

MATEUS DA SILVA JUNQUEIRA

**CONSERVAÇÃO DE MANDIOCA MINIMAMENTE
PROCESSADA NO FORMATO “PALITO”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

J95c
2009

Junqueira, Mateus da Silva, 1977-
Conservação de mandioca minimamente processada no
formato “palito” / Mateus da Silva Junqueira – Viçosa, MG,
2009.

ix, 62f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Rolf Puschmann
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Mandioca - Cultivo. 2. Mandioca - Processamento.
3. Produtos agrícolas - Processamento. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.682

MATEUS DA SILVA JUNQUEIRA

**CONSERVAÇÃO DE MANDIOCA MINIMAMENTE
PROCESSADA NO FORMATO “PALITO”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

APROVADA: 29 de julho de 2009

Prof. Fernando Luiz Finger

Prof^a. Nilda de F. Ferreira Soares

Prof. Adriano do Nascimento Simões
(coorientador)

Prof. Tocio Sedyama
(coorientador)

Prof. Rolf Puschmann
(orientador)

À minha esposa Maize, que sempre me deu apoio e amor incondicionalmente, e à minha filha Gabriela, por ser a alegria e razão de nossa existência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado coragem e perseverança em tudo na vida.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar meu doutorado.

À Capes, Fapemig e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Ao meu pai José João Junqueira (in memoriam), pelo exemplo de luta, garra e altruísmo, e à minha mãe Therezinha M^a da Silva Junqueira, pelo amor e dedicação todos esses anos.

Aos meus irmãos e cunhados, pela paciência e ajuda.

Ao meu orientador, professor Rolf Puschmann, pela dedicação e valiosa contribuição no meu amadurecimento profissional.

Aos professores Tocio Sedyama, Fernando Luiz Finger, Adriano do Nascimento Simões e Paulo César Correa, pelo aconselhamento e valiosas contribuições.

Aos professores Raimundo S. Barros, Fábio M. da Matta, Marco Aurélio Pedron e Silva, Nilda de Fátima Ferreira Soares, Maria Cristina D. Vanetti e aos demais que me ajudaram e contribuíram na minha formação.

Aos amigos de laboratório, em especial, Anderson, Franciscleudo, Leonardo, Thomaz, Clara, Ana Paula e Silvino, que muito me ajudaram nesse trabalho.

Aos funcionários da Fisiologia Vegetal, em especial, Geraldo, José Antônio, Reginaldo, Luciene e Oswaldo, pelo auxílio quando necessário.

A todos que de alguma maneira contribuíram para esse trabalho, meu sincero agradecimento.

CONTEÚDO

| | |
|---|-------------|
| RESUMO | vi |
| ABSTRACT | viii |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| CAPÍTULO 1..... | 2 |
| DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MANDIOCA NO FORMATO PALITO | 2 |
| RESUMO | 2 |
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 6 |
| 2.1. Desenvolvimento do cortador | 6 |
| 2.2. Obtenção da matéria-prima | 8 |
| 2.3. Processamento Mínimo | 8 |
| 2.4. Aeróbios Mesófilos Totais | 9 |
| 2.5. Análise Estatística | 9 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 10 |
| 3.1. Desempenho do cortador | 10 |
| 3.2. Centrifugação | 10 |
| 3.3. Rendimento Experimental..... | 11 |
| 3.4. Aeróbios Mesófilos Totais | 12 |
| 3.5. Fluxograma Proposto | 13 |
| 4. CONCLUSÕES | 16 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 17 |
| CAPÍTULO 2..... | 20 |
| ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS INERENTES AO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MANDIOCA NO FORMATO PALITO | 20 |
| RESUMO | 20 |
| 1. INTRODUÇÃO | 21 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 2.1. Obtenção da matéria-prima | 25 |
| 2.2. Processamento Mínimo | 25 |
| 2.3. Conservação | 25 |
| 2.4. Açúcares redutores | 25 |
| 2.5. Fibra Bruta | 26 |
| 2.6. Carotenoides Totais..... | 26 |
| 2.7. Fenilalanina Amônia Liase | 27 |
| 2.8. Fenólicos Solúveis Totais | 27 |
| 2.9. Capacidade Antioxidante | 27 |
| 2.10. Análise Estatística | 28 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 3.1. Açúcares Redutores..... | 29 |
| 3.2. Fibra Bruta | 30 |
| 3.3. Carotenoides Totais..... | 31 |
| 3.4. Atividade da Fenilalanina Amônia Liase | 32 |
| 3.5. Fenólicos Solúveis Totais | 33 |
| 3.6. Capacidade Antioxidante | 34 |
| 4. CONCLUSÕES | 36 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 3..... | 41 |
| ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS INERENTES AO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MANDIOCA NO FORMATO PALITO | 41 |
| RESUMO | 41 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 42 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 45 |
| 2.1. Obtenção da matéria-prima | 45 |
| 2.2. Processamento Mínimo | 45 |
| 2.3. Conservação | 45 |
| 2.4. Análises fisiológicas..... | 45 |
| 2.4.1. Gás Carbônico e Oxigênio na Embalagem | 45 |
| 2.4.2. Etileno na Embalagem | 46 |
| 2.5. Análises físico-químicas | 46 |
| 2.5.1. Firmeza..... | 46 |
| 2.5.2. Adesividade..... | 46 |
| 2.5.3. Índice de Escurecimento | 47 |
| 2.5.4. Perda de Massa..... | 47 |
| 2.6. Análise microbiológica | 47 |
| 2.7. Análise Estatística | 47 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 48 |
| 3.1. Análises fisiológicas..... | 48 |
| 3.1.1. Oxigênio na Embalagem | 48 |
| 3.1.2. Dióxido de Carbono na Embalagem | 49 |
| 3.1.3. Etileno na Embalagem | 50 |
| 3.2. Análises físico-químicas | 51 |
| 3.2.1. Firmeza..... | 51 |
| 3.2.2. Adesividade..... | 52 |
| 3.2.3. Índice de Escurecimento | 53 |
| 3.2.4. Perda de Massa Fresca | 55 |
| 3.3. Análise Microbiológica | 56 |
| 4. CONCLUSÕES | 58 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 59 |
| CONCLUSÕES GERAIS..... | 62 |

RESUMO

JUNQUEIRA, Mateus da Silva, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Conservação de mandioca minimamente processada no formato “palito”**. Orientador: Rolf Puschmann. Coorientadores: Adriano do Nascimento Simões; Tocio Sedyama e Paulo César Correa.

Objetivou-se desenvolver uma metodologia de processamento mínimo para mandioca no formato palito e estudar o comportamento dos palitos de duas cultivares durante conservação refrigerada. Mandiocas das cultivares Cacau e Amarela foram minimamente processadas no formato palito e mantidas em sacos de polipropileno, a 5 ± 1 °C, 90 ± 5 % UR. Foi proposto um fluxograma com etapas de seleção, sanitização inicial, corte das extremidades, corte em toletes, descasque e imersão em água gelada. Foi realizado corte em palitos, sanitização final, enxágue, centrifugação, embalagem em polipropileno e conservação a 5 ± 1 °C, sob 90 ± 5 % UR. Os palitos cortados com 100 mm^2 de área de seção transversal apresentaram rendimento maior do que os cortados com 64 mm^2 e 144 mm^2 . A cultivar Cacau exibiu rendimento superior ao da cultivar Amarela. A centrifugação por 10 segundos a 160 g foi suficiente para extrair a água adsorvida/absorvida nos processos de imersão, para ambas as cultivares. A contagem dos microorganismos aeróbios mesófilos totais não diferiu entre cultivares durante o período de conservação, no entanto, essa contaminação foi crescente, chegando próximo ao limite aceitável para consumo humano no 12º dia de conservação, o que ocorreu junto com o desenvolvimento de odor estranho e superfície pegajosa, descaracterizando o produto. A cultivar Amarela contém teores de açúcares redutores, de fibra bruta e de carotenoides maiores do que a cultivar Cacau. A atividade da fenilalanina amônia liase foi crescente durante a conservação e maior para a cultivar Amarela. O conteúdo de fenólicos solúveis totais e a capacidade antioxidante também foi maior para a cultivar Amarela, mas ambos decresceram durante a conservação, independentemente da cultivar. Palitos de mandioca da cultivar Amarela exibiram maior produção de CO_2 e de etileno do que os da cultivar Cacau, além do maior consumo de O_2 . Palitos da cultivar Amarela apresentaram maior firmeza do que palitos da cultivar Cacau. A adesividade foi crescente ao longo da conservação, não havendo diferenças entre cultivares e idades de colheita. Os palitos de ambas as cultivares não escureceram durante a conservação. A perda de massa fresca do conjunto produto-embalagem não variou para cultivar ou idade de colheita durante o período de conservação. No entanto, houve diferença entre cultivar e período de conservação para os palitos pesados imediatamente após sua

retirada da embalagem. A perda de massa foi maior nos palitos da cultivar Amarela do que nos palitos da cultivar Cacau. Foi observado um acréscimo na perda de massa para ambas as cultivares durante o período de conservação. A análise microbiológica por fluorescência em UV demonstrou contaminação visual por *Pseudomonas* spp. a partir do 9º dia, com intensa fluorescência no 12º dia. Palitos da cultivar Amarela são mais recomendados para o processamento e posterior uso culinário. A mandioca palito apresentou-se aceitável para o consumo até o 9º dia de conservação, refrigerada a 5 °C.

ABSTRACT

JUNQUEIRA, Mateus da Silva, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Conservation of cassava as fresh-cut sticks.** Adviser: Rolf Puschmann. Co-advisers: Adriano do Nascimento Simões; Tocio Sedyama and Paulo César Correa.

The objective of this work was to develop a methodology for processing fresh-cut sticks of two cassava cultivars and to assess the product's conservation under cold storage. Sticks of cultivars 'Cacau' and 'Amarela' were processed according to a flow chart which involved initial sanitation, removal of root ends, sectioning the roots in cylinders, peeling and immersion of cylinders in cold water, cutting the peeled cylinders into sticks, final sanitation, rinse and centrifugation. The prepared sticks were then kept in polypropylene packs at 5 ± 1 °C, 90 ± 5 % RH. Centrifuging for 10 seconds at 160 g was adequate to take out the water absorbed/adsorbed during the immersion process, regardless of the cultivar. Sticks with transversal section of 100 mm^2 resulted in higher yield when compared with 64 mm^2 and 144 mm^2 sticks. When the cultivars were compared, 'Cacau' yielded better than 'Amarela'. Total count for aerobic mesophilic microorganisms did not differ between cultivars along the conservation period. However, this contamination reached near acceptable limit for human consumption after the 12th day of conservation, as indicated by the development of an off-flavor and the formation of a slimy surface, adulterating the product. The cultivar 'Amarela' has higher levels of reducing sugars, crude fiber and carotenoids than the cultivar 'Cacau'. Phenylalanine ammonia liase activity increased during the cold conservation, higher for 'Amarela', as well as total phenolic content and antioxidant capacity, but both decreased during conservation, for both cultivars. Cassava sticks of 'Amarela' produced more CO_2 and ethylene than 'Cacau', and highest consumption of O_2 . Sticks from 'Amarela' exhibited more firmness than sticks from 'Cacau'. Adhesiveness increased during storage, regardless of cultivar and harvest date. The browning rate did not change under conservation, for both harvest dates studied. The fresh mass loss for set product-pack did not change from the cultivar or harvest date during the conservation period. However, there was a difference between cultivar and period of conservation for sticks weighed immediately after removal from the pack. The fresh mass loss was bigger for 'Amarela' sticks than those from 'Cacau'. Increase in loss of mass for both cultivars during the conservation period was observed. The microbiological analysis using fluorescence UV evidenced visual contamination by fluorescent *Pseudomonas* spp. from

the 9th day, as demonstrated by higher fluorescence in the 12th day. This set of data indicates that ‘Amarela’ is more suitable for minimal processing in the form of sticks and later culinary use. The cassava sticks were acceptable for consumption up to the 9th day under refrigeration at 5 °C. Cooking and frying tests are needed to confirm the culinary superiority of the cultivar ‘Amarela’.

INTRODUÇÃO GERAL

O processamento mínimo é uma das alternativas de manuseio pós-colheita para a conservação de algumas frutas, hortaliças e raízes que, na forma in natura, são muito perecíveis. A perecibilidade da mandioca faz com que ela tenha que ser consumida dentro de um curto período de tempo após a colheita. Além disso, as regiões produtoras estão cada vez mais distantes dos centros consumidores, tornando necessário desenvolver uma técnica pós-colheita visando a aumentar a vida útil da raiz de mandioca.

Uma alternativa de consumo da mandioca pode ser obtida a partir do processamento mínimo em um formato inovador, que possa proporcionar conveniência e praticidade ao consumidor final, mantendo a qualidade e a segurança alimentar. O formato palito é uma opção atrativa para comercialização como petisco, até mesmo em bares e restaurantes.

Desenvolver técnica de processamento mínimo, adequada a esta raiz tuberosa, poderá promover incremento no tempo de conservação, proporcionando nova alternativa ao agronegócio da mandioca.

Vários trabalhos foram realizados com intuito de conservar a raiz de mandioca, porém, a grande maioria desenvolveu estudos apenas com a raiz inteira. Alguns autores pesquisaram a utilização de processamento mínimo para esta raiz, mas restringindo-se ao produto descascado e cortado em toletes.

Componentes fitoquímicos, como teor de carotenoides e compostos fenólicos, estão diretamente relacionados à capacidade antioxidante da matéria-prima, proporcionando uma característica funcional ao alimento. Foco de estudos atuais, tais componentes podem sofrer variações importantes relacionadas ao processamento e método de conservação utilizados.

O conhecimento dos efeitos intrínsecos ao processamento mínimo sobre as características fisiológicas, físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas poderá fornecer indicativos para a escolha da cultivar e idade de colheita adequadas, além do tempo de conservação que permita o consumo com segurança e qualidade para a mandioca no formato palito.

Os objetivos específicos foram: 1) desenvolver metodologia de processamento mínimo da mandioca no formato palito; e 2) avaliar mudanças bioquímicas, físico-químicas, fisiológicas e microbiológicas de duas cultivares de mandiocas minimamente processadas no formato “palito”, em duas épocas de colheita.

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MANDIOCA NO FORMATO PALITO

RESUMO

Objetivou-se desenvolver um cortador mecânico para mandioca, buscando adaptar uma metodologia de processamento mínimo para esta raiz no formato palito. Um cortador mecânico foi fabricado e testadas as distâncias entre lâminas para fornecer quadrículos com áreas de corte da seção transversal do palito de 64, 100 e 144 mm². Mandiocas das cultivares Cacau e Amarela foram minimamente processadas no formato palito e mantidas em sacos de polipropileno, a 5 ± 1 °C, 90 ± 5 % UR. Foram realizados testes de rendimento em função da área da seção transversal do palito e da cultivar avaliada, observando-se os tempos de centrifugação e fazendo-se a contagem de microrganismos aeróbios mesófilos durante a conservação refrigerada. O corte com 100 mm² de diâmetro apresentou rendimento maior que os demais, por gerar menor número de aparas e de palitos quebrados. O processamento da cultivar Cacau exibiu rendimento maior do que para cultivar Amarela, provavelmente em função da maior firmeza da cultivar Amarela, mais quebradiça ao cortar em palitos, aumentando com isso a perda de produto. No entanto, tornam-se necessários mais estudos para tentar aperfeiçoar o processo, ou utilizar outras técnicas para aproveitamento do resíduo gerado. A centrifugação por 10 segundos a 160 g foi suficiente para extrair a água adsorvida/absorvida nos processos de imersão, para ambas as cultivares, significando que todo peso ganho com água foi removido. A contagem dos microrganismos aeróbios mesófilos totais não diferiu entre cultivares durante o período de conservação, no entanto, essa contaminação foi crescente, chegando próximo ao limite aceitável para consumo humano no 12º dia de conservação, o que ocorreu junto com o desenvolvimento de odor estranho e superfície pegajosa, descaracterizando o produto. O fluxograma propõe etapas de seleção, sanitização inicial, corte das extremidades, corte em toletes, descasque e imersão em água gelada. Prossegue com o corte em palitos, sanitização final, enxágue, centrifugação, embalagem em polipropileno e conservação refrigerada.

1. INTRODUÇÃO

O ritmo acelerado da vida moderna impõe mudanças no comportamento da população, principalmente nos hábitos alimentares e nas tendências de consumo, podendo ser comprovado pelo aumento das refeições consumidas fora do ambiente doméstico (ABBOTT, 1999). A demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas àqueles in natura, além da praticidade e conveniência de comprar o alimento pronto para o consumo.

A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, é classificada como a principal fonte de energia para o homem, seguida do arroz, cana de açúcar e milho (FAO, 2005), sendo a base da alimentação de 700 milhões de pessoas no mundo (FOLEGATTI e MATSUURA, 2008). A facilidade de produção dessa raiz a transforma em um dos principais produtos de subsistência, sendo cultivada principalmente pela agricultura familiar e amplamente consumida em refeições domiciliares, restaurantes e em bares na forma de petisco.

No entanto, deve-se salientar que a mandioca sintetiza e concentra determinados cianoglicosídeos que, se ingeridos, são capazes de causar intoxicação nos animais e no homem, mediante liberação de ácido cianídrico (LORENZI et al., 1993). No homem, o consumo de mandioca que forneça o teor de ácido cianídrico acima de 1 mg.kg^{-1} de peso vivo pode ser fatal e somente o cozimento, seguido ou não de fritura, é capaz de reduzir o teor do ácido cianídrico a valores aceitáveis (EDIJALA et al., 1999)

Um fator que afeta a comercialização e consumo de raízes frescas de mandioca de mesa, principalmente nos centros urbanos, é a sua rápida deterioração pós-colheita. Esse distúrbio é acelerado por danos mecânicos que ocorrem durante a colheita, transporte e manipulação, resultando em perda da qualidade, uma vez que as raízes são comercializadas em ambientes sem refrigeração.

Geralmente a mandioca é comercializada inteira, em feiras livres e sacolões, e na forma de toletes congelados, em supermercados e similares. O processamento mínimo permite a obtenção de um produto diferenciado e inovador quanto ao tipo de corte e formato final, agregando valor à matéria-prima e ampliando as possibilidades de comercialização de mandioca, visto que ela apresenta um claro potencial de adequação a essa técnica (BEZERRA et al., 2002; SILVA et al., 2003).

Uma alternativa seria a produção de palitos de mandioca minimamente processados, assim como a tradicional batata-palito, para serem consumidos como petiscos, que seriam conservados refrigerados, mantendo, assim, suas características de frescor e sabor.

O processamento mínimo permite que o produto seja comercializável e consumível até uma ou duas semanas após a colheita, desde que seja mantido em condições adequadas de conservação. O processamento mínimo consiste na combinação de procedimentos tais como seleção, lavagem, sanitização, alterações físicas de descasque e corte, seguidos de centrifugação, embalagem e refrigeração, fornecendo alimentos de qualidade, conveniência e frescor (WILEY, 1994; MORETTI, 2004; SIMÕES et al., 2007).

Todavia, sabe-se que o baixo rendimento agroindustrial de produtos minimamente processados ainda constitui um entrave ao processo (MEDEIROS et al., 2006). Medeiros (2009) e Marques (2009) (dados não publicados) encontraram rendimentos próximos a 60 % para toletes de mandioca minimamente processados, demonstrando a necessidade de avaliar se o processamento mínimo da raiz de mandioca no formato palito é economicamente viável.

Um entrave tecnológico inerente ao processamento de mandioca no formato palito é a etapa de corte, em razão de sua dureza. Os cortadores manuais são adaptados para batata inglesa, mais macia e, por conseguinte, mais fácil de cortar. A mandioca é mais dura do que a batata, e o corte em palitos exige o uso de equipamentos reforçados (VILPOUX e CEREDA, 2003).

