

ROSILENE ANTONIO RIBEIRO

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA E METABOLISMO DE
CARBOIDRATOS EM RAÍZES DE DOIS CLONES DE
MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

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

T

R484c Ribeiro, Rosilene Antonio, 1971-

Conservação pós-colheita e metabolismo de 2003 carboidratos em raízes de dois clones de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) / Rosilene Antonio Ribeiro. – Viçosa : UFV, 2003.
88 p. : il. (fotos, tab.)

Orientador: Fernando Luiz Finger

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Batata-baroa – Conservação pós-colheita. 2. Batata-baroa – Fisiologia pós-colheita. 3. Batata-baroa – Armazenamento – Efeito da refrigeração. 4. Batata-baroa - Injúria por frio. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19. ed. 635.226

CDD 20. ed. 635.226

ROSILENE ANTONIO RIBEIRO

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA E METABOLISMO DE
CARBOIDRATOS EM RAÍZES DE DOIS CLONES DE
MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

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

APROVADA: 13 de maio de 2003

Prof. Juraci Alves de Oliveira

Maria Aparecida N. Sedyama

Prof. Mário Puiatti
(Conselheiro)

Prof. Vicente Wagner D. Casali
(Conselheiro)

Prof. Fernando Luiz Finger
(Orientador)

A Deus,

De forma muito especial, à minha querida mãe Maria Helena,

Ao meu pai, Calixto Antonio,

Aos meus irmãos Roberto, Rivanildo e Regiane,

Ao meu namorado Cláudio Samara,

Aos meus sobrinhos,

e também aos meus avós.

AGRADECIMENTOS

Ao Mestre Jesus Cristo, pela luz, esperança, saúde e perseverança.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o Curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Fernando Luiz Finger, pelo apoio, amizade e pela competente orientação.

Aos Professores Conselheiros Mário Puiatti e Vicente Wagner Dias Casali, pela disponibilidade, orientação e pelos ensinamentos durante o curso, indispensáveis à realização deste trabalho.

A Pesquisadora, Dra. Maria Aparecida Nogueira Sedyama, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pelas críticas e valiosas sugestões.

Ao Professor, Dr. Juraci Alves de Oliveira, pelas sugestões e colaborações apresentadas.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pelo apoio estatístico e pelas sugestões.

À secretária do curso de pós-graduação em Fitotecnia, Mara Rodrigues, pela amizade, compreensão e pela colaboração nos serviços prestados.

Ao Funcionário Vicente Madaleno dos Santos, pelo agradável convívio e colaboração durante o Curso.

Ao Feliciano e a todos os funcionários da Horta de pesquisa “Horta Velha”, pelo valioso apoio durante todas as etapas do experimento no campo.

Aos estagiários, Hilton, Mônica S. Ito, Fernanda Caniato e Lúcia Pittol, pela ajuda na condução dos experimentos no Laboratório de Pós-Colheita.

Aos laboratoristas, José Geraldo Júlio, José Sabino e Francisco Glicério Ribeiro, pelo apoio e ajuda durante o experimento.

Aos meus amigos de curso, Iraci Fidélis, Virgínia, Josete Pertel, Daniel Nogueira, Cíntia Armon, Ludmila Lafetá, Gisele Polete, Wagner F. da Mota, Vanessa e Paulo Morais, pelo agradável convívio e amizade durante as disciplinas e a realização deste trabalho.

À minha amiga e irmã, Nara Geane de Araújo Medeiros, pelo apoio e companheirismo.

À colega de república, Eliete S. Vilarinho pela compreensão, ajuda e pelo constante estímulo.

Aos meus queridos pais, Calixto Antonio e Maria Helena, e, aos meus irmãos, Rivanildo, Roberto e Regiane, pelo amor e pela presença constante.

Ao meu namorado Cláudio Sâmara dos Reis, pelo amor, pela paciência e pela compreensão.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Rosilene Antonio Ribeiro, filha de Calixto Antonio e Maria Helena Ribeiro, nasceu em Dourados, Mato Grosso do Sul, em 23 de junho de 1971.

Em março de 1996, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em Dourados, Mato Grosso do Sul.

Em agosto de 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Produção Vegetal na UFMS, submetendo-se à defesa de tese em junho de 1998.

Em março de 1999, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em maio de 2003.

CONTEÚDO

| | |
|---|------|
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT | x |
| INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| CAPÍTULO 1 | 4 |
| CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE RAÍZES TUBEROSAS DE DOIS CLONES DE MANDIOQUINHA-SALSA INFLUENCIADA POR FILME DE PVC E TEMPERATURA | 4 |
| 1. INTRODUÇÃO | 4 |
| 1.1. Considerações gerais | 4 |
| 1.2. Perda de massa fresca | 6 |
| 1.3. Injúria por frio | 7 |
| 1.4. Amido e carboidratos solúveis | 9 |
| 1.5. Objetivos | 12 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 2.1. Descrição dos clones | 13 |
| 2.2. Obtenção das raízes | 13 |
| 2.3. Colheita e armazenamento | 14 |
| 2.4. Características avaliadas | 15 |
| 2.4.1. Perda de massa fresca | 15 |
| 2.4.2. Teor relativo de água | 15 |

| | |
|--|----|
| 2.4.3. Injúria por frio | 16 |
| 2.4.4. Aparência comercial | 16 |
| 2.4.5. Carboidratos solúveis | 16 |
| 2.4.6. Amido | 17 |
| 2.5. Análise estatística | 18 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 3.1. Alterações físicas nas raízes de mandioquinha-salsa | 19 |
| 3.2. Alterações químicas nas raízes de mandioquinha-salsa | 40 |
| CAPÍTULO 2 | 51 |
| ATIVIDADE DE ENZIMAS INVERTASES E ALTERAÇÕES DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS EM RAÍZES DE DOIS CLONES DE MANDIOQUINHA-SALSA | 51 |
| 1. INTRODUÇÃO | 51 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 55 |
| 2.1. Obtenção das raízes | 55 |
| 2.2. Colheita e armazenamento | 55 |
| 2.3. Coleta de amostras | 56 |
| 2.3.1. Massa seca | 56 |
| 2.4. Características avaliadas | 56 |
| 2.4.1. Carboidratos solúveis | 56 |
| 2.4.2. Amido | 57 |
| 2.4.3. Enzimas invertases | 57 |
| 2.4.3.1. Extração | 57 |
| 2.4.3.2. Atividade enzimática | 58 |
| 2.5. Análise estatística | 58 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 59 |
| 3.1. Alterações na concentração de carboidratos | 59 |
| 3.2. Atividade enzimática | 68 |
| 4. RESUMO E CONCLUSÕES | 73 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 75 |
| APÊNDICE | 87 |

RESUMO

RIBEIRO, Rosilene Antonio, D.S. Universidade Federal de Viçosa, maio de 2003. **CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA E METABOLISMO DE CARBOIDRATOS EM RAÍZES DE DOIS CLONES DE MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. Orientador: Fernando Luiz Finger. Conselheiros: Mário Puiatti e Vicente Wagner Dias Casali.

Com o objetivo de avaliar a eficácia da refrigeração e do filme plástico de PVC, na extensão da conservação pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa dos clones Amarela de Carandaí (BGH 5746) e Roxa de Viçosa (BGH 6513), bem como de verificar a atividade de enzimas invertases no metabolismo de carboidratos das raízes tuberosas, foram conduzidos três experimentos. Os experimentos foram arranjados no delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, tendo o primeiro, três repetições, e os dois últimos, quatro repetições. No primeiro experimento, os fatores das parcelas foram: uso ou não da embalagem de filme de PVC x temperatura de 5 e de 10°C, em fatorial 2 x 2, e, nas subparcelas o tempo de armazenamento de 15, 30, 45 e 60 dias. No segundo e no terceiro experimento, objetivou-se o estudo de atividade enzimática, sendo conduzidos por 7 dias, no laboratório de Pós-Colheita, em temperatura ambiente e, por 21 dias, em câmaras frias às temperaturas de 5 e de 10°C, respectivamente. Foram alocados nas parcelas as temperaturas e nas subparcelas o tempo de armazenamento. No primeiro experimento, as raízes de ambos os clones tiveram menor perda de massa fresca e maior teor relativo de água, ao longo do armazenamento, quando envolvidas com o filme de PVC. Porém, a 5°C sem o filme de PVC, apresentaram sintomas de injúria por frio, sendo o clone Amarela de Carandaí,

o mais sensível. As raízes dos dois clones, com o filme de PVC, tanto a 5 quanto a 10°C, mantiveram-se com aparência para comercialização até 60 dias de armazenamento, com ausência de injúria por frio, murcha aparente e deterioração por microrganismos. Porém, sem o PVC, as raízes permaneceram comercializáveis por menos de 14 dias de armazenamento, devido a perdas excessivas de massa fresca (a 5 e a 10°C), a injúria por frio (a 5°C) e a infecção por *Penicillium* sp. (a 10°C). O teor de amido reduziu gradualmente nas raízes embaladas, tanto a 5 quanto a 10°C, nos dois clones, e mais acentuadamente nas raízes sem o PVC, o que contribuiu para menor conservação pós-colheita. A composição gasosa gerada no interior das embalagens, em ambos os clones, não foi suficiente para prevenir o aumento dos açúcares redutores que ocorreu nas raízes embaladas, mas foi benéfica em manter as taxas respiratórias baixas, uma vez que esses açúcares não foram consumidos. O aumento dos açúcares redutores nas raízes embaladas evidenciou possível efeito das temperaturas de 5 e de 10°C no acúmulo de açúcares solúveis nessas raízes. No segundo e no terceiro experimento, a atividade das invertases ácida solúvel e alcalina foram baixas, ao longo do armazenamento a 5°C, 10°C e a temperatura ambiente. No entanto, a 10°C, a concentração dos açúcares não redutores correlacionou-se negativamente com a atividade da invertase ácida da parede celular, que nas raízes dos dois clones foi a invertase mais ativa durante o armazenamento.

ABSTRACT

RIBEIRO, Rosilene Antonio, D.S., Universidade Federal de Viçosa, may, 2003.

Postharvest physiology and carbohydrate metabolism in tap roots of two clones of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Adviser: Fernando Luiz Finger. Committee Members: Mário Puiatti and Vicente Wagner Dias Casali.

This experiment had the goal to evaluate the efficiency of refrigeration and the PVC film on postharvest conservation of tap roots from the clones Amarela de Carandaí (BGH 5746) and Roxa de Viçosa (BGH 6513), as well as the invertases activity on carbohydrate metabolism. The experiments were arranged in random design blocks in subdivided parcels. Tap roots were stored at 5 and 10°C wrapped or not in PVC film for 15, 30, 45 and 60 days. Two additional experiments were set up to determined the invertases activity at room temperature and at 5 and 10°C for 7 and 21 days, respectively. Throughout long term storage the roots PVC film was able to reduce the weight loss and retain higher relative water content. However, storage at 5°C without PVC film, induced chilling injury in both clones, being Amarela de Carandaí more sensitive to it. In those roots stored at 5 and 10°C wrapped with PVC film kept commercial quality up to 60 days of storage, showing no signs of chilling injury, shriveled and pathological symptoms. At the same temperatures, without PVC film, the roots had excessive water loss, chilling injury symptoms at 5°C and infection by *Penicillium* sp. At 10°C, losing their commercial aspect in less than 14 days. The starch content decreased gradually at 5 and 10°C in both clones, being more intense in those roots without PVC film. The PVC film did

not prevent the increase in the reducing sugars, but was able to maintain low respiration, since the reducing sugars, but was able to maintain low respiration, since the reducing sugars were not consumed in high rate. The accumulation of reducing sugars in the roots wrapped in PVC showed sweetening effect at 5 and 10°C. Activity of acid and alkaline soluble invertases were present at low level throughout storage at 5, 10°C and room temperature. But at 10°C the concentration of no-reducing sugar was negative correlated with the activity of cell wall invertase, being the most active invertase during storage.

INTRODUÇÃO GERAL

Originária dos trópicos andinos, a mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), também conhecida como batata-baroa, batata-salsa, batata-cenoura, cenoura-amarela, entre outros, destaca-se no grupo de alimentos ricos em carboidratos destinados à alimentação humana. Sua raiz tuberosa, é recomendada em dietas de crianças, idosos e convalescentes, principalmente por causa do amido de fácil digestibilidade, alto conteúdo de cálcio, ferro e fósforo e de vitaminas do complexo B (MONTALDO, 1991; PEREIRA, 2000).

A planta de mandioquinha-salsa foi introduzida no Brasil, provavelmente, no início do século XX (ZANIN e CASALI, 1984) e se adaptou melhor em microclimas de altitudes do centro-sul, onde Minas Gerais é o principal produtor do país, com área estimada de cultivo superior a 6000 ha / ano, tendo mais de 100 municípios produtores (SANTOS, 1997). Devido à sua rusticidade, a planta requer pequeno gasto com insumos agrícolas, daí ser normalmente cultivada em pequenas áreas com emprego de mão-de-obra familiar (SANTOS, 1997; CASALI e SEDIYAMA, 1997).

O ciclo cultural da produção de raízes varia de 10 a 12 meses o qual, associado a baixa capacidade de conservação pós-colheita das raízes tuberosas, sendo limitada ao máximo de 6 dias em temperatura ambiente (THOMPSON, 1980; AVELAR FILHO, 1989a; SCALON et al., 1998), constituem-se nos fatores que mais limitam a expansão da cultura. Por

essas razões os preços são altos. As causas de deterioração das raízes são mudanças bioquímicas relacionadas com o metabolismo respiratório, a biossíntese e ação de etileno, alterações da composição química, danos mecânicos, condições inadequadas de armazenamento e infecções por microrganismos (CÂMARA, 1984; YUPANQUI, 1998).

Algumas alternativas podem prolongar o período de conservação das raízes de mandioquinha-salsa como: cuidados na colheita, no manuseio, uso de refrigeração juntamente com embalagens, como as de filmes plásticos (THOMPSON, 1980; CÂMARA, 1984; CASALI et al., 1988), além do processamento industrial imediato das raízes.

O uso da refrigeração, no entanto, exige certos cuidados quanto à escolha da temperatura de armazenamento. Por ser considerada espécie subtropical, a planta de mandioquinha-salsa pode ser sensível a injúria por frio. As raízes são ricas em amido e, provavelmente, também podem sofrer alterações de cor e sabor, quando submetidas à temperaturas inferiores a 10°C, como ocorre com a batata (ISHERWOOD, 1973; MARQUEZ e AÑON, 1986) e batata-doce (PICHA, 1987a). Isso deve-se à possibilidade de acúmulo de açúcares solúveis, durante o armazenamento, devido a degradação de amido que ocorre em baixas temperaturas.

O acúmulo de açúcares solúveis, especialmente os açúcares redutores, é indesejável em alguns produtos destinados ao processamento, pois causa escurecimento durante a fritura. Portanto, o conhecimento das alterações dos carboidratos durante o armazenamento torna-se relevante, pois permite a escolha de variedades mais apropriadas ao processamento industrial.

O acúmulo de açúcares solúveis é dependente do genótipo, da temperatura e extensão do armazenamento, do estágio de desenvolvimento do produto hortícola e da atividade de enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos (PICHA, 1987a; PRITCHARD e ADAM, 1992; HERTOOG et al., 1997). Durante o armazenamento pode haver perda de sacarose pelos órgãos de reserva devido a atividade de enzimas invertases, denominadas invertase ácida solúvel, ácida da parede celular e alcalina. Em raízes de mandioquinha-salsa essas enzimas ainda não foram estudadas.

Em razão do exposto, torna-se de fundamental importância o desenvolvimento de técnicas e/ou procedimentos pós-colheita que permitam ampliar o período de armazenamento das raízes tuberosas a longo prazo.

O trabalho teve como objetivos avaliar a eficácia da refrigeração e da embalagem plástica na conservação pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa, bem como verificar a atividade de enzimas invertases no metabolismo de carboidratos dessas raízes.

CAPÍTULO 1

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE RAÍZES TUBEROSAS DE DOIS CLONES DE MANDIOQUINHA-SALSA INFLUENCIADA POR FILME DE PVC E TEMPERATURA

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), constitui importante fonte de renda dos pequenos produtores das regiões serranas do Sudeste e Sul do Brasil (ZANIN e CASALI, 1984; SANTOS, 1997), em razão da rusticidade da cultura, associada ao preço estável ao longo do ano (RESENDE e MASCARENHAS, 1997). As raízes, no entanto, possuem vida pós-colheita extremamente reduzida, tendo durabilidade máxima de 6 dias à temperatura ambiente (THOMPSON, 1980; SCALON et al., 1998). O seu transporte até mercados mais distantes, torna-se inviável, devido