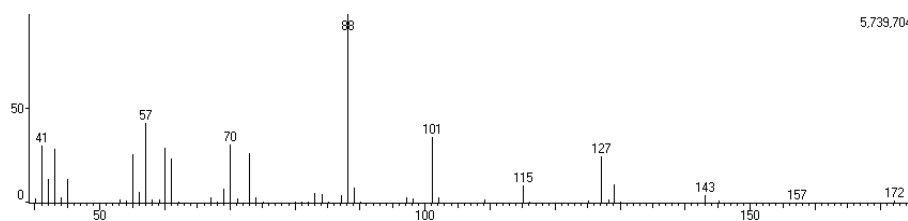


FIGURA 5B Espectro de massa do composto octanoato de etila

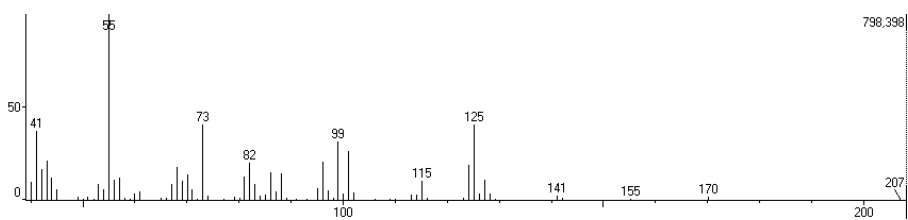


FIGURA 6B Espectro de massa do composto 2-ctenoato de etila

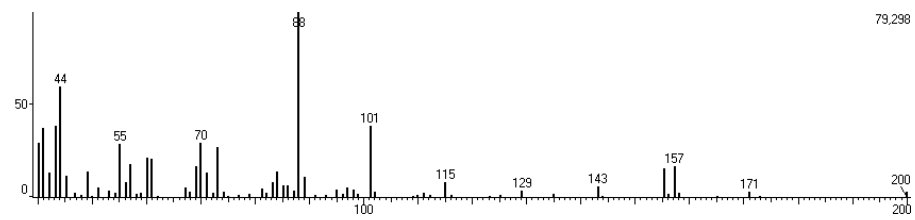


FIGURA 7B Espectro de massa do composto etil decanoato