A etapa de centrifugação também necessita de estudos, principalmente quanto à sua duração. Os tempos de centrifugação já foram definidos para vários produtos minimamente processados, e para mandioca, existem trabalhos com toletes (30 segundos a 160 g) e rodela (15 segundos a 160 g) (MEDEIROS e MARQUES, 2009). Simões et al. (2007) utilizaram 15 segundos nos seus estudos com esbranquecimento de minicenouras, enquanto Moretti e colaboradores (2007), estudando o comportamento de minicenouras sob vários tempos de centrifugação, obtiveram como melhor resultado 30 segundos. Almeida (2005) utilizou 4 minutos em batata palito minimamente processada, no entanto não foram encontrados relatos para centrifugação de mandioca com a raiz cortada no formato em palitos.

Outro fator de interesse para o processamento mínimo é a segurança alimentar, que é dependente da microbiota presente na matéria-prima, da contaminação em cada etapa do processo e das condições de manutenção do produto, que podem permitir o

crescimento microbiano (FANTUZZI et al., 2004). A elevada carga microbiana em mandioca é considerada normal, pois ela está em contato com o solo, que é fonte da maioria dos microrganismos de importância agroalimentar (VANETTI, 2000), relato confirmado por trabalhos de Lund (2004; 2005), que encontrou níveis para microrganismos aeróbios mesófilos totais acima do permitido pela legislação sanitária, mesmo após sanitizadas.

Objetivou-se adequar um fluxograma de processamento mínimo de mandioca no formato palito, utilizando um cortador mecânico, adaptado para cortes em palito. Para esse fim, definiu-se tempo de centrifugação e estimou-se o rendimento experimental médio para duas cultivares de mandioca. Além disso, acompanhou-se a evolução de microrganismos aeróbios mesófilos durante a conservação refrigerada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Desenvolvimento do cortador

Foi desenvolvido um cortador (Figura 1A), em parceria com o Departamento de Engenharia Mecânica e com a serralheria da UFV, para confecção da mandioca em palitos. Foram testadas três dimensões de corte, com distâncias entre lâminas de 8, 10 e 12 mm, resultando em áreas de 64, 100 e 144 mm², para cada um dos quadrículos delimitados pelas lâminas. Para selecionar a melhor dimensão de corte, foi avaliado o rendimento obtido para cada um deles.

A superfície de corte do cortador foi composta de dois conjuntos perpendiculares de lâminas paralelas de aço inoxidável, com 0,2 mm de espessura e espaçadas 10 mm. O conjunto foi disposto transversalmente um sobre o outro, e montado em um quadro de cobre de paredes grossas (cerca de 20 mm), como moldura para fixação das lâminas (Figura 1B). A fixação das lâminas ao quadro foi conseguida a partir de cortes feitos com disco ortodôntico de 1 mm de espessura, espaçados 10 mm. Esse conjunto fica sobreposto em uma abertura na base fixa de apoio (Figura 1C).

O acionamento mecânico do cortador é feito a partir de um braço de ferro montado como alavanca de 40 cm de comprimento (Figura 1D). Uma base móvel pressiona a mandioca sobre o conjunto de lâminas, apoiado em dois eixos verticais fixos (Figura 1E). O conjunto alavanca desce sobre o eixo duplo com auxílio de buchas de teflon. Uma base de recepção de palitos foi confeccionada sob o conjunto cortante (Figura 1F), para que eles, após cortados, caíssem dentro de um vasilhame contendo água. Uma bancada foi adicionada ao cortador para ficar a uma altura confortável do chão, facilitando o manuseio pelo operador (Figura 1G).

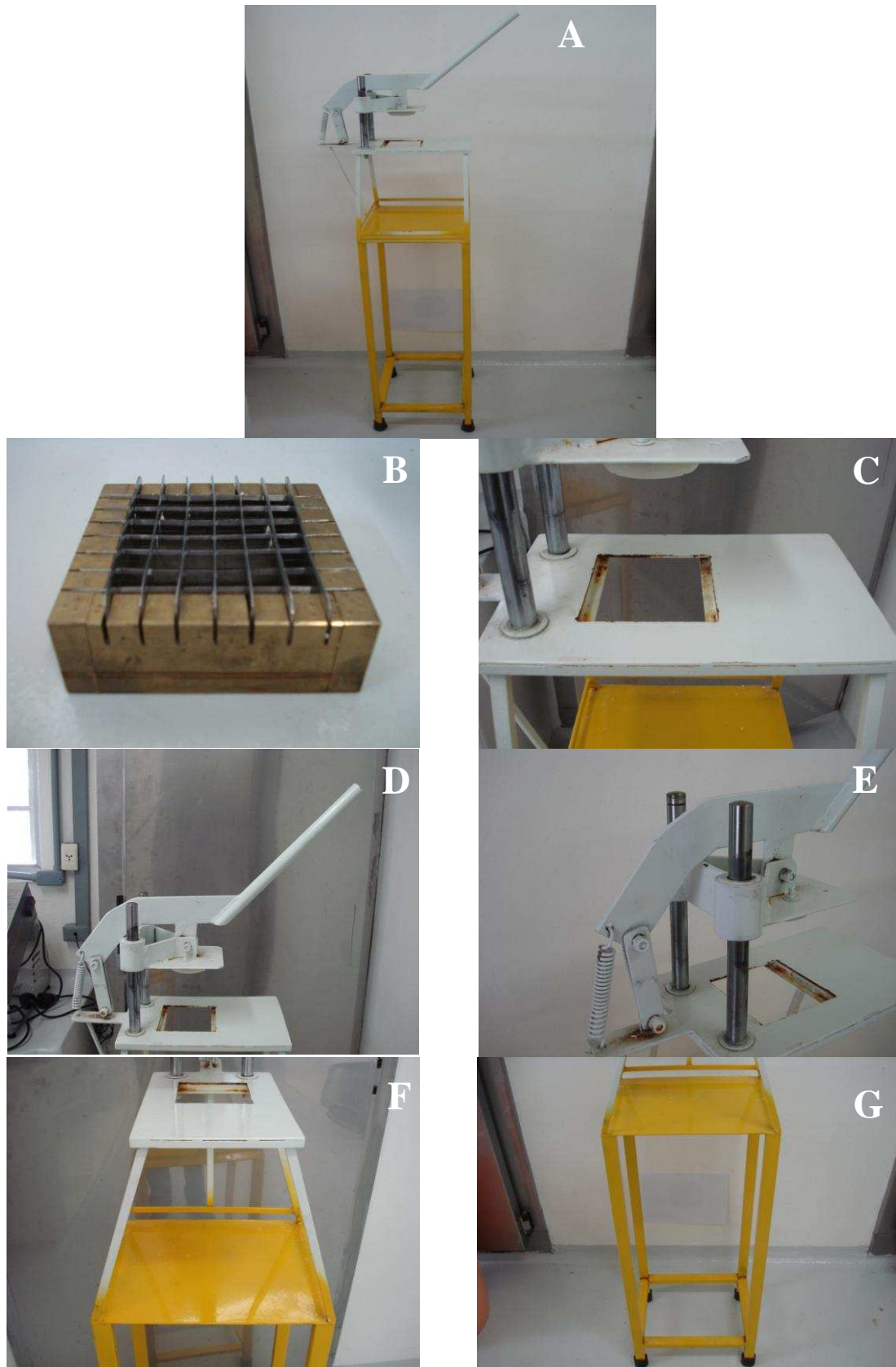


Figura 1. Componentes da máquina cortadora de mandioca “palito”. A) visão geral; B) conjunto de lâminas; C) base de apoio do conjunto de lâminas; D) sistema de alavanca; E) sistema de eixos da alavanca; F) plataforma de recepção de palitos; e G) bancada de sustentação do cortador.

2.2. Obtenção da matéria-prima

Plantas de mandioca *Manihot esculenta* Crantz, das cultivares Cacau e Amarela, foram produzidas no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa em Coimbra, com espaçamento 100 cm x 50 cm e irrigadas por aspersão três vezes por semana. Foram plantadas em março de 2007 e colhidas aos 16 meses após o plantio. As raízes foram acondicionadas em caixas plásticas, após a colheita, e transportadas para a Unidade de Processamento Mínimo na UFV.

2.3. Processamento Mínimo

As raízes de mandioca foram padronizadas quanto ao diâmetro, com exclusão das raízes muito finas (diâmetro médio no meio da raiz < 5 cm). Raízes que se apresentaram visualmente defeituosas foram descartadas. As raízes selecionadas foram lavadas em água corrente para a eliminação de sujidades provenientes do campo, e sanitizadas em solução de 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), a 5 ± 2 °C, por 10 minutos.

As raízes foram fracionadas em toletes de ± 5 cm de comprimento, colocados imediatamente em água a 5 ± 2 °C, descascados manualmente e cortados em palitos (Figura 2), com auxílio do cortador mecânico desenvolvido.

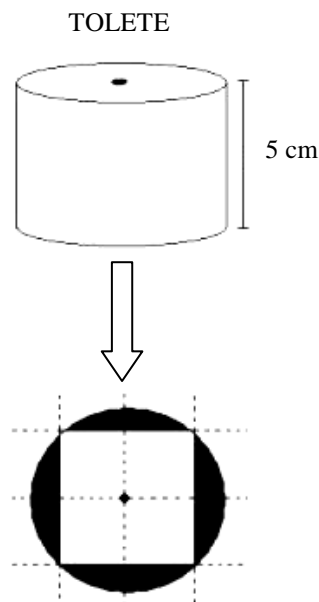


Figura 2. Esquema ilustrativo da obtenção de mandioca 'palito' a partir de 'toletes'. A região escura e o xilema secundário (ponto central) foram descartados. Linhas tracejadas indicam o local do corte.

Os palitos foram imersos em água contendo 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), a 5 ± 2 °C, por 10 minutos, com posterior enxágue dos palitos por imersão em água contendo 3 mg L⁻¹ de cloro ativo, a 5 ± 2 °C por 10 minutos.

A centrifugação foi realizada utilizando uma centrífuga de aço inox, com força centrífuga de 160 g, para a qual foi determinado o tempo adequado de centrifugação, utilizando-se 1,0 kg de mandioca palito.

A determinação do tempo de centrifugação adequado foi feita por meio de gravimetria, após distintos períodos de centrifugação (5, 10, 20 e 30 segundos), pela relação Massa Final/Massa Inicial (Massa Final refere-se aos palitos de mandioca após a centrifugação, enquanto a Massa Inicial se refere aos palitos antes dos tratamentos de imersão).

As raízes de mandioca foram pesadas inteiras e com casca, novamente pesadas em uma etapa intermediária (toletes) e pesadas no final do processo (palitos). O rendimento foi expresso em porcentagem em relação ao peso inicial da matéria-prima.

2.4. Aeróbios Mesófilos Totais

Amostras de 200 g de mandioca palito foram acondicionadas em sacos de polipropileno de 10 cm x 15 cm, com aproximadamente 60 micrômetros de espessura, definidos anteriormente por Medeiros (2009). Foram mantidas em expositores refrigerados a 5 ± 1 °C e 90 ± 5 % de UR, procedendo-se à análise microbiológica a cada três dias, por um período de 12 dias.

A microbiota presente no produto foi avaliada pela contagem de mesófilos aeróbicos totais (VANDERZANT e SPLITTSTOESSER, 1992), comumente utilizados como indicador de contaminação. Uma amostra do material foi diluída 10 vezes em água peptonada a 0,2 % e se homogeneizou em equipamento Stomacher, por 90 segundos. Cultivaram-se os microorganismos em placas, em condições controladas. O crescimento de mesófilos aeróbicos totais foi realizado em meio PCA (plate count agar) com incubação por 48 horas a 30 °C, em triplicata. Os resultados foram expressos em log UFC (unidade formadora de colônia) por grama de matéria fresca.

2.5. Análise Estatística

O delineamento experimental para conservação foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2x5 (duas cultivares e cinco tempos de conservação), sendo cada unidade experimental constituída de 200 g de mandioca minimamente processada e embalada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias entre as cultivares foram comparadas pelo teste F, e entre os tempos de conservação foi realizado teste de regressão a 5 % de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Desempenho do cortador

O corte que resultou em área de 100 mm² de diâmetro proporcionou rendimento em torno de 40 % (Tabela 1), mais do que o corte de 64 mm² com 28 % de rendimento, em função do grande número de palitos quebrados pela força excessiva necessária para o corte (Tabela 1). O corte em palitos que resultou em área de 144 mm² apresentou rendimento próximo a 33 % devido à grande quantidade de aparas formadas, gerando maior perda de matéria-prima. Assim, o corte com 100 mm² foi definido como padrão para os experimentos seguintes. No entanto, tornam-se necessários mais estudos para tentar aperfeiçoar o processo, ou utilizar outras técnicas para aproveitamento do resíduo gerado.

O cortador mecânico de palitos de mandioca foi baseado no modelo padrão de cortador doméstico de palitos para batatas *Solanum tuberosum* L. Porém, em razão da maior dureza da raiz de mandioca, quando comparado com o tubérculo de batata, foi necessária a substituição do suporte das lâminas do cortador de antimônio por outro de cobre, material mais resistente.

Tabela 1. Área de corte e rendimento de mandioca em palitos

| Área do Corte, mm ² | Rendimento, % |
|--------------------------------|---------------|
| 64 | 28 c |
| 100 | 40 a* |
| 144 | 33 b |

*Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.2. Centrifugação

Verificou-se que 10 segundos de centrifugação a 160 g foram suficientes para que a água adsorvida/absorvida nos processos de imersão fosse totalmente extraída (Figura 3). O mesmo ocorreu para ambas as cultivares, não diferindo significativamente a 5 % de probabilidade, ficando a relação Massa Final/Massa Inicial próxima a 1. Isto significa que todo peso ganho com água foi removido. A operação de centrifugação é utilizada para extrair a água absorvida/adsorvida nos processos de lavagem/sanitização, evitando água livre residual no produto, o que pode acarretar maior predisposição do tecido ao crescimento microbiano (CANTWELL, 2004).

Tempos inferiores a 10 segundos de centrifugação foram insuficientes para extrair a água das imersões e tempos acima de 10 segundos foram considerados

excessivos por ocasionarem a retirada da água intrínseca aos palitos de mandioca, desidratando-os (Figura 3). Não foram encontrados relatos na literatura a respeito de centrifugação de mandioca minimamente processada no formato palito, para confrontar com os resultados obtidos.

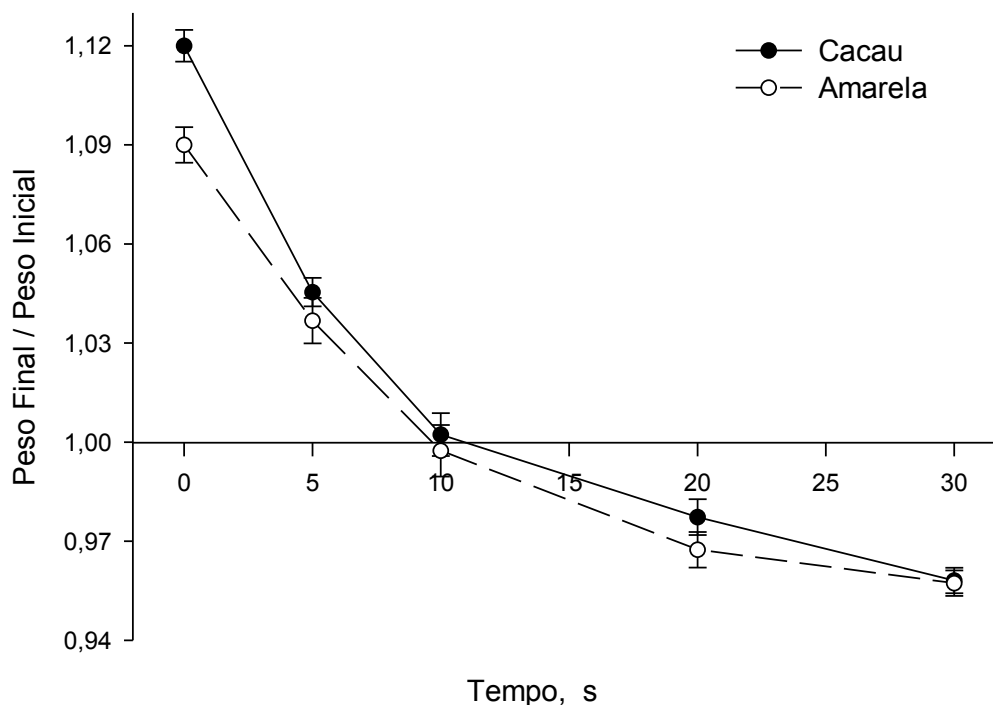


Figura 3. Relação Peso Final/Peso Inicial (produto centrifugado/produto antes da imersão) após distintos tempos de centrifugação a 160 g para mandioca ‘palito’ das cultivares Cacau (●) e Amarela (○). As barras verticais representam o desvio padrão da média.

3.3. Rendimento Experimental

As duas cultivares não diferiram significativamente quanto ao rendimento na produção dos toletes, ficando na faixa de 70-75 % (Figura 4). A produção de palitos da cultivar Cacau exibiu rendimento de 39 %, enquanto para a mandioca Amarela foi de 30 % (Figura 4). Isso possivelmente ocorreu em função da maior firmeza da mandioca Amarela, tornando-se mais quebradiça ao cortar em palitos, aumentando com isso a perda de produto. Vilpoux e Cereda, (2003) encontraram rendimento de 34 % para produção de mandioca palito para congelamento a partir de uma cultivar paraguaia, valor bem próximo das médias obtidas para as duas cultivares estudadas.

O rendimento na produção de toletes é importante para estimar a viabilidade econômica na produção de mandioca palito. Deste modo, pelo rendimento, constatou-se que a mandioca palito minimamente processada, oriunda da cultivar Cacau, pode ser

mais indicada. Entretanto, a mandioca Amarela pode ser aproveitada comercialmente no formato de tolete.

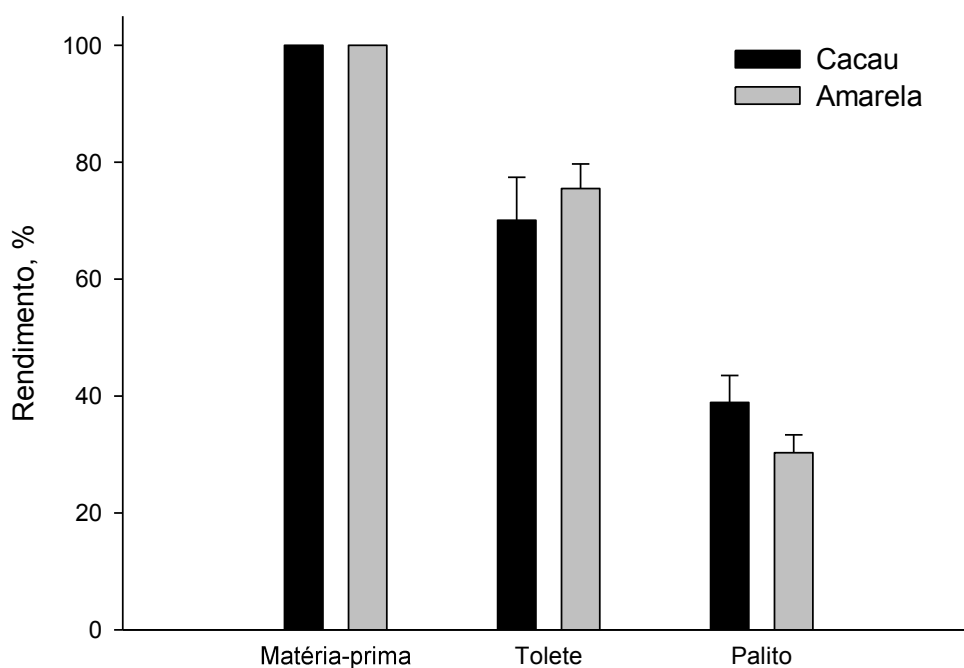


Figura 4. Rendimento do processamento mínimo de mandioca no formato tolete e palito para as cultivares Cacau (■) e Amarela (■).

3.4. Aeróbios Mesófilos Totais

A contagem dos microorganismos aeróbios mesófilos totais não diferiu significativamente entre as duas cultivares durante todo o período de conservação refrigerada (Figura 5). Isso mostra que ambas as cultivares possuem o mesmo perfil de contaminação. Entretanto, esse crescimento foi ascendente durante todo o período de conservação, dentro de níveis limites aceitáveis de contagem microbiana para consumo humano até nove (9) dias de conservação à temperatura de 5 °C. No entanto, no 12º dia, os palitos manifestaram odor estranho e superfície pegajosa, não recomendados para o consumo.

Lund (2007) verificou contagem de aeróbios mesófilos acima do permitido aos 8 dias de conservação a 4 °C para toletes de mandioca embalados a vácuo. Marques (2009) observou que refrigeração a 5 °C não inibiu o desenvolvimento de *Pseudomonas* aos 12 dias de conservação em toletes de mandioca minimamente processada, a ponto de não recomendar o produto para consumo. Os resultados obtidos indicam que a mandioca é uma matéria-prima que permite o crescimento microbiano, com risco significativo de perigos de origem microbiológica (LUND, 2005), restringindo seu consumo até o 9º dia de conservação refrigerada.

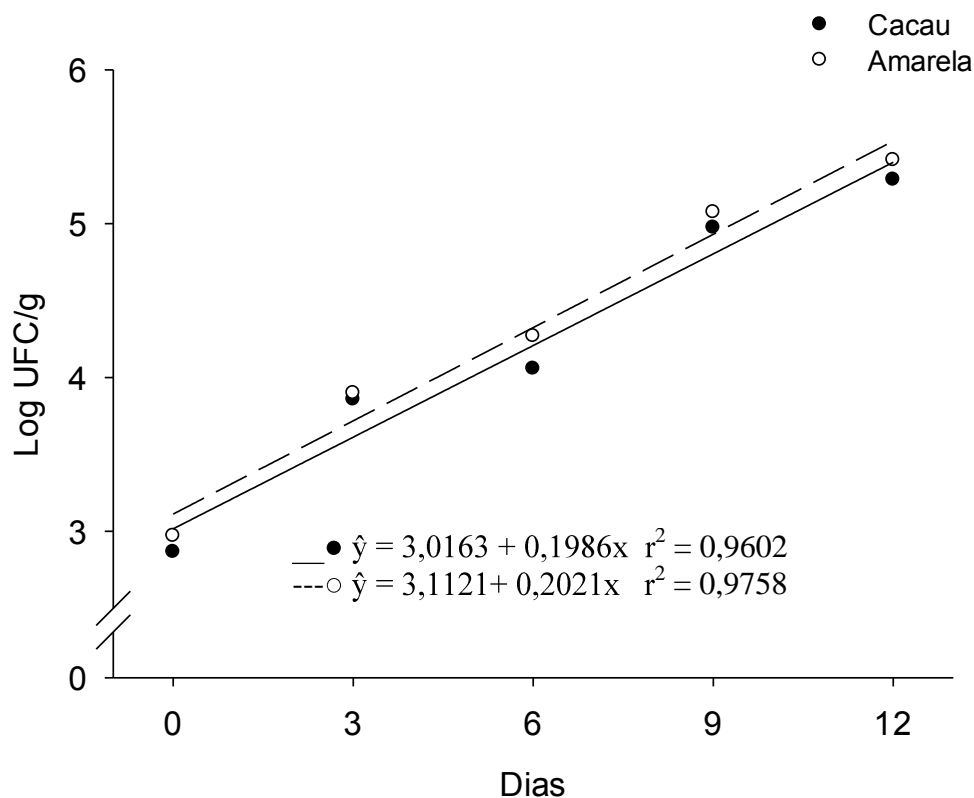


Figura 5. Aeróbios mesófilos (log UFC/g) para duas cultivares de mandioca minimamente processadas no formato palito, mantidas em sacos de polipropileno a 5 ± 1 °C e a 90 ± 5 % UR.

3.5. Fluxograma Proposto

Os resultados para mandioca minimamente processada em outros formatos são utilizáveis para o formato palito, com algumas alterações. A Figura 6 ilustra o fluxograma proposto para o processamento mínimo para mandioca no formato palito, a partir dos resultados obtidos nos experimentos de corte e centrifugação e dos trabalhos prévios de Medeiros e Marques (2009), para mandioca nos formatos “tolete”, “rodela” e “esfera”.

Após a seleção e lavagem da matéria-prima, torna-se necessária a sanitização inicial, para tentar reduzir a carga microbiana decorrente do campo. O solo aderido à mandioca pode conter vários tipos de microrganismos, e quanto antes sua redução, melhor o resultado final.

Durante o processamento, a exposição do tecido vai aumentando gradualmente em função dos cortes das extremidades, em toletes e descasque, e a imersão em água a 5°C pode minimizar os efeitos metabólicos subsequentes, como aumento da respiração e produção de etileno, pelo abaixamento da temperatura, além de evitar o contato direto do tecido com o oxigênio, prevenindo a oxidação, principalmente nas membranas celulares. Uma segunda sanitização foi realizada, após o corte em palitos, de acordo

com trabalhos anteriores de Medeiros (2009), que verificou que uma segunda sanitização com solução contendo 200 mg L^{-1} de cloro livre, após o corte da mandioca em toletes, reduziu significativamente o crescimento microbiano.

A embalagem de polipropileno utilizada nesse trabalho foi a mesma recomendada por Medeiros (2009) para mandioca “tolete”, mesmo se sabendo que diferentes produtos, massas e volumes vazios podem alterar os resultados.



Figura 6. Fluxograma de Processamento Mínimo de Mandioca no Formato Palito. Sanitização e enxágue com composto clorado orgânico, por 10 minutos. Corte em palitos com 100 mm^2 de área transversal. Centrifugação a 160 g . Embalagem de sacos de PP de $60 \mu\text{m}$ com $10 \times 15 \text{ cm}$. Conservação por até 9 dias, a $5^\circ\text{C} \pm 1$.

Logo, utilizando essa técnica de processamento mínimo em mandioca, verificou-se que a conservação refrigerada a 5°C do produto foi satisfatória até o 9º dia, em

função da contaminação por microrganismos aeróbios mesófilos. Outros agentes sanitizantes podem ser testados em trabalhos futuros para prolongar ainda mais a conservação da mandioca palito.

4. CONCLUSÕES

O cortador mecânico de mandioca palito com espaçamento de lâminas a cada 10 mm proporciona os maiores rendimentos. Torna-se necessário destinar resíduos do corte em palitos para produção de farinhas ou algum subproduto.

Dez segundos de centrifugação a 160 g são suficientes para retirar o excesso de água absorvida/adsorvida nas etapas de imersão em mandioca palito oriunda das cultivares Cacau e Amarela.

A cultivar Cacau apresenta rendimento superior à cultivar Amarela quanto à produção de palitos potenciais para a comercialização. No entanto, para produção de toletes não há diferença significativa entre as cultivares estudadas.

O crescimento de microorganismos aeróbios mesófilos totais não difere entre cultivares, no entanto, a contagem é crescente e atinge valores próximos ao limite máximo aceitável para consumo ao 12º dia de conservação, refrigerada a 5 °C.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.207-225, 1999.

ALMEIDA, G.C., 2006. Qualidade de batatas palito minimamente processadas. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, Brasil.

BEZERRA, V.S.; PEREIRA, R.G.F.A.; CARVALHO, V.D.; VILELA, E.R. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.564-575, 2002.

CANTWELL M. 2004. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. University of California, Vegetable Research & Information Center, Disponível em: <<http://vric.ucdavis.edu/selectnewtopic.minproc.htm>>. Acesso em: 20 julho, 2009.

CENCI, S.A.; GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; JUNIOR, M.F., 2006. Boas Práticas de Processamento Mínimo de Vegetais na Agricultura Familiar. In: Fenelon do Nascimento Neto. (Org.). *Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar*. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 59-63

DINIZ, L.T.; PUSCHMANN, R.; SANTOS, R.H.S.; SIMOES, A.N.; MOREIRA, S.I.; MORAES, F.F.F.; ALMEIDA, A.R.; LIMA, C.T.A., 2007. Rendimento e Qualidade de Minicenouras Oriundas de Cenouras Cultivadas Orgânico e Convencionalmente. XVI Simpósio de Iniciação Científica; Universidade Federal de Viçosa.

DINIZ, L.T.; PUSCHMANN R.; SIMOES, A.N.; COSTA, F.B.; MOREIRA, S.I.; MORAES, F.F.F.; TAKAYAMA, A.A.; FREITAS, M.A., 2007. Tempo de Torneamento para Obtenção de Minicenoura. XVI Simpósio de Iniciação Científica; Universidade Federal de Viçosa.

DINIZ, L.T.; COSTA, F.B.; MORAES, F.F.F.; MOREIRA, S.I.; DUARTE, O.S.; SIMOES, A.N.; PUSCHMANN, R., 2007. Quantificação e Caracterização dos Resíduos Resultantes do Processamento Mínimo de Cenoura Cultivada sob Sistema Orgânico e Convencional. II Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutas, Hortaliças e Flores; Universidade Federal de Viçosa.

EDIJALA J. K., OKOH P.N., ANIGORO R. Chemical assay of cyanide levels of short-time-fermented cassava products in the Abraka area of Delta State, Nigeria. **Food Chemistry** v.64, p.107-110, 1999.

FANTUZZI, E.; PUSCHMANN, R.; MORAES, C.A.; VANETTI, M.C.D. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, p. 207-211, 2004.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plant production and protection. Disponível em: <http://www.fao.org/WAIRdocs/x5425e/x5425e05.htm> (Acessado em 05/02/2008).

- FOLEGATTI, M.I.S. e MATSUURA, F.C.A.U.. Mandioca e derivados. Embrapa Mandioca e Fruticultura. www.cnpmf.embrapa.br. (Acessado em 18/11/2007).
- LORENZI, J.O., RAMOS, M. T. B., MONTEIRO, D. A., VALLE, T. L., JÚNIOR, G. G., Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do estado de São Paulo. **Bragantia**, v.52, p.1-5, 1993.
- LUND, D.G.; ZAICOVSKI, C.B. Qualidade microbiana e aspecto visual de mandioca minimamente processada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, p.213-216, 2007.
- LUND, D.G. Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada. **Ciência Rural**, v.35, p.1431-1435, 2005.
- LUND, D.G., 2004. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de mandioca minimamente processada, embalada a vácuo e refrigerada. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos: Estratégia para o Desenvolvimento, Recife-PE.
- MEDEIROS, E. A. A. Deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada. 2009. 101p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MEDEIROS, E.A.A.; MORAES, F.F.F.; SOUZA, F.; CHAVES, D.V.; JUNQUEIRA, M.S.; MOREIRA, S.I.; COSTA, F.B.; SIMÕES, A.N.; ZERDAS, E.R.M.A.; PUSCHMANN, R., 2006. Rendimento de hortaliças minimamente processadas: simulação de uma agroindústria familiar. Anais do IV Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, ESALQ / Piracicaba SP, 258p
- MORETTI, C.L.; MATTOS, L.M.; MACHADO, C.M.M.; KLUGE, R.A. Physiological and quality attributes associated with different centrifugation times of baby carrots. **Horticultura Brasileira** v.25, p.557-561, 2007.
- MORETTI, C.L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3, 2004, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, p.1-8.
- PUSCHMANN, R.; SIMOES, A.N.; COSTA, F.B.; SOARES, N.F.F.; SILVA, V.A.; SOUZA, F.; ZERDAS, E.R.M.A., 2006. Fluxograma de Processamento Mínimo de Cenoura. Anais do IV Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, ESALQ / Piracicaba SP, 258p
- SILVA, V.V.; SOARES, N.F.F.; GERALDINE, R.M. Efeito da embalagem e temperatura de estocagem na conservação de mandioca minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, p.197-202, 2003.
- SIMÕES, A.N.; COSTA, F.B.; CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O.; PUSCHMANN, R. Estratégias para reduzir o estresse do processamento mínimo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 4, n. 7, p. 92-96, 2007.
- VANETTI, M.C.D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. Palestras... Viçosa: UFV, 2000. p.44-52.

VILPOUX, O.F.; CEREDA, M.P. Processamento de raízes e tubérculos para uso culinário. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.F.. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. Cap. 4, p. 47-80. (Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 3).

CAPÍTULO 2

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS INERENTES AO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MANDIOCA NO FORMATO PALITO

RESUMO

Objetivou-se avaliar, em duas cultivares de mandioca, o efeito do processamento mínimo no formato palito sobre características bioquímicas, em duas idades de colheita, durante 12 dias de conservação. Mandiocas das cultivares Cacau e Amarela, colhidas aos 12 e 14 meses, foram minimamente processadas no formato palito e conservadas em sacos de polipropileno, a 5 ± 1 °C, 90 ± 5 % UR. Foram realizadas avaliações bioquímicas, caracterizadas pelo teor de açúcares redutores, de fibra bruta, de carotenoides totais, de compostos fenólicos solúveis, da capacidade antioxidante e da atividade da fenilalanina amônia liase. O teor de açúcares redutores, de fibras, de carotenoides, de compostos fenólicos solúveis foi significativamente maior para os palitos da cultivar Amarela do que para a cultivar Cacau, assim como a atividade da fenilalanina amônia liase e a capacidade antioxidante. O teor de açúcares redutores, carotenoides totais e compostos fenólicos solúveis, assim como a atividade da fenilalanina amônia liase e a capacidade antioxidante, foram superiores quando colhidas aos 14 meses. Houve acréscimo no teor de açúcares redutores e de fibras e na atividade da fenilalanina amônia liase durante os 12 dias de conservação a 5 °C, no entanto, houve decréscimo para o teor de carotenoides totais e de compostos fenólicos solúveis, assim como da capacidade antioxidante.

1. INTRODUÇÃO

O aumento no interesse dos consumidores pelos benefícios de frutas e hortaliças para a saúde e a necessidade emergente por conveniência, devido ao moderno estilo de vida, estão levando à procura crescente de frutas e hortaliças minimamente processadas. O processamento mínimo consiste em combinação de procedimentos, tais como seleção, lavagem, alterações físicas de descasque e corte, seguidos de centrifugação, embalagem e refrigeração, fornecendo alimentos de qualidade e frescor (WILEY, 1994; MORETTI, 2004; SIMÕES et al., 2007).

Investigações clínicas e epidemiológicas têm associado dietas ricas em frutas e vegetais com redução do risco de doenças cardiovasculares, neurológicas e crônicas, além de diversas formas de câncer (ODRIOZOLA-SERRANO, 2008). Um dos principais benefícios de tais dietas pode ser o aumento do consumo de antioxidantes, incluindo os carotenoides, ascorbato, tocoferóis e compostos fenólicos. Frutas e hortaliças são ricas fontes de diferentes fitonutrientes, muitos dos quais têm propriedades antioxidantes (ALASALVAR et al., 2005; MORENO, 2006), que podem reduzir o estresse oxidativo (BARBA et al., 2008).

Pesquisas têm demonstrado que frutas e hortaliças contêm outros fitonutrientes, além dos antioxidantes, como vitaminas C e E, que contribuem significativamente para sua atividade antioxidante total (LANA e TIJSKENS, 2006). O interesse pelo papel destes compostos na saúde humana levou a estudos nas áreas da agronomia, como melhoramento genético da cultivar, ponto de maturação, método de colheita, e da ciência de alimentos, como procedimentos pós-colheita, processamento e técnicas de conservação, para identificar antioxidantes em frutas e hortaliças, bem como determinar de que maneira seu conteúdo e atividade podem ser mantidos, ou mesmo melhorados (ALASALVAR et al., 2005). Entre as técnicas de conservação, tem sido pesquisado o efeito do processamento mínimo sobre os o aumento nos fitonutrientes das frutas e hortaliças.

O descasque e o corte durante a preparação de hortaliças minimamente processadas induzem aumento de algumas respostas fisiológicas (ODRIOZOLA-SERRANO, 2008). Entre essas alterações, ocorre a síntese de enzimas do metabolismo fenilpropanoide (DIXON e PAIVA, 1995), que tem como primeiro passo a conversão do aminoácido fenilalanina em trans-cinâmico pela enzima fenilalanina amônia liase (PAL) (DIXON e PAIVA, 1995; ROURA, 2008).

BUSCHMANN et al. (2000) e REILLY et al. (2003, 2004) pesquisaram a incorporação do ácido cinâmico em raízes de mandioca sob deterioração, a fim de provar que este ácido era um potencial precursor da escopoletina e escopolina, compostos fenólicos de defesa, a partir de fenilalanina pela ação PAL. Estes metabólitos secundários (escopolina e escopoletina) exibiram propriedades antioxidantes, importantes na defesa de plantas como fitoalexinas, devido à indução de sua biossíntese após eventos de estresse, como cortes, injúrias, infecções bacterianas e fúngicas (BAYOUMI, 2008; HEREDIA e CISNEROS-ZEVALLOS, 2009), o que comumente ocorre durante o processamento mínimo.

Estudos recentes indicaram que compostos fenólicos podem ajudar a proteger o corpo humano contra muitas doenças crônicas, como diabetes, câncer e doenças cardiovasculares. Como antioxidantes, os compostos fenólicos podem proteger os constituintes das células contra danos oxidativos e, portanto, limitar o risco de várias doenças degenerativas associadas ao estresse oxidativo (SCALBERT, 2005; PADDA e PICHA, 2008). Os diversos compostos fenólicos possuem propriedades químicas e biológicas em comum: caráter redutor, capacidade de sequestro de espécies reativas de oxigênio (ERO) e vários eletrófilos, quelante de íons metálicos, tendência para a auto-oxidação e capacidade de modular a atividade de algumas enzimas das células (REILLY et al., 2004; ODRIÓZOLA-SERRANO, 2008).

Assim como os compostos fenólicos, os carotenoides estão amplamente distribuídos entre os alimentos. Representam o mais amplo grupo de pigmentos que ocorrem naturalmente em a natureza, principalmente de origem vegetal (RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). O β -caroteno atua como importante componente nutricional em alimentos, como precursor da vitamina A, que proporciona tons amarelo-alaranjados aos alimentos (SIMON, 1997). Estudos recentes associam consumo de alimentos ricos em carotenoides com a diminuição da incidência de alguns tipos de câncer em humanos (GERSTER, 1993) e ao possível papel de carotenoides na imunidade, fertilidade e profilaxia de doenças cardiovasculares (K'OSAMBO et al., 1998).

A mandioca amarela por características naturais fornece alto teor de carotenoides (OLIVEIRA, 2006). A propriedade antioxidante dos pigmentos carotenoides nas raízes de mandioca amarela pode atrasar a deterioração em raízes inteiras, o que possivelmente prolongaria sua vida útil (SASSON, 2004), quando comparada com cultivares de polpa branca. Entretanto, pouco se sabe a respeito do comportamento diferencial entre cultivares para este pigmento.

Além dos antioxidantes, o consumo de fibras provavelmente produz grande efeito sobre a saúde das pessoas (DROR, 2003). Exercem efeito fisiológico direto em todo trato gastrointestinal, além de afetar as atividades metabólicas indiretamente (PACHECO e SGARBIERI, 2001). A interação destes efeitos é responsável pela influência da fibra sobre o peso corpóreo, metabolismo de carboidratos e lipídios e sobre a função do cólon. Inúmeros mecanismos de ação foram identificados, como efeito redutor de colesterol e fermentação das fibras no cólon, fornecendo regulação da função intestinal (SCHWEIZER e WIIRSCH, 1991).

A mandioca pode ser considerada excelente fonte de energia, haja vista que 1 kg de matéria fresca proporciona cerca de 1.460 cal, enquanto um adulto necessita de 2.500 cal/dia (COCK, 1985). Essa energia é quase na totalidade proveniente de amido e açúcares redutores e não redutores.

Um fator de qualidade para a utilização de raízes de mandioca minimamente processadas é o teor de açúcares redutores. Durante o processo de fritura pode ocorrer escurecimento não-enzimático, que tem sido atribuído à reação entre glicose e/ou frutose, aminoácidos e proteínas, conhecida como reação de Maillard. As melanoidinas e melaninas formadas promovem, além do escurecimento, sabor amargo e odor indesejável (COELHO et al., 1999). Deste modo, o baixo teor de açúcares redutores, característica desejável ao produto, limita o escurecimento excessivo (FELTRAN et al., 2004), uma vez que o nível de escurecimento é um índice para cozimento e fritura (QUAYSON e AYERNOR, 2007).

Um fator de importância para a mandioca é a qualidade no momento do preparo. Sagrilo et al., (2003) afirmaram que a influência da idade de colheita sobre a qualidade culinária de raízes inteiras de mandioca é fato comprovado, e que as alterações na composição de tais raízes que implicam variação de sua qualidade, são de todo desconhecidas.

A mandioca, por ser muito perecível e de baixo valor agregado, ainda encontra restrições de comercialização. Uma alternativa de conservação seria fundamental para aumentar sua demanda. A mandioca palito surge como novo produto dentro do processamento mínimo, que pode viabilizar incremento no consumo, por ter formato atrativo e ser substituinte potencial para batata palito.

Os benefícios da nova técnica de processamento mínimo de mandioca na forma de palito poderiam atender à dupla necessidade de um alimento conveniente. De início, por ser mais fácil para cozimento e fritura e, por conseguinte, de alimento funcional, pelo maior conteúdo de compostos endógenos bioativos, uma vez que o palito, por ter

maior superfície cortada em relação às demais formas de corte existentes, poderia ter maior atividade da PAL e conseqüente maior conteúdo de compostos fenólicos. Associado a isso, as diferenças no conteúdo de carotenoides inerentes às duas cultivares em estudo poderiam se refletir em alimentos com distintos potenciais antioxidantes.

A maior área danificada também poderia acelerar o metabolismo da raiz, por contribuir para a redução no conteúdo de açúcares redutores, importantes agentes no processo de escurecimento não-enzimático durante a fritura da mandioca.

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar alterações em fitonutrientes bioativos que ocorrem em tecidos de dois cultivares de mandioca minimamente processada, no formato ‘palito’, sob conservação refrigerada, além de quantificar a capacidade antioxidante “in vitro” e o teor de açúcares redutores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção da matéria-prima

Plantas de mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, das cultivares Cacau e Amarela foram produzidas por produtor de Viçosa-MG, plantadas em janeiro de 2008 com espaçamento 1,0 m x 0,50 m e irrigadas três vezes por semana. Foram colhidas aos 12 e 14 meses após o plantio, janeiro e março de 2009, respectivamente. Após a colheita das raízes foi retirado o excesso de solo aderido e acondicionadas em caixas plásticas e transportadas no mesmo dia para a Unidade de Processamento Mínimo na UFV.

2.2. Processamento Mínimo

As raízes de mandioca foram padronizadas quanto ao tamanho, descartando-se as raízes que apresentaram ataque por patógenos e pragas. As raízes selecionadas foram lavadas em água corrente para a eliminação de sujidades provenientes do campo e sanitizadas em solução de 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), em água a 5 ± 2 °C, por 10 minutos.

As raízes de mandioca foram fracionadas em toletes de ± 5 cm de comprimento, colocados imediatamente em água a 5 ± 2 °C e, posteriormente, descascados manualmente e cortados em palitos, com auxílio do cortador mecânico desenvolvido (ver capítulo 1).

Os palitos de mandioca foram imersos em água contendo 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), a 5 ± 2 °C, por 10 minutos, com posterior enxágue por imersão em água contendo 3 mg.L⁻¹ de cloro ativo, a 5 ± 2 °C por 10 minutos. Foram então centrifugados utilizando uma centrífuga de aço inox, com força de 160 g, por 10 segundos.

2.3. Conservação

Amostras de 200 g de mandioca palito foram acondicionadas em sacos de polipropileno de 10 cm x 15 cm, com aproximadamente 60 micrômetros de espessura (MEDEIROS, 2009). Foram mantidas em expositores refrigerados a 5 ± 1 °C e 90 ± 5 % de UR, por um período de 12 dias, procedendo-se às análises bioquímicas descritas abaixo, a cada três dias.

2.4. Açúcares redutores

Os açúcares redutores (AR) foram quantificados pela técnica de Nelson (1944). Amostras de 5 g de palitos de mandioca foram adicionadas em frascos plásticos,

adicionadas de etanol 80 % fervente e homogeneizadas com UltraTurrax. O homogenato foi transferido para tubos plásticos e centrifugado a 4.000 rpm, por 10 min. O precipitado foi lavado com 2,5 mL de etanol 80 %, por mais três vezes, e novamente centrifugado, e o sobrenadante teve seu volume completado para 25 mL.

Alíquotas de 200 µL da suspensão foram introduzidas em tubos de ensaio e adicionadas de 200 µL do reativo de Nelson. Os tubos foram rosqueados, agitados e aquecidos em banho-maria, por 15 min. Em seguida, os tubos foram resfriados e adicionado 200 µL da solução arsenomolibdica. Os tubos foram agitados, acrescentados de 600 µL de água destilada, novamente agitados, efetuando-se a leitura da absorbância, em 540 nm. Os resultados foram expressos em g glicose.100g⁻¹ de matéria fresca de mandioca.

2.5. Fibra Bruta

As fibras foram determinadas, segundo AACC (1975). Foram pesados aproximadamente 3 g de amostra seca, transferindo-se para um béquer graduado de 500 mL, com 200 mL de solução de H₂SO₄ a 1,25% p/v.

Deixou-se em ebulição por 30 minutos, completando o volume do béquer com água, a 200 mL, na medida em que a solução foi evaporando. Depois de 30 minutos, retirou-se do fogo e filtrou-se em papel de filtro qualitativo (Whatman nº 42), lavando o material com 500 mL de água quente. O material que ficou retido no papel foi transferido para o mesmo béquer de 500 mL, com 200 mL de solução de NaOH 1,25% p/v e deixou-se em ebulição por 30 minutos, completando o volume do béquer com água, a 200 mL, na medida em que o volume da solução de NaOH foi evaporando.

Após 30 minutos, o material foi filtrado em papel de filtro qualitativo comum, previamente seco a 100 °C e com tara conhecida. O material foi lavado com 500 mL de água quente. Colocou-se o papel com a amostra em estufa a 100 °C até peso constante. O papel foi pesado com o resíduo e anotado o peso. A fibra foi determinada segundo o cálculo:

$$\frac{\text{Peso do papel com o resíduo seco} - \text{Peso do papel} \times 100}{\text{Alíquota}} = \% \text{ fibra bruta}$$

2.6. Carotenoides Totais

Os carotenoides totais foram extraídos conforme Lichtenthaler (1987). Dois gramas dos palitos de mandioca foram homogeneizados em acetona com auxílio de UltraTurrax, adicionando CaCO₃. Após a filtração do homogenato, foi completado o

volume de extrato cetônico para 25 mL, e efetuou-se leitura da absorbância a 455,0 nm. Para expressar os resultados, foi utilizado o seguinte cálculo:

$$\mu\text{g/g} = \frac{\text{Volume} \times \text{Absorbância} \times 10.000 \times \text{Diluição}}{\text{Peso da amostra} \times \text{Coeficiente absorvidade molar}}$$

2.7. Fenilalanina Amônia Liase

A extração e ensaio da PAL foram feitas segundo Ke e Saltveit (1986), com adaptações. Homogeneizaram-se 3 g de mandioca, maceradas em nitrogênio líquido, em 10 mL de tampão borato de sódio (0,1 M) pH 8,8, contendo mercaptoetanol (5 mM), EDTA (2 mM) e polivinil pirrolidona insolúvel (PVPP) 1 %, centrifugando-se a 25.000 x g por 20 minutos a 4 °C.

Em seguida foi adicionado 0,5 mL do extrato enzimático sobrenadante. E após 2h de incubação a 40 °C, a atividade da PAL foi determinada usando 2,0 mL de L-fenilalanina (60 mM) como substrato. Foi feita a leitura da absorbância a 290 nm. A atividade foi expressa em $\Delta\text{UA.h}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de matéria fresca. Como controle, foi utilizado o extrato previamente fervido.

2.8. Fenólicos Solúveis Totais

Os compostos fenólicos foram extraídos e quantificados segundo Reyes et al. (2007). Palitos de mandioca foram fracionados e 2 g do material foram homogeneizados com 10 mL de metanol até consistência uniforme, em UltraTurrax, e mantidos no escuro e deixados para extrair por 12 horas a 2 °C. Foram centrifugados a 32000 x g, a 2 °C por 15 minutos.

Uma alíquota de 150 μL do extrato metanólico (sobrenadante) foi diluída em 2400 μL de água destilada. Simultaneamente, preparou-se um tubo com metanol puro para servir de branco. Foram adicionados 150 μL do reagente de Folin Cioucauteu (0,5 M), misturando em agitador de tubos, que foi deixado reagir por 3 minutos. No terceiro minuto, adicionaram-se 300 μL de carbonato de cálcio 1 N, reagindo por 2 h. As leituras foram realizadas a 725 nm. Os fenólicos solúveis totais foram quantificados a partir de curva padrão de ácido gálico.

2.9. Capacidade Antioxidante

A capacidade antioxidante do extrato utilizado para quantificação de compostos fenólicos foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), segundo método descrito por Brand-Williams, Couvelier e Berset,

(1995), modificado por Miliauskas, Venskutonis e Van Beek (2004), e adaptado para a mandioca.

Uma alíquota de 200 µL do extrato metanólico foi adicionada de 3800 µL de uma solução de DPPH 112 mM, em um tubo de ensaio. A mistura foi agitada em agitador de tubos, reagindo por 30 minutos no escuro. Foi realizada a leitura da absorbância a 515 nm, em espectrofotômetro. Como controle, foi utilizado a solução de DPPH 112 mM adicionado de 200 µL de metanol.

A capacidade antioxidante foi expressa como Atividade de Sequestro de Radicais (% ASR), calculada como:

$$\% \text{ ASR} = (\text{ABS controle} - \text{ABS amostra}) / \text{ABS controle} \times 100$$

2.10. Análise Estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2x5, duas cultivares e cinco tempos de conservação, sendo cada unidade experimental constituída de 200 g de mandioca minimamente processada e embalada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias entre cultivares foram comparadas pelo teste F, e entre os tempos de conservação foi realizado teste de regressão a 5 % de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Açúcares Redutores

O teor de açúcares redutores não variou significativamente entre as idades de colheita, no entanto, a cultivar Amarela contém teor mais elevado do que a cultivar Cacau, a partir do sexto dia de conservação a 5 °C (Figura 1). A mandioca Cacau apresentou aumento do teor de açúcares redutores, enquanto foi observado maior acréscimo no teor de açúcares redutores para a cultivar Amarela durante a conservação a 5 °C (Figura 1).

O armazenamento de raízes tuberosas afeta o conteúdo e a composição dos carboidratos, geralmente acompanhados de degradação e interconversão dos carboidratos em consequência da temperatura e composição atmosférica (RIBEIRO et al., 2007). Estudos com raízes inteiras mostraram diferença similar ao presente trabalho para o teor de açúcares redutores entre cultivares amarela e branca, e crescente com a idade de colheita (BELEIA e PEREIRA, 2004; BUTARELO et al., 2004). Bezerra et al. (2002) também encontraram valores crescentes para açúcares redutores, em toletes de mandioca minimamente processados ao longo da conservação a 8 °C. Os palitos não diferem dos resultados obtidos para mandioca inteira ou em toletes em relação ao conteúdo de açúcares, o que pode significar que a maior quantidade de área injuriada durante o corte (palito) parece não ter interferido significativamente no metabolismo de açúcares e, conseqüentemente, no seu consumo.

Considerando-se o teor de açúcares redutores, a mandioca em formato de palito pode vir a escurecer após a fritura, do mesmo modo que a mandioca inteira ou em toletes, em função da reação de Maillard. Todavia, seu potencial de utilização pela maior conveniência do formato torna-a uma interessante alternativa de mercado. Possivelmente os palitos provenientes da cultivar Amarela devem escurecer mais durante fritura do que os palitos da cultivar Cacau, por terem mais açúcares redutores.

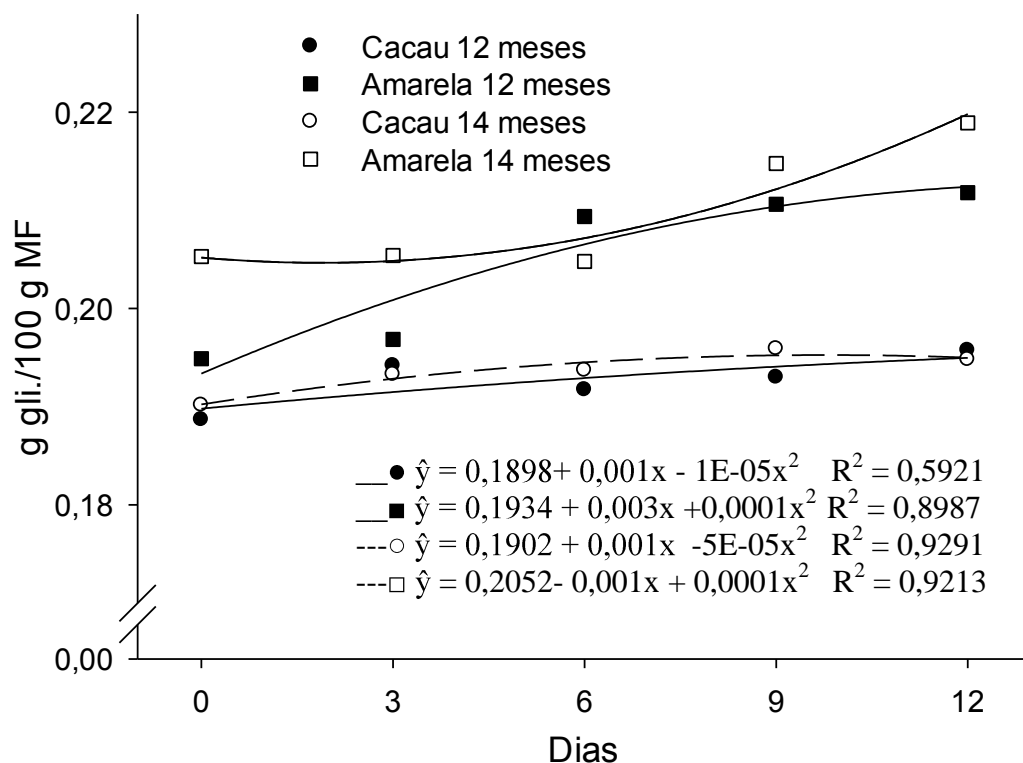


Figura 1. Teor de açúcares redutores em palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.2. Fibra Bruta

O teor de fibra bruta (em porcentagem de matéria seca) não diferiu significativamente entre as idades de colheita (Figura 2), dado semelhante àquele encontrado por Butarelo et al. (2004), com mandiocas inteiras de 12 e 25 meses de idade. No entanto, palitos de mandioca Amarela possuem teor de fibra bruta médio de 2,64 %, levemente superior aos 2,48 % da mandioca Cacau, ao final do período de conservação (Figura 2). Charles et al. (2005) obtiveram valores entre 1,5 e 3,5 % de fibra bruta em raízes de mandioca, e AN et al. (2004) encontraram 3,2 %. Pereira e Beleia (2004) não encontraram diferenças de fibra bruta entre cultivares amarela e branca (2 %). Os resultados encontrados para fibra bruta estão em conformidade com a literatura consultada.

Kato et al. (1987) observaram que quanto maior a idade das raízes, maiores os teores de fibra bruta, o que modificou a firmeza das raízes e, conseqüentemente, aumentou o tempo de cocção, característica indesejável para o produto no momento do consumo. O conteúdo de fibra bruta foi suavemente crescente durante a conservação refrigerada em ambas as cultivares (Figura 2), entretanto, a amplitude de variação durante os 12 dias de conservação é muito reduzida, o que pode não refletir

efetivamente no tempo de cocção, tampouco na firmeza percebida sensorialmente na mandioca frita.

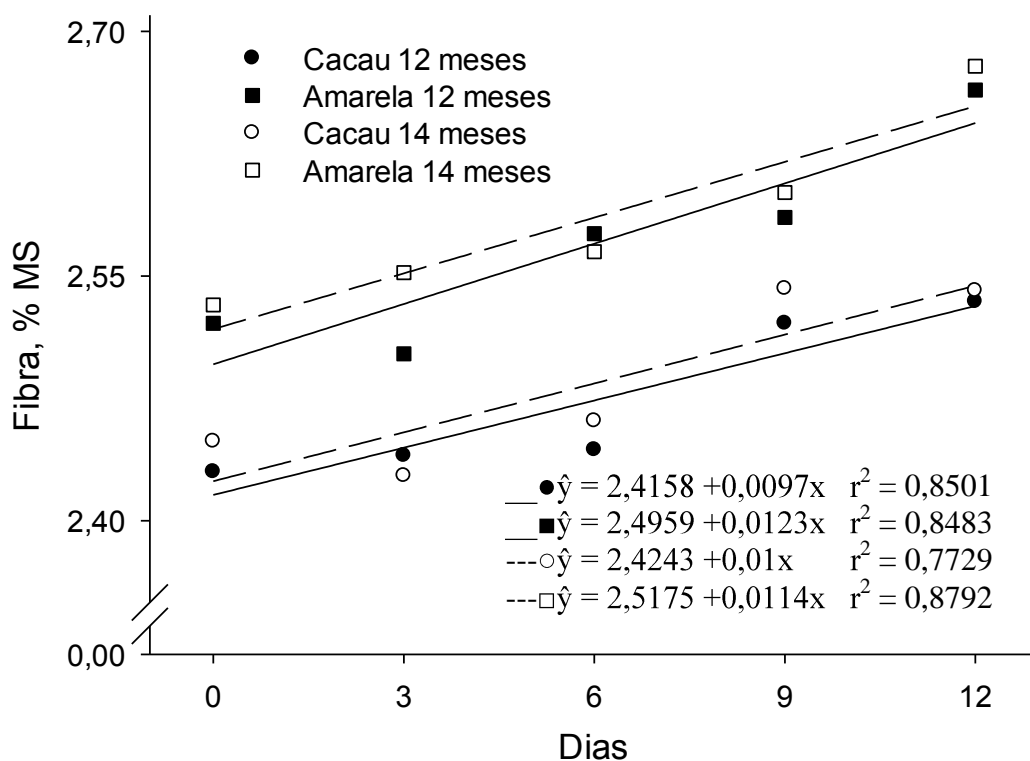


Figura 2. Teor de fibra bruta (% MS) em palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.3. Carotenoides Totais

O teor de carotenoides totais foi significativamente superior nos palitos de mandioca da cultivar Amarela do que para os palitos da cultivar Cacau para as duas idades de colheita (Figura 3), como observado por Kimura et al. (2007), que verificaram que a cultivar Amarela possuía o dobro do teor de carotenoides totais do que a cultivar branca, com concentrações decrescentes ao longo da conservação.

Houve pequena diferença significativa entre as idades de colheita para a cultivar Cacau, entretanto o conteúdo de carotenoides foi maior aos 14 meses para a cultivar Amarela, durante todo o período de conservação refrigerada (Figura 3). O comportamento do teor de carotenoides totais ao longo da conservação refrigerada foi decrescente para as duas cultivares, principalmente para a cultivar Amarela. O teor de carotenoides verificado em raízes de 1789 clones de mandioca do continente americano variou de 1,02 a 10,4 µg/g (CHÁVEZ et al., 2005).

Isto indica que a mandioca Amarela fornece maior teor de carotenoides do que a mandioca Cacau, podendo contribuir na melhoria da qualidade nutricional da alimentação, resultando em maiores benefícios à saúde humana, por serem os carotenoides precursores da vitamina A (PASSOTO et al., 1998) e possuírem propriedade antioxidante, caracterizada principalmente pelo sequestro do oxigênio singlete, um reconhecido radical livre (PAIVA e RUSSEL, 1999).

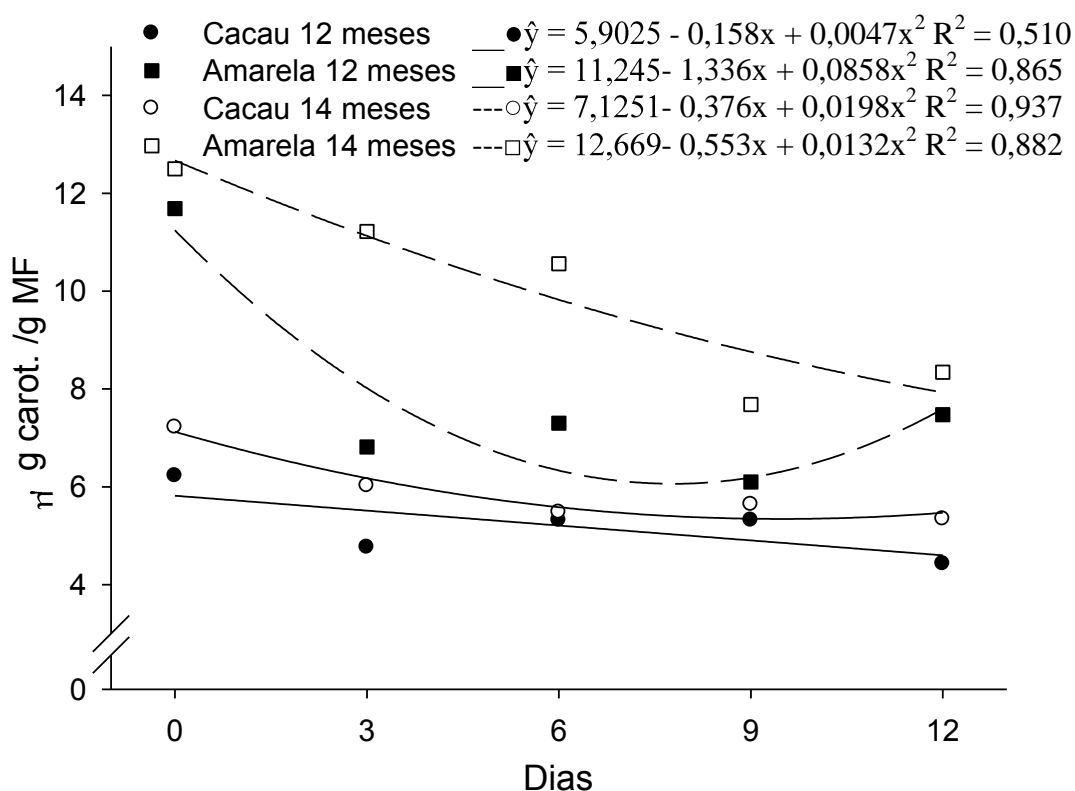


Figura 3. Teor de carotenoides totais em palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.4. Atividade da Fenilalanina Amônia Liase

A atividade da PAL diferiu significativamente entre as idades de colheita, para ambas as cultivares, e teve acréscimo de atividade durante a conservação (Figura 4). Além disso, os palitos da cultivar Amarela exibiram atividade da enzima superior aos da cultivar Cacau por todo o período de conservação refrigerada.

Um efeito comum inerente ao processamento mínimo é o aumento da síntese da PAL, em resposta ao corte (CAMPOS-VARGAS et al., 2005). Reyes et al. (2007) encontraram incremento na atividade da PAL após o corte em diversos produtos pesquisados, como cenoura, batata e batata doce.

É provável que a atividade superior da PAL verificada na cultivar Amarela seja função de sua constituição genética, que possivelmente exibe maior sensibilidade às injúrias mecânicas do que a cultivar Cacau.

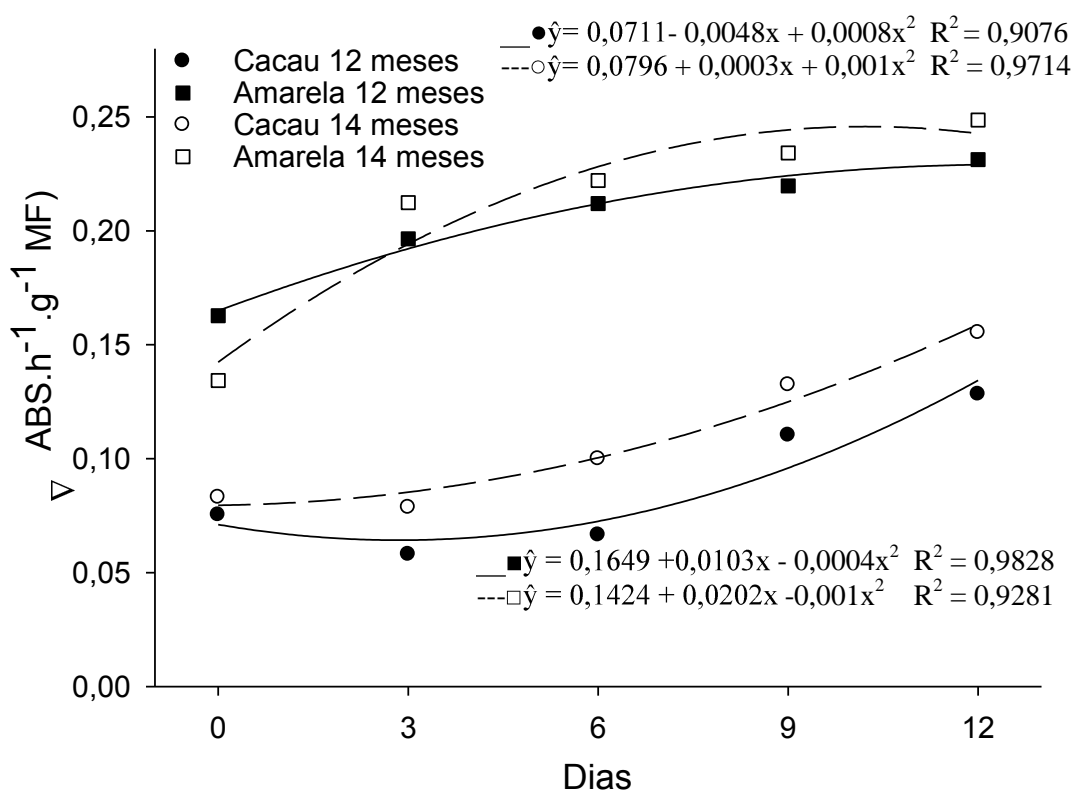


Figura 4. Atividade da fenilalanina amônia liase (Δ absorbância.h⁻¹.g⁻¹ de matéria fresca) em palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.5. Fenólicos Solúveis Totais

O teor de compostos fenólicos solúveis totais foi significativamente superior nos palitos de mandioca da cultivar Amarela do que na cultivar Cacau, nas duas idades de colheita (Figura 5). O teor de fenólicos também é significativamente superior nos palitos de mandioca colhidos aos 14 meses do que nos colhidos aos 12 meses. Além disso, ao longo da conservação refrigerada o conteúdo de fenólicos solúveis foi decrescente para as cultivares, no entanto, levemente mais acentuado para a cultivar Amarela.

Buschmann et al. (2000) não encontraram diferenças em fatias de mandioca armazenadas em temperatura ambiente ao longo de 7 dias. Padda e Picha (2007) encontraram valores crescentes de fenólicos solúveis totais em batata doce ao longo da conservação refrigerada.

O decréscimo no teor de fenólicos de batata e repolho cortados e conservados sob refrigeração sugere que os fenólicos produzidos pela PAL durante o corte foram preferencialmente desviados para a formação de fenóis insolúveis, tais como a lignina e a suberina, envolvidos na cicatrização dos tecidos injuriados (REYES et al., 2007), que deve ser a rota predominante também em mandioca. Além disso, fenólicos solúveis podem ter reagido com radicais livres formados durante o estresse oxidativo, agindo como antioxidantes (FERRARI, 2003), apresentando alta correlação com a capacidade antioxidante do tecido, que decresceu durante a conservação a 5 °C.

O consumo de palitos de mandioca da cultivar Amarela provavelmente possa trazer maiores benefícios à saúde do que os palitos da cultivar Cacau. No entanto, estudos pós-fritura são necessários para fornecer dados da retenção e estabilidade dos compostos fenólicos em temperatura elevada.

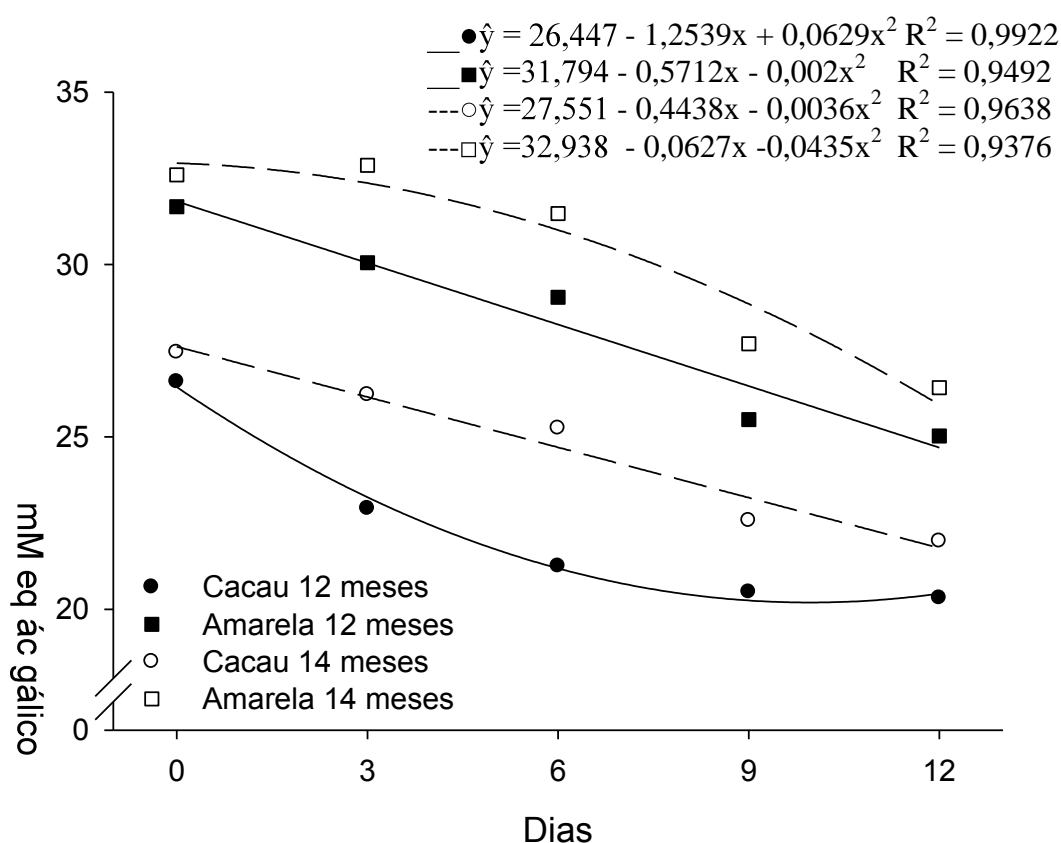


Figura 5. Teor de fenólicos solúveis totais em palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.6. Capacidade Antioxidante

A capacidade antioxidante, quantificada pela capacidade de sequestro de radicais, exibiu decréscimo ao longo da conservação refrigerada, independentemente da cultivar analisada (Figura 6). Palitos da cultivar Amarela mantiveram capacidade de

sequestro de radicais significativamente mais elevada do que os da cultivar Cacau ao longo da conservação, assim como palitos de mandioca colhidos mais tardiamente apresentaram maior capacidade antioxidante (Figura 6).

A capacidade antioxidante de raízes de mandioca em grande parte é proveniente de compostos fenólicos, coerente com o perfil de fenólicos solúveis totais (BUSCHMANN et al., 2000), que também foi decrescente no período de conservação refrigerada, exibindo alta correlação. Lachman et al. (2008) determinaram que cultivares mais escuras de batata também possuíam maior capacidade antioxidante que cultivares mais claras. A alteração na capacidade antioxidante após o corte é dependente do tecido vegetal, podendo ser crescente para cenoura, alface e batata doce, no entanto decrescente para batata, rabanete e repolho roxo (REYES et al., 2007).

Palitos de mandioca da cultivar Amarela possivelmente desempenham atividade funcional em potencial, sendo nutricionalmente superior aos palitos da cultivar Cacau. Entretanto, não se sabe o efeito do cozimento e fritura sobre essa característica.

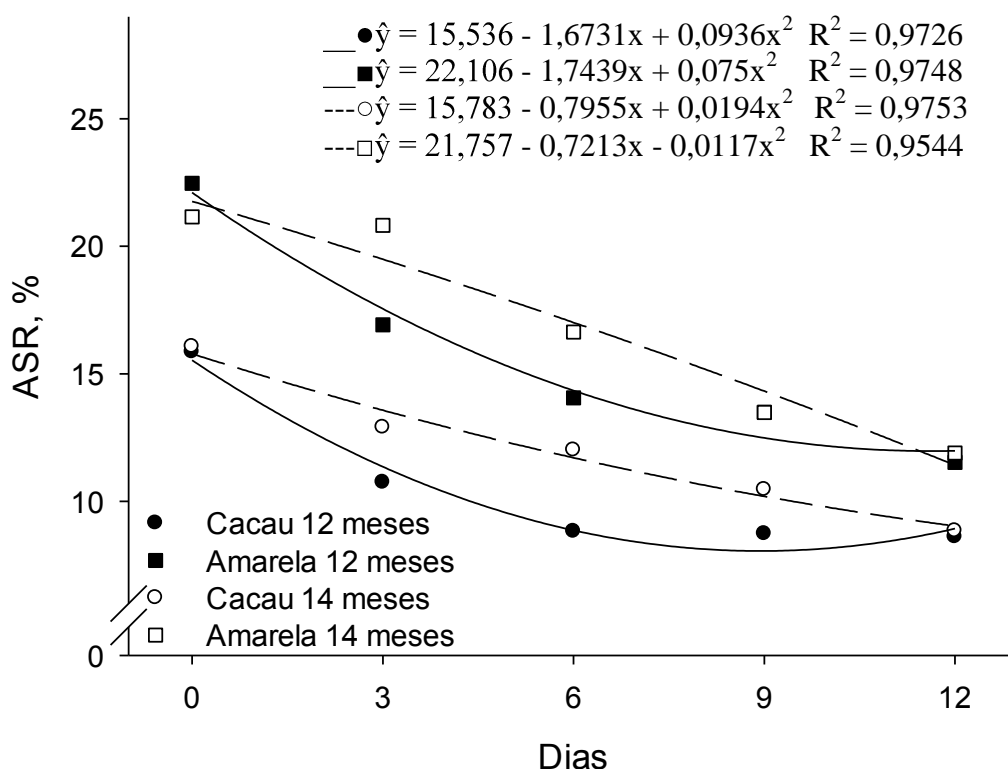


Figura 6. Atividade de sequestro de radicais (ASR, %) em palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

4. CONCLUSÕES

Palitos de mandioca minimamente processados da cultivar Amarela exibem características funcionais diferenciais, como maior teor de fibras, dos carotenoides totais e dos fenólicos solúveis totais, que influem na atividade antioxidante total do produto. É provável que tragam mais benefícios à saúde humana do que os palitos da cultivar Cacau. No entanto, essas características decrescem significativamente ao longo da conservação para as duas cultivares.

Os palitos da cultivar Amarela, por possuírem maior conteúdo de açúcares redutores, possivelmente fornecem palitos de mandioca fritos mais escuros, em função do escurecimento não enzimático.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALASALVAR, C., et al. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. **Food Chemistry** v.89, p.69–76, 2005.
- AACC, American Association of Cereal Chemists. Method **32-10.01** in: Approved methods of the american association of ceral chemists. St. Paul, 1975.
- AN, L.V.; HONG, T.T.T. e LINDBERG, J.E.. Ileal and total tract digestibility in growing pigs fed cassava root meal diets with inclusion of fresh, dry and ensiled sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) leaves. **Animal Feed Science and Technology** v.114, p.127–139, 2004.
- BARBA, A.A., et al.. Phenolic constituents levels in cv. Agria potato under microwave processing. **LWT - Food Science and Technology** v.41, p.1919-1926, 2008.
- BAYOUMI, A.L., et al.. Biosynthesis of scopoletin and scopolin in cassava roots during post-harvest physiological deterioration: The E-Z-isomerisation stage. **Phytochemistry** v.69, p.2928–2936, 2008.
- BELÉIA, L.T.P.F. e PEREIRA, A.P.. Fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.59-63, 2004.
- BEZERRA, V.S.; PEREIRA, R.G.F.A.; CARVALHO, V.D.; VILELA, E.R.. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.564-575, 2002.
- BUSCHMANN, H.; REILLY, K.; RODRIGUEZ, M.X.; TOHME, M. e BEECHING J.R.. Hydrogen Peroxide and Flavan-3-ols in Storage Roots of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) during Postharvest Deterioration. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.48, p.5522-5529, 2000.
- BUTARELO, S.S.; BELEIA, A.; FONSECA, I.C.B.; ITO, K.C.. Hidratação de tecidos de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.311-315, 2004.
- CHARLES, A.L.; SRIROTH, K.; HUANG, T.. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. **Food Chemistry**, v.92, p.615–620, 2005.
- CHAVEZ, A.L., SANCHEZ, T., JAVAMILLO, G., BEDOYA, J.M.I., ECHEVERRY, J., BOLANOS, E.A., CEBALLOS, H. e IGLESIAS, C.A.. Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. **Euphytica**, v.143, p.125-133, 2005.
- COCK, J.H. Cassava: new potencial for a neglected crop. Boulder: Westview Press, 1985. 191 p. apud BEZERRA V.S. et al.. Raízes de Mandioca Minimamente

Processadas: Efeito do Branqueamento na Qualidade e na Conservação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.564-575, 2002.

COELHO, A. H. R. et al.. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.899-910, 1999.

DROR, Y.. Dietary Fiber Intake for the Elderly. **Nutrition** v.19, p.388-389, 2003.

FELTRAN, J.C. et al.. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, v.61, p.598-603, 2004.

FERRARI C.K.B., TORRES E.A.F.S. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. **Biomedicine & Pharmacotherapy** v.57, p.251–260, 2003.

GERSTER, H.. Anticarcinogenic effect of common carotenoids. **International Journal of Vitamin Nutrition Research**. V.63, p.93-121, 1993.

HEREDIA, J.B. e CISNEROS-ZEVALLOS, L.. The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) under different wounding intensities. *Postharvest Biology and Technology* v.51, p.242–249, 2009.

KATO, M.S.A., CARVALHO, V.D., CORRÊIA, H., PINTO, J.E.B.P.. Efeito da poda na deterioração fisiológica e na qualidade de raízes de mandioca. **Ciência Prática**, v.11, p.75-84, 1987.

KIMURA, M.; KOBORI, C.N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; NESTEL, P.. Screening and HPLC methods for carotenoids in sweetpotato, cassava and maize for plant breeding trials. **Food Chemistry**, v.100, p.1734–1746, 2007.

K'OSAMBO, L.M., et al. Influence of Age, Farming Site, and Boiling on Pro-Vitamin A Content in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Storage Roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.11, p.305–321, 1998.

LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; ORSAK M.; PIVEC V.; DVORAK P.. The influence of flesh colour and growing locality on polyphenolic content and antioxidant activity in potatoes. **Scientia Horticulturae**, v.117, p.109–114, 2008.

LANA, M.M. e TIJSKENS, L.M.. Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. **Food Chemistry**, v.97, p.203-211, 2006.

MORENO, D.A., et al.. Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis** v.41, p.1508–1522, 2006.

ODRIOZOLA-SERRANO, I., et al.. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. **LWT** v.41, p.217–226, 2008.

OLIVEIRA, A.R.G. **Avaliação e estudo da retenção de carotenoides totais e β -Caroteno em mandioca amarela mansa e brava.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia. 61p., 2006.

PACHECO, M.T.B.; SGARBIERI, V.C. Fibra e Doenças Gastrointestinais. In: LAJOLO, F. M. et al. Fibra dietetica em Iberoamerica. Tecnologia y salud: obtencion, caracterizacion, efecto fisiologico y aplicacion en alimentos. São Paulo: Varela, 2001. cap. 28, p. 385-397.

PADDA, M.S. e PICHA, D.H.. Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.47, p.176–180, 2008.

PAIVA, S.A.R. e RUSSEL, R.M.. β -carotene and others carotenoids as antioxidants. **Journal of the American College of Nutrition**, v.18, p.426–433, 1999.

PASSOTO, J.A.; PENTEADO, M.V.C., MANCINI-FILHO, J.. Atividade antioxidante do b-caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p.68-72, 1998.

PEREIRA, L.T.P.; BELEIA, A.. Isolamento, fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.59-63, 2004.

QUAYSON, E.T. e AYERNOR, G.S.. Non-enzymatic browning and estimated acrylamide in roots, tubers and plantain products. **Food Chemistry** v.105, p.1525–1529, 2007.

REYES, L.F.; VILLARREAL, J.E. e CISNEROS-ZEVALLOS L.. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry** v.101, p.1254–1262, 2007.

RIBEIRO, R.A., FINGER, F.L., PUIATTI, M. e CASALI V.W.D.. Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.453-458, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. et al.. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis** v.21, p.445–463, 2008.

ROURA S.I. Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives. **LWT**, v.41, p.919–924, 2008

SAGRILO, E.; FILHO, P.S.V. e PEQUENO, M.G., 2003. Épocas de colheita de parte aérea e de raízes tuberosas de mandioca. In: CEREDA, M P; VILPOUX, OF. Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. Cap. 18, p. 384-412. (Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 2).

SASSON, A. Biotechnologies: current achievements and prospects social acceptance of biotechnology-derived products. Monografia, França, 2004. Disponível em

www.europabio.org/documents/Monograph1-HC.pdf (Acessado em 17 de outubro de 2008)

SCALBERT, A., et al.. Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.45, p.287–306, 2005.

SCHWEIZER, T.E. e WIIRSCH, P.. The physiological and nutritional importance of dietary fibre. **Experientia** v.47, p.181-188, 1991.

SIMÕES, A.N. et al.. Estratégias para reduzir o estresse do processamento mínimo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.4, n.7, p.92-96, 2007.

SIMON, P.W.. Plant pigments for color and nutrition. **HortScience** v.32, p.12–13, 1997.

WILEY, R.C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.

CAPÍTULO 3

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS INERENTES AO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MANDIOCA NO FORMATO PALITO

RESUMO

Objetivou-se avaliar, em duas cultivares de mandioca, o efeito do processamento mínimo no formato palito sobre características fisiológicas, físico-químicas e microbiológicas, em duas cultivares, por 12 dias de conservação. Mandiocas das cultivares Cacau e Amarela, colhidas as 12 e 14 meses, foram minimamente processadas no formato palito e mantidas em sacos de PP, a 5 ± 1 °C, 90 ± 5 % UR. Foram realizadas análises fisiológicas, caracterizadas por consumo de O₂, produção de CO₂ e produção de etileno; físico-químicas, como firmeza, adesividade, índice de escurecimento e perda de massa; além da análise microbiológica, pela constatação da presença de *Pseudomonas* spp. por fluorescência em UV. Palitos de mandioca da cultivar Amarela exibiram maior produção de CO₂ e de etileno do que os da cultivar Cacau, além do maior consumo de O₂. Houve tendência de mandiocas colhidas aos 14 meses produzirem mais CO₂ e etileno do que aos 12 meses. A firmeza dos palitos de mandioca não se alterou ao longo da conservação para ambas as cultivares e idades de colheita. Não houve diferença entre idades de colheita, no entanto, palitos da cultivar Amarela apresentaram maior firmeza do que palitos da cultivar Cacau. A adesividade foi crescente ao longo da conservação, não havendo diferenças entre cultivares e idades de colheita. O índice de escurecimento não se alterou ao longo da conservação, tampouco entre as idades de colheita. No entanto, a cultivar Amarela exibiu escurecimento superior ao da cultivar Cacau. A perda de massa fresca não variou para cultivar ou idade de colheita, durante o período de conservação, quando os palitos foram pesados dentro das embalagens. Por outro lado, para os palitos pesados imediatamente após sua retirada da embalagem, verificou-se que a perda de massa aumentou durante a conservação. A perda de massa foi maior nos palitos da cultivar Amarela do que nos palitos da cultivar Cacau. Observou-se a partir de nove dias contaminação por *Pseudomonas* spp., intensificada no 12º dia.

1. INTRODUÇÃO

A deterioração pós-colheita das hortaliças é causada por alterações metabólicas relacionadas com o metabolismo respiratório, biossíntese e ação do etileno, injúrias mecânicas, perda de água, desordens fisiológicas e deterioração microbiana, processos que são influenciados direta ou indiretamente pela modificação da atmosfera e da temperatura (LANA e FINGER, 2000; SCALON et al., 2002).

Vegetais minimamente processados diferem dos tecidos convencionalmente processados, uma vez que estes se mantêm vivos e respirando. A injúria mecânica pode induzir um conjunto de rotas metabólicas que causam mudanças no metabolismo, expressas principalmente por aumento da taxa respiratória nas células da região afetada pelo corte, aumento da síntese de etileno, acúmulo de metabólitos secundários e destruição celular, levando à descompartimentalização de enzimas e substratos (ROLLE e CHISM, 1987).

Os vários processos de descasque, corte e fatiamento destroem células e liberam o conteúdo celular nos locais de ferimento (TOIVONEN et al., 1999; HODGES e TOIVONEN, 2008). A compartimentalização subcelular é rompida na superfície do corte, e a mistura de substratos e enzimas que normalmente estão separados podem iniciar reações que normalmente não ocorrem (MARANGONI, 1996; TOIVONEN et al., 1999; DEL AGUILA et al., 2006).

Além disso, os cortes e danos mecânicos resultam em aumento das taxas de respiração e produção de etileno, com efeitos observados muito rapidamente, muitas vezes dentro de poucos minutos a poucas horas (SALTVEIT, 1997; AGUAYO et al., 2004; MORETTI, 2007; HEREDIA e CISNEROS-ZEVALLOS, 2009).

O aumento na taxa respiratória do tecido vegetal é, provavelmente, uma das consequências da biossíntese induzida de etileno (C_2H_4), que estimula a respiração (BRECHT, 1995). Atividade respiratória é um processo metabólico que fornece a energia para as células vegetais permanecerem vivas e desenvolverem processos fisiológicos e bioquímicos (ARTÉS e ALLENDE, 2005). O C_2H_4 é produzido naturalmente, gás regulador de crescimento que tem numerosos efeitos sobre o armazenamento de muitos produtos hortícolas e afeta atributos que contribuem para a qualidade (SALTVEIT, 1997).

Normalmente, baixos níveis de O_2 , combinados com níveis moderados de CO_2 , são aplicados para estender a vida de prateleira de produtos minimamente processados, e as condições de conservação dependerão das características metabólicas do produto

específico (KADER et al., 1989). O tipo de embalagem, a concentração inicial de gases da atmosfera, a respiração, a temperatura de conservação e o peso dos produtos são fatores que levam a mudanças na concentração interna de O₂ e CO₂, medida ao longo do tempo (MONTERO-CALDERÓN et al., 2008).

Fatores que afetam a textura podem mudar substancialmente após a colheita, em função de mudanças na adesão intercelular, conversão de amido em açúcares, perda da água e força da parede celular (TOIVONEN et al., 1999). Mudam rapidamente em produtos minimamente processados, e várias técnicas de manuseio e tratamentos de conservação são aplicadas para diminuir a mudança na textura, como a conservação refrigerada e o uso de embalagens específicas.

A atmosfera modificada tem sido relatada como um método de conservação que reduz a degradação das propriedades texturais durante a conservação (BOLIN e HUXSOLL, 1989). Uma hipótese geral deste benefício para a textura em produtos sob atmosfera modificada está aparentemente relacionada à redução do estresse hídrico no produto embalado (BEN-YEHOSUA et al., 1983).

Em órgãos vegetais intactos, a água nos espaços intercelulares não está diretamente exposta à atmosfera externa. As barreiras naturais contra a perda de água são muitas vezes removidas durante o processamento mínimo, tornando os produtos mais susceptíveis à desidratação (GORNY, 1997). As embalagens plásticas são barreiras para o movimento de vapor de água para o ambiente, o que reduz a perda de matéria fresca dos produtos hortícolas (FINGER e VIEIRA, 1997).

Uma abordagem importante em produtos minimamente processados é a sua deterioração microbiana. A microflora responsável pela deterioração de alimentos minimamente processados inclui grande número de espécies de fungos e bactérias (SILVA et al., 2003). As bactérias normalmente encontradas são *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbicola*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas* e *Enterobacter agglomerans* (CANTWELL, 1998; FANTUZZI, 1999). Silva e colaboradores (2003), trabalhando com mandioca minimamente processada em toletes, observaram crescimento de bactérias psicrotólicas, com acréscimo de aproximadamente quatro ciclos logarítmicos ao final de 9 dias de conservação a 5 °C, chegando a aproximadamente 10⁷ UFC/g. Teixeira e colaboradores (2007) encontraram *Pseudomonas* spp. em raízes de mandioca cultivadas na Bahia, responsáveis por grande parte da deterioração das hortaliças mantidas sob refrigeração (NGUYEN-THE e CARLIN, 1994; SAPERS et al., 2005). *Pseudomonas* podem exibir fluorescência e apresentam atividade pectinolítica,

causando limosidade na superfície de frutas e hortaliças (VAROQUAUX e WILEY, 1997).

Um fator de importância é a qualidade da mandioca para o consumo. A idade de colheita influi na qualidade de raízes inteiras de mandioca (SAGRILO, 2003), parecendo ser mais importante para o tempo de cozimento e qualidade culinária do que a influência de cultivar (BELEIA et al., 2006).

A técnica de processamento mínimo, aliada a um novo formato, como o palito, poderia disponibilizar um substituto em potencial para a batata palito, além de um incremento no consumo da mandioca, que, comercializada “in natura”, possui baixo valor de mercado. No entanto, a escolha da época de colheita e cultivar mais adequadas podem fornecer condições de oferecer produto de melhor qualidade.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características fisiológicas e físico-químicas de duas cultivares de mandioca minimamente processadas no formato palito, em duas idades de colheita, além de acompanhar possível contaminação por *Pseudomonas* spp durante a conservação refrigerada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção da matéria-prima

Plantas de mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, das cultivares Cacau e Amarela foram produzidas por produtor de Viçosa-MG, plantadas em janeiro de 2008 com espaçamento 1,0 m x 0,50 m e irrigadas três vezes por semana. Foram colhidas aos 12 e 14 meses após o plantio, janeiro e março de 2009, respectivamente. Após a colheita das raízes, foi retirado o excesso de solo aderido e as mesmas acondicionadas em caixas plásticas e transportadas no mesmo dia para a Unidade de Processamento Mínimo na UFV.

2.2. Processamento Mínimo

As raízes de mandioca foram padronizadas quanto ao tamanho, descartando-se as raízes que apresentavam ataque por patógenos e pragas. As raízes selecionadas foram lavadas em água corrente para a eliminação de sujidades provenientes do campo e sanitizadas em solução de 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), em água a 5 ± 2 °C, por 10 minutos.

As raízes de mandioca foram fracionadas em toletes de ± 5 cm de comprimento, colocados imediatamente em água a 5 ± 2 °C e posteriormente descascados manualmente e cortados em palitos, com auxílio do cortador mecânico desenvolvido.

Os palitos de mandioca foram imersos em água contendo 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), a 5 ± 2 °C, por 10 minutos, com posterior enxágue dos palitos por imersão em água contendo 3 mgL⁻¹ de cloro ativo, a 5 ± 2 °C por 10 minutos.

A centrifugação foi realizada utilizando uma centrífuga de aço inox, com força de 160 g, por 10 segundos.

2.3. Conservação

Amostras de 200 g de mandioca palito foram acondicionadas em sacos de polipropileno de 10 cm x 15 cm, com aproximadamente 60 micrômetros de espessura (MEDEIROS, 2009). Foram mantidas em expositores refrigerados a 5 ± 1 °C e 90 ± 5 % de UR, por um período de 12 dias, procedendo-se às análises, a cada três dias.

2.4. Análises fisiológicas

2.4.1. Gás Carbônico e Oxigênio na Embalagem

A concentração de gases foi determinada com um analisador de gases 6600 da Illinois Instruments, com o CO₂ por detector infravermelho e o O₂ por sensor

eletroquímico de zircônio. Amostras foram retiradas das embalagens que continham aproximadamente 200g de mandioca minimamente processadas. Uma agulha conectada a um tubo ligado ao aparelho foi introduzida nas embalagens, e a atmosfera interna foi succionada por 10 segundos, após homogeneização do interior da embalagem, com o auxílio de uma seringa de 10 mL. O resultado foi expresso em porcentagem.

2.4.2. Etileno na Embalagem

A concentração de etileno foi determinada por cromatografia gasosa, em cromatógrafo. A coleta das alíquotas, de 1 mL, foi feita com auxílio de seringas plásticas descartáveis, das embalagens com aproximadamente 200 g de mandioca minimamente processadas, após homogeneização da atmosfera no seu interior. Essas alíquotas foram injetadas em um cromatógrafo a gás modelo HP 5890 série II, com detector de ionização de chama (FID) e coluna de aço inoxidável (1,0 m x 6,0 mm), empacotada com Poropak-N (80 - 100 mesh). As temperaturas da coluna, detector e injetor foram 60, 150 e 110 °C, respectivamente, e os fluxos do gás de arraste (nitrogênio), do ar sintético e do hidrogênio foram de 30, 320 e 30 cm³ min⁻¹, respectivamente. A quantificação de etileno foi feita pela comparação das áreas dos picos das amostras obtidas no Software (Peak Simple, Version 3.92) acoplado ao cromatógrafo, com áreas de picos de mistura do padrão de etileno de concentração conhecida.

2.5. Análises físico-químicas

2.5.1. Firmeza

A análise do perfil de firmeza dos palitos de mandioca minimamente processados foi determinada segundo Beleia et al. (2004), em um texturômetro, modelo TA-XT2 (Stable Micro System). As amostras foram comprimidas a 20% da altura inicial utilizando compressão com velocidade constante de 2 mm/s com um cilindro de alumínio de 100 mm de diâmetro. A firmeza foi determinada pela força máxima durante a compressão, em N. Foram analisados 10 palitos de mandioca por repetição.

2.5.2. Adesividade

A análise da adesividade dos palitos de mandioca minimamente processados foi determinada segundo Beleia et al. (2004), em um texturômetro, modelo TA-XT2 (Stable Micro System). As amostras foram comprimidas a 20% da altura inicial utilizando compressão com velocidade constante de 2 mm/s com um cilindro de alumínio de 100 mm de diâmetro. A adesividade foi determinada pela força necessária para puxar o cilindro de compressão da superfície da amostra.

2.5.3. Índice de Escurecimento

A mudança de coloração dos pedaços de mandioca foi acompanhada pela escala de Hunter (CIELAB), tomando-se os valores de L*, a* e b*, com auxílio de um colorímetro portátil digital (Minolta Color Reader CR10), na superfície do corte dos palitos de mandioca. O índice de escurecimento (IE) foi calculado segundo o modelo proposto por Palou et al. (1999), em que $IE = [100(x - 0,31)/0,172]$, sendo $x = (a + 1,75L)/(5,645L + a - 3,012b)$.

2.5.4. Perda de Massa

A perda de massa fresca foi determinada por gravimetria em balança semi-analítica.

2.6. Análise microbiológica

Os palitos de mandioca minimamente processados foram observados em câmara escura sob incidência de luz ultravioleta, confirmando a presença ou ausência de *Pseudomonas* spp, bactérias indicadoras de contaminação. As imagens foram registradas sem o uso do “flash”, com câmera digital DSC-55, da Sony.

2.7. Análise Estatística

O delineamento experimental para foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2x5 (duas cultivares e cinco tempos de conservação), sendo cada unidade experimental constituída de 200 g de mandioca minimamente processada e embalada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias entre cultivares comparadas pelo teste F, e entre os tempos de conservação foi realizado teste de regressão a 5 % de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análises fisiológicas

3.1.1. Oxigênio na Embalagem

A concentração de O₂ decresceu significativamente até o 9º dia de conservação para ambas as cultivares e idade de colheita (Figura 1). Palitos de mandioca minimamente processados da cultivar Amarela consumiram mais O₂ do que os palitos da cultivar Cacau, nas duas idades de colheita. Palitos colhidos aos 14 meses consumiram mais O₂ do que colhidos aos 12 meses (Figura 1). Em trabalhos com mandioca tolete minimamente processada, foi verificada redução de O₂ de 21 % para 6 %, aos 12 dias de conservação, quando se utilizaram bandejas de polipropileno envoltas com filme de PVC (SILVA et al., 2003). Cenouras bastão mantidas em bandejas de polietileno tereftalato (PET) envolvidas com filme de polipropileno microperfurado apresentaram níveis de O₂ entre 6 % e 8 % após 12 dias a 4 °C (SIMÕES, 2008). Uma das respostas mais comuns ao corte é um aumento na taxa respiratória, consumindo o O₂ da embalagem (ESCALONA et al. 2003; SALTVEIT et al., 2005). A partir do 9º dia, a concentração de O₂ dentro das embalagens entrou em equilíbrio para ambas as cultivares e idades de colheita.

Possivelmente os palitos de mandioca Amarela consumiram mais O₂ por terem o metabolismo aumentado, em consequência do maior estresse durante o corte, por maior força ao serem cortados no cortador mecânico. Além disso, é possível que tenha ocorrido maior consumo de O₂ na mandioca Amarela devido à oxidação de pigmentos, porque a presença de oxigênio favorece e promove com maior intensidade a oxidação dos pigmentos (MARCHESI et al., 2006), o que foi associado com a redução do teor de carotenoides para esta cultivar ao longo da conservação.

Logo, palitos de mandioca da cultivar Cacau respondem melhor ao corte e conservação do que palitos da cultivar Amarela.

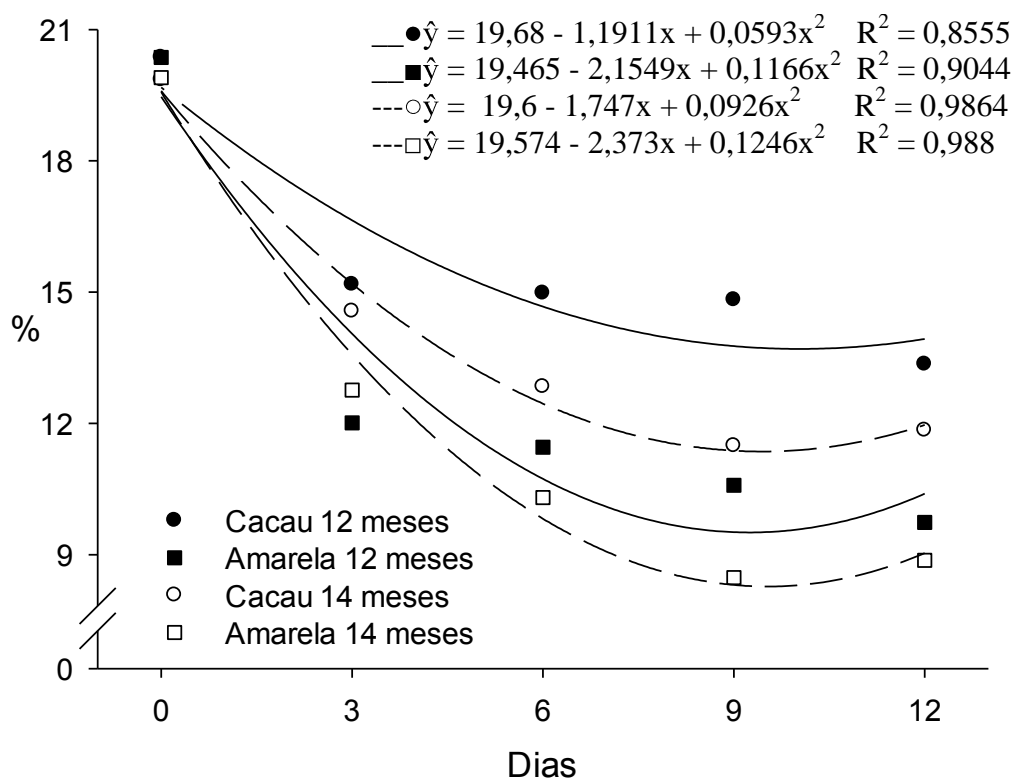


Figura 1. Concentração de O₂ em embalagens de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.1.2. Dióxido de Carbono na Embalagem

A produção de CO₂ aumentou significativamente até o 9º dia de conservação para os palitos de mandioca de ambas as cultivares e idade de colheita, e a partir do 9º dia, a concentração de CO₂ dentro das embalagens entrou em equilíbrio (Figura 2). Palitos de mandioca minimamente processados da cultivar Amarela produziram mais CO₂, em torno de 5 %, do que os palitos da cultivar Cacau, que produziram 3 % de CO₂, no final da conservação para as duas idades de colheita (Figura 2). Houve diferença entre idades de colheita para a cultivar Cacau, no entanto, superior aos 14 meses para a cultivar Amarela.

Efeito semelhante ocorreu em cenouras bastão, que, mantidas em bandejas PET envolvidas com filme de polipropileno microperfurado, apresentaram níveis de CO₂ próximos a 10 % (SIMÕES, 2008). A atmosfera interna de bandejas de polipropileno envoltas com filme de PVC, contendo mandioca tolete minimamente processada, exibiu 2 % de CO₂ aos 14 dias de conservação (SILVA et al., 2003), valor inferior ao encontrado para as mandiocas palito. A respiração, induzida pelo dano causado durante

o corte, tem sido associada a uma maior síntese de enzimas envolvidas na cadeia respiratória e por um aumento temporário na respiração aeróbia de cenouras minimamente processadas (SURJADINATA e CISNEROS-ZEVALLOS, 2003).

Os palitos de mandioca da cultivar Amarela podem ter produzido mais CO₂ em função do maior estresse durante o corte, aumentando seu metabolismo como resposta, por maior força para serem cortadas no cortador mecânico. Outra possibilidade é a constituição genética de cada cultivar, que pode expressar diferencialmente a síntese de enzimas e metabólitos e, conseqüentemente, exibir sensibilidade distinta a estresses.

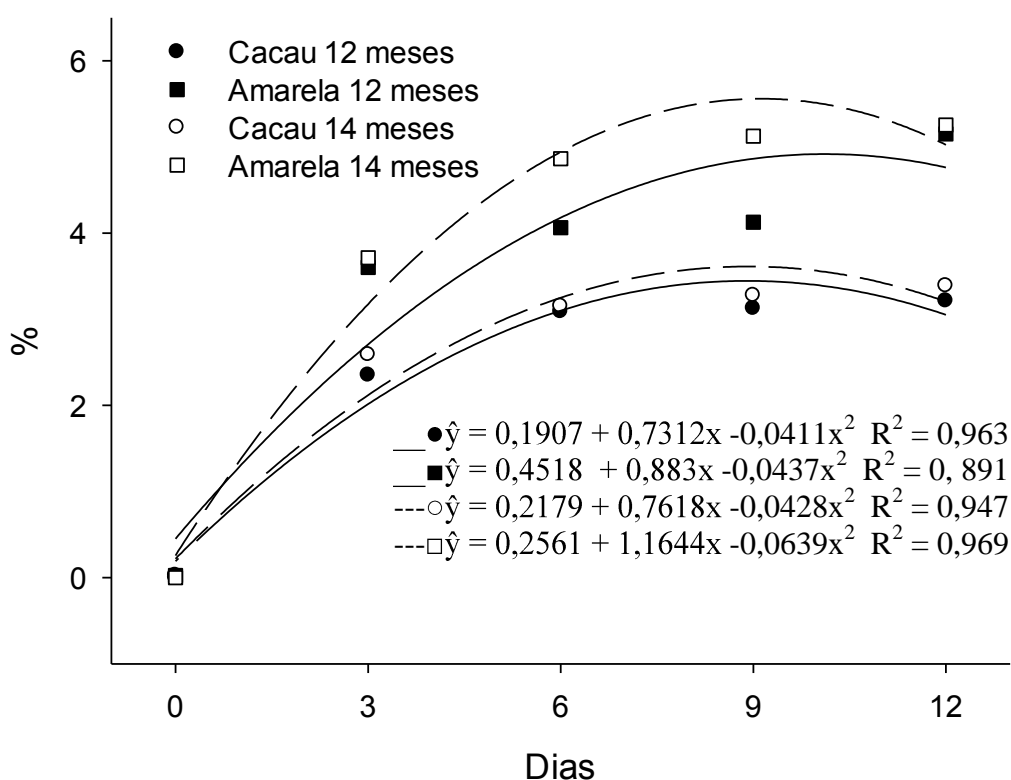


Figura 2. Concentração de CO₂ em embalagens de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.1.3. Etileno na Embalagem

A produção de C₂H₄ aumentou significativamente durante o período de conservação para os palitos minimamente processados de mandioca de ambas as cultivares e idade de colheita (Figura 3). Palitos de mandioca minimamente processados da cultivar Amarela produziram mais C₂H₄ do que os palitos da cultivar Cacau, nas duas idades de colheita, a partir do sexto dia de conservação. Palitos colhidos aos 14 meses produziram mais C₂H₄ do que colhidos aos 12 meses, para ambas as cultivares (Figura 3). Foi verificado que mandioca Cacau, minimamente processada no formato tolete em

embalagens de polipropileno, exibiu concentração de etileno de $7,1 \mu\text{L.L}^{-1}$ após 12 dias de conservação a 8°C (MEDEIROS, 2009). O etileno produzido por dano mecânico é referido como hormônio do estresse, atuando como um mediador do sinal de dano, induzindo a expressão de genes de defesa (WATANABE e SAKAI, 1998).

É provável que a cultivar Amarela seja geneticamente mais sensível a danos mecânicos do que a cultivar Cacau, exibindo maior produção de etileno em resposta ao dano, ou até mesmo que os palitos de mandioca Amarela tenham produzido mais etileno pelo maior estresse durante o corte, com uso de maior força para serem cortados no cortador mecânico.

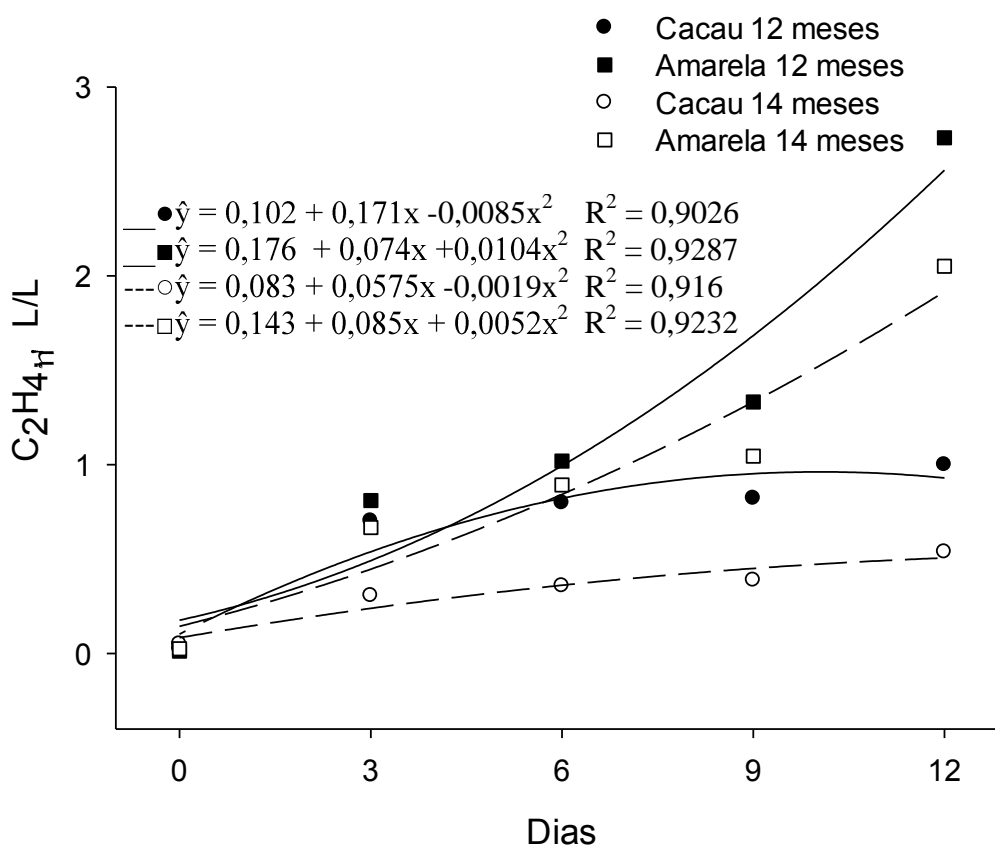


Figura 3. Concentração de etileno em embalagens de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5°C por 12 dias.

3.2. Análises físico-químicas

3.2.1. Firmeza

A firmeza dos palitos de mandioca não se alterou significativamente ao longo da conservação refrigerada, para ambas as cultivares e idades de colheita (Figura 4). Não houve diferença significativa entre idades de colheita, no entanto, palitos de mandioca

minimamente processados da cultivar Amarela apresentaram maior firmeza do que palitos da cultivar Cacau. Mandiocas recém-colhidas das cultivares Pioneira (polpa branca) e Catarina Amarela (polpa amarela) não exibiram diferença significativa quanto à firmeza, tampouco entre idades de colheita, no entanto, após cozidas, ambas as cultivares, colhidas mais jovens, exibiram firmeza menor, o que é mais adequado para o consumo (BELEIA et al., 2004).

Em hortaliças, o endurecimento pode ser um efeito indesejável do dano (VIÑA E CHAVES, 2003). A firmeza do tecido vegetal é composta de numerosos fatores, uns dos quais são ambientais, outros em função do processamento e conservação pós-colheita, no entanto, distintas cultivares variam muito em sua taxa de deterioração da firmeza (SAFTNER, 2005).

É possível que palitos de mandioca da cultivar Amarela exibam firmeza superior aos palitos da cultivar Cacau no momento do consumo, no entanto, testes de cozimento e fritura são necessários para confirmar tal hipótese.

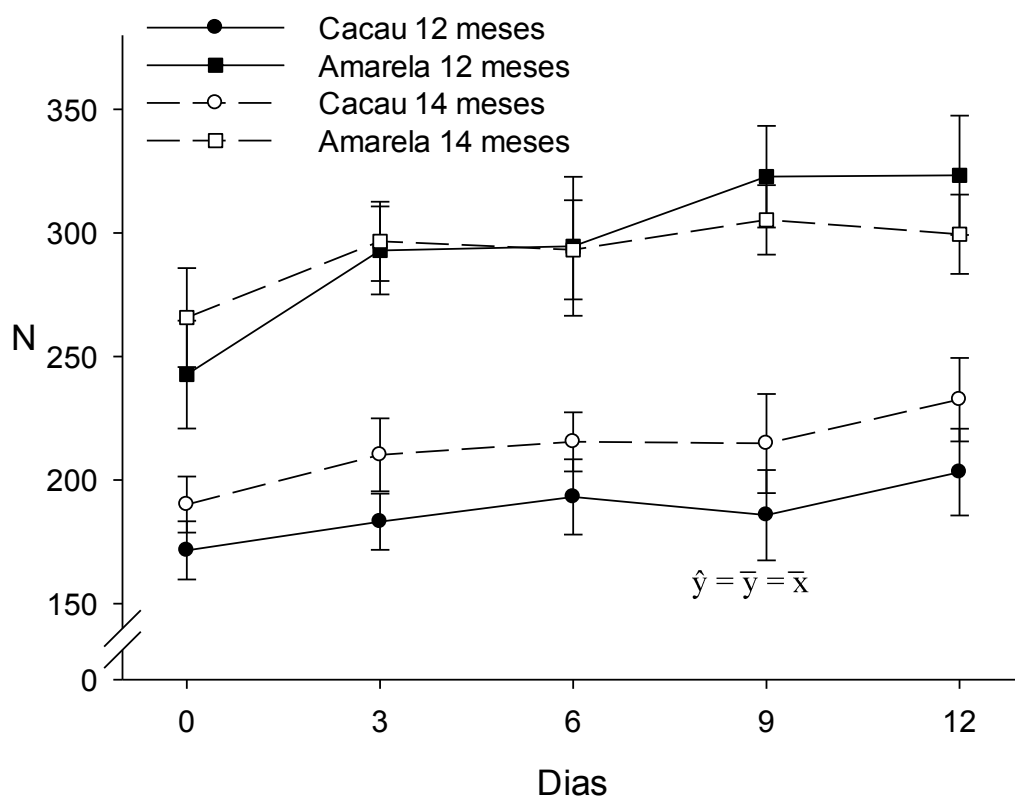


Figura 4. Firmeza (20 % de compressão) da seção transversal de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.2.2. Adesividade

A análise de adesividade foi efetuada como tentativa de quantificar a limosidade ou o aspecto pegajoso que os palitos de mandioca exibiram ao longo da conservação,

porque determina a capacidade de adesão da amostra à superfície do cilindro de compressão. O perfil de adesividade foi crescente (em módulo) ao longo de todo o período, havendo diferenças significativas entre cultivares e idades de colheita (Figura 5). Em estudos com textura de mandiocas Pioneira e Catarina amarela, não foi verificada diferença significativa entre as cultivares, no entanto as análises foram realizadas com a mandioca cozida (BELEIA et al., 2004).

Pode-se deduzir que o aumento da adesividade possivelmente esteja relacionado com o crescimento microbiano na superfície dos palitos de mandioca minimamente processados. A partir do 6º dia ficou constatado que as amostras começaram a ficar pegajosas durante a manipulação, assim como exibiram uma alta correlação com o teste de fluorescência em UV, o que vem de encontro ao teste de adesividade.

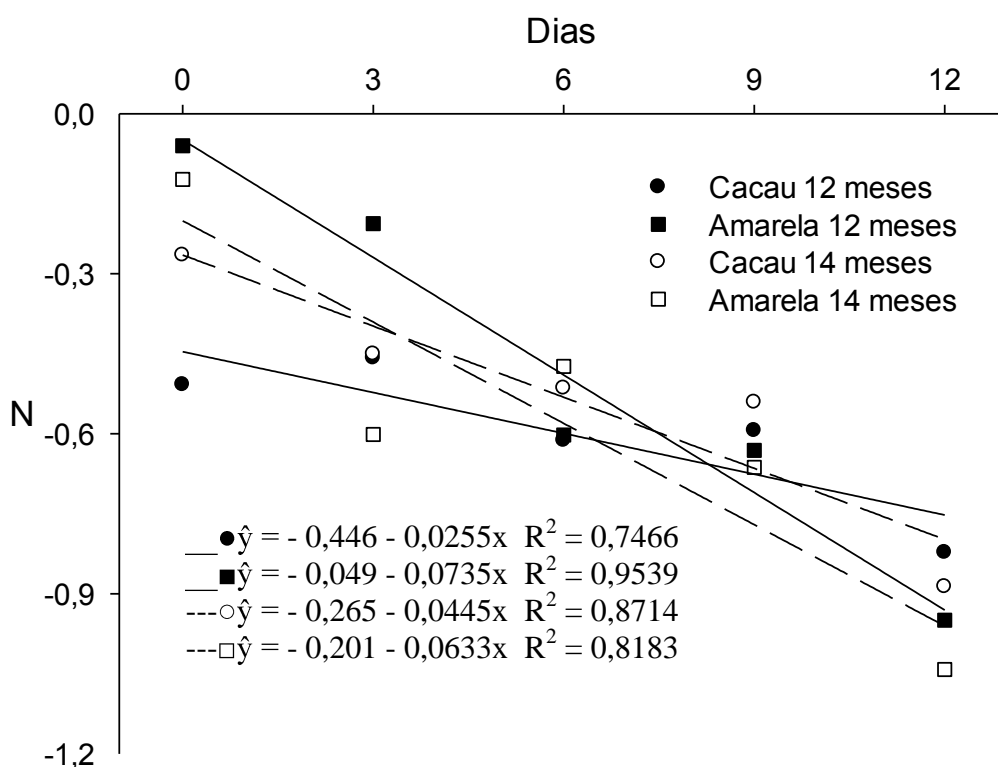


Figura 5. Adesividade (após 20 % de compressão) da seção transversal de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

3.2.3. Índice de Escurecimento

O índice de escurecimento não se alterou significativamente ao longo da conservação, tampouco entre as idades de colheita (Figura 6). O controle do escurecimento de toletes de mandioca minimamente processados foi conseguido com uso de refrigeração e embalagem de poliolefina multicamada, com baixa permeabilidade a O₂ (SILVA et al., 2003).

Possivelmente, os palitos de mandioca de ambas as cultivares não exibiram escurecimento durante a conservação pelo fato de ter sido retirada a periderme, que contém a maior parte do floema secundário e fração externa do xilema secundário, e também do xilema central, durante a produção dos palitos. Esses tecidos possuem atividade metabólica mais ativa, permitindo a transmissão do sinal de dano (URITANI, 1999). Nos palitos, constituídos principalmente pela polpa da mandioca, ou seja, xilema de armazenamento de amido, o tecido é menos ativo, não respondendo tanto ao dano. Foi constatado que a região mais jovem, ou seja, a periferia da raiz apresentou atividade superior de algumas enzimas quando comparada a regiões mais maduras (centrais) possivelmente devido ao fato de ser mais próxima do floema (DAIUTO, 2000). O fato de a região mais externa da raiz ser constituída por células mais jovens e estar mais próxima do floema pode ser uma possível explicação para o fato observado.

No entanto, a cultivar Amarela exibiu índice de escurecimento próximo a 22, superior ao da cultivar Cacau, que exibiu IE em torno de 12 (Figura 6). Essa resposta pode ser explicada pelo fato da cultivar Amarela naturalmente possuir teor superior de carotenoides do que a cultivar Cacau.

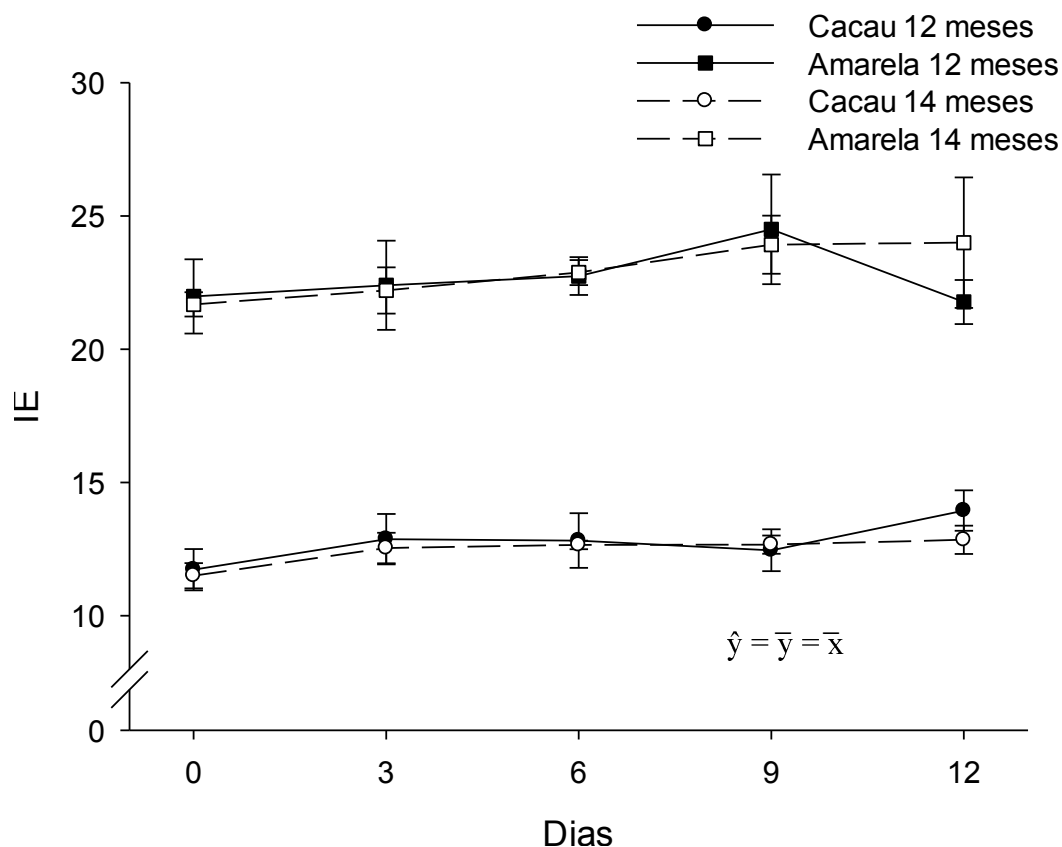


Figura 6. Índice de escurecimento de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias.

Visto que a cor exibida pelas cultivares seja intrínseca a cada uma e não variou com o tempo de conservação, é possível que a identidade cultural de cada região defina a preferência entre as duas cultivares.

3.2.4. Perda de Massa Fresca

A perda de massa fresca não variou significativamente para cultivar ou idade de colheita, durante o período de conservação, para os palitos pesados na embalagem, chegando a 1,4 % aos 12 dias de conservação (Figura 7a). No entanto, para os palitos pesados imediatamente após sua retirada da embalagem, houve diferença entre cultivar e período de conservação. A perda de massa foi mais acentuada nos palitos da cultivar Amarela, que chegou a 5,5 % de perda de massa, no final da conservação, do que nos palitos da cultivar Cacau (4,3 %), possivelmente por terem o metabolismo mais acentuado, em razão do maior estresse no momento do corte, por serem mais firmes (Figura 7b). Foi observado acréscimo na perda de massa para ambas as cultivares durante o período de conservação, mesmo quando pesados com a embalagem (Figuras 7a e 7b).

A diferença encontrada entre as duas metodologias de medição possivelmente ocorre pelo fato de a embalagem de polipropileno possuir baixa permeabilidade ao vapor d'água, retendo dessa forma a água perdida pelos palitos minimamente processados. Este é um dado importante, pois mostra que apenas 1/5 da água perdida pelos palitos minimamente processados é difundida para a atmosfera, revelando a importância da utilização de um filme plástico adequado para embalagem. No entanto, demonstra claramente que, mesmo havendo retenção dessa água no interior da embalagem, os palitos continuam se desidratando durante a conservação, ou seja, o fato de a água não se difundir pela embalagem, ficando retida no seu interior, não é gerado um gradiente de vapor de água suficiente para reduzir essa desidratação. Outra hipótese é que a concentração de água na embalagem entra em equilíbrio, mas, para manter esse equilíbrio, a quantidade de vapor de água difundido para o exterior da embalagem é a mesma perdida pelos palitos.

Foi verificado que toletes de mandioca minimamente processados, quando embalados a vácuo, perdem apenas 0,6 % de massa fresca, no entanto não ficou explícita a forma de determinação das medidas (OLIVEIRA et al., 2003), enquanto minicenouras perdem 3 % de massa fresca quando embaladas em bandejas de polipropileno envoltas com filme de PVC (SIMÕES, 2008). Em beterrabas minimamente processadas em cubos, embaladas em bandeja de poliestireno com filme de PVC, foi observada uma perda de 0,7 % da massa fresca inicial (KLUGE et al.,

2006). Dessa forma, a perda de massa exibida pelos palitos das duas cultivares foi baixa e pode não ter efeito prático e, portanto, não deve afetar as características culinárias e sensoriais após cocção ou fritura.

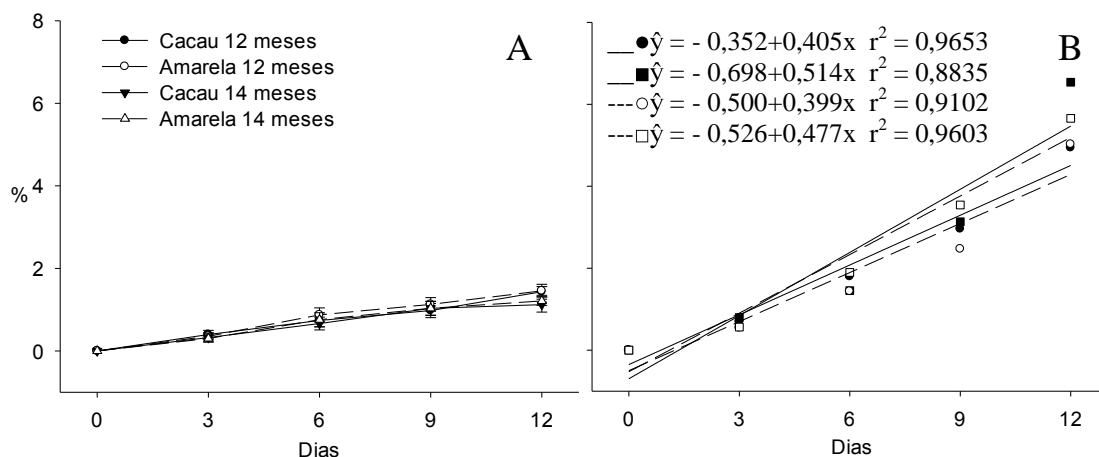


Figura 7. Perda de massa fresca de palitos de mandioca minimamente processados, da cultivar Cacau colhida aos 12 meses (●) e aos 14 meses (○), e da cultivar Amarela colhida aos 12 meses (■) e aos 14 meses (□), conservados a 5 °C por 12 dias, sendo A) palitos pesados com a embalagem e B) palitos pesados após a retirada da embalagem.

3.3. Análise Microbiológica

A análise microbiológica por emissão de fluorescência sob luz ultravioleta não demonstrou contaminação visual por *Pseudomonas* spp. até o sexto dia de conservação refrigerada.

No entanto, os palitos exibiram baixa emissão de fluorescência no 9º dia, e intensa fluorescência no 12º dia (Figura 8).

Essa alta fluorescência possivelmente é uma resposta à contaminação por *Pseudomonas* spp., bactérias reconhecidas como indicadoras de qualidade de alimentos manipulados (CARVALHO, 2001).

Este resultado exhibe alta correlação com o obtido para a adesividade, que aumentou consideravelmente a partir do 9º dia. A adesividade exibida pelos palitos no momento do teste de firmeza deve ter ocorrido em função da ação pectinolítica da população de *Pseudomonas* spp. sobre a superfície dos palitos, o que lhes causa exsudação de líquido viscoso e incolor, tornando-os pegajosos.

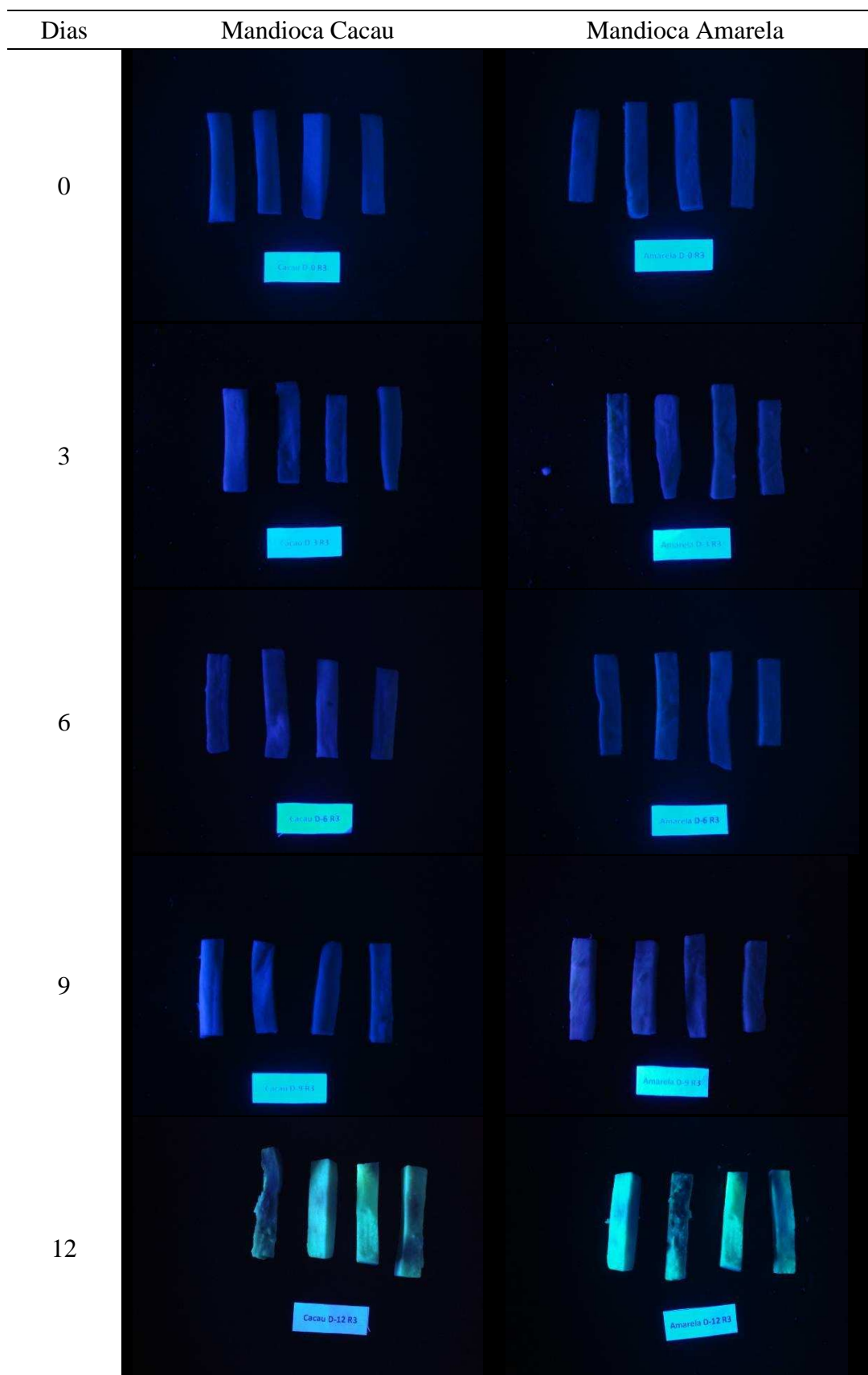


Figura 8. Contaminação de mandioca minimamente processada no formato palito durante conservação a 5 °C, para cultivares Cacau e Amarela. Fotos capturadas em câmara escura com auxílio de lâmpada ultravioleta e câmera digital sem uso do “flash”.

4. CONCLUSÕES

Os palitos de mandioca minimamente processados da cultivar Amarela são mais sensíveis aos danos do processamento do que os palitos da cultivar Cacau, exibindo maior produção de CO₂ e de etileno, independentemente da época de colheita.

Palitos da cultivar Amarela exibem maior firmeza do que os palitos da cultivar Cacau. Mandiocas minimamente processadas no formato palito não escurecem ao longo da conservação.

A perda de massa exibida pelos palitos das duas cultivares é baixa, e o pouco que se perdeu ficou retido na embalagem. A adesividade exibida pelos palitos provavelmente ocorre em função da ação pectinolítica de *Pseudomonas* spp., tornando-os pegajosos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAYO, E., ESCALONA, V., ARTÉS, F.. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. **Journal of Food Science** v.69, p.149–155, 2004.
- ARTÉS F. e ALLENDE A.. Minimal Fresh Processing of Vegetables, Fruits and Juices. 677-716, IN: SUN, D.W. Emerging technologies for food processing. Elsevier Academic Press, 792p, 2005.
- BELÉIA A., PRUDENCIO-FERREIRA S.H., YAMASHITA F., SAKAMOTO T.M. e ITO L.. Sensory And Instrumental Texture Analysis Of Cassava (Manihot esculenta Crantz) Roots. **Journal of Texture Studies**, v.35, p.542–553, 2004.
- BRECHT J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v.30, p.18-22, 1995.
- CANTWELL M.. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In:KADER, A.A. (Ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3.ed. Davis: University of California, Dir. Agric. Nat. Res., p.277-281, 1998.
- CARVALHO, E. P. **Microbiologia de alimentos**. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (especialização) a Distância. Processamento e controle de qualidade em carne, leite, ovos e pescado. UFLA. Lavras-MG, 2001. 128p.
- DAIUTO, E. R. **Desenvolvimento de grânulos de amido durante o crescimento secundário de raízes de mandioca das cultivares Mico e Branca de Santa Catarina. Botucatu**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2000, 140p.
- ESCALONA V.H., AGUAYO E. e ARTÉS F. Quality and physiological changes of fresh-cut kohlrabi. **HortScience**, v.38, p.1148–1152, 2003..
- FANTUZZI E., 1999. Atividade microbiana em repolho (Brassica oleraceae cv. capitata) minimamente processado. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1999, 50p.
- FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. Viçosa: UFV. 29p. (Cadernos didáticos, 19), 1997.
- HEREDIA J.B., CISNEROS-ZEVALLOS L.. The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (Daucus carota) under different wounding intensities. **Postharvest Biology and Technology**, v.51; p.242–249, 2009.
- KLUGE, R. A., COSTA C. A., VITTI M. C. D., ONGARELLI M. G., JACOMINO, A. P. e MORETTI C.L.. Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Ciência Rural**, v.36, p.263-270, 2006.
- LANA, M.M.; FINGER, F.L, 2000. Atmosfera modificada e controlada na conservação de produtos hortícolas. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças.

- MARANGONI A.G., PALMA T. e STANLEY D.W.. Membrane effects in postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, v.7, p.193–217, 1996.
- MARCHESI C. M., CICHOSKI, A. J., ZANOELO, E. F., DARIVA, C. Influência das Condições de Armazenamento sobre os Pigmentos Cárneos e a Cor do Salame Italiano Fatiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p. 697-704, 2006.
- MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada**. 2009. 101p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MONTERO-CALDERÓN, M., ROJAS-GRAÜ M.A., MARTÍN-BELLOSO, O.. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). **Postharvest Biology and Technology** v.50, p.182–189, 2008.
- MORETTI C.L., 2007. Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. SEBRAE/EMBRAPA, 531p.
- NGUYEN-THE C.; CARLIN F.. Microbiology of minimally processed fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.34, p.371-401, 1994.
- PALOU E; LÓPEZ-MALO A; BARBOSA-CÁNOVAS GV, WELTI-CHANES J; SWANSON BG.. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, p.42-45, 1999.
- SAFTNER, R.A., ABBOTT, J.A., BHAGWAT, A.A., VINYARD, B.T.. Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady, and GoldRush apples. **Journal of Food Science**, v.70, p.317–324, 2005.
- SALTVEIT, M.E.. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F.A., ROBINS, R.J. (Eds.), *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*. Oxford University Press, New York, p.205–220, 1997.
- SALTVEIT, M.E.. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v.21, p.61–69, 2000.
- SALTVEIT M.E., CHOI Y.J., TOMÁS-BARBERÁN F.A.. Involvement of components of the phospholipid-signalling pathway in wound-induced phenylpropanoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa*) leaf tissue, **Physiologia Plantarum** v.125, p.345–355, 2005.
- SAPERS G.M., GORNY J.R. e YOUSEF A.E.. Microbiology of fruits and vegetables. CRC Press, Boca Raton, FL, 634p, 2005.
- SCALON, S.P.Q., ZÁRATE N.A.H., VIEIRA M.C.. Embalagem e temperatura na manutenção da qualidade pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.559-563, 2002.

SILVA V.V., SOARES N.F.F., GERALDINE R.M.. Efeito da Embalagem e Temperatura de Estocagem na Conservação de Mandioca Minimamente Processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, p.197-202, 2003.

SURJADINATA B.B. e CISNEROS-ZEVALLOS L.. Modeling wound-induced respiration of fresh-cut carrots (*Daucus carota* L.), **Journal of Food Science**, v.68, p.2735–2740, 2003.

TEIXEIRA M.A., MELO I.S., VIEIRA R.F., COSTA F.E.C. e HARAKAVA R. Microrganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovarietades em três estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.43-49, 2007.

TOIVONEN P.M.A. e BRUMMELL D.A.. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.48, p.1–14, 2008.

URITANI I. Biochemistry on postharvest metabolism and deterioration of some tropical tuberous crops. **Botanical Bulletin Academia Sinica**, v.40, p.177-183, 1999.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C., 1994. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, p.226-268.

VIÑA, S.Z., CHAVES, A.R.. Texture changes in fresh cut celery during refrigerated storage. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.83, p.1308–1314, 2003.

WATANABE, T. e SAKAI, S.. Effects of active oxygen species and methyl jasmonate on expression of the gene for a wound-inducible 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase in winter squash (*Cucurbita maxima*). **Planta**, v.206, p.570–576, 1998.

CONCLUSÕES GERAIS

A mandioca palito se apresenta aceitável para o consumo até o 9º dia de conservação refrigerada a 5 °C, uma vez ela não apresenta escurecimento superficial como na forma de tolete, e que a contagem de microorganismos aeróbios mesófilos totais apresenta valores aceitáveis para consumo até o 12º dia, quando houve desenvolvimento de odor estranho e superfície pegajosa, descaracterizando o produto para consumo.

Palitos de mandioca da cultivar Amarela são mais recomendados para o processamento e posterior uso culinário, uma vez que exibem maior firmeza instrumental, e são potencialmente mais benéficos à saúde humana pois exibem maiores conteúdos de compostos potencialmente funcionais, como maior teor de fibras, além dos carotenoides totais e dos fenólicos solúveis totais. No entanto, os palitos da cultivar Amarela possuem maior conteúdo de açúcares redutores, o que pode promover o escurecimento dos palitos durante a fritura.

Os palitos de mandioca minimamente processada da cultivar Amarela são mais sensíveis aos danos do processamento do que os palitos da cultivar Cacau, pois exibem maior produção de CO₂ e de etileno, independentemente da época de colheita.

Torna-se necessário destinar resíduos do corte em palitos para algum subproduto, visto que o rendimento da mandioca palito é muito baixo.

Testes de cozimento e fritura são necessários para confirmar se a firmeza instrumental será repetida no momento do consumo, além de determinar se o maior conteúdo de açúcares redutores da cultivar amarela se refletirá em maior escurecimento não enzimático devido à fritura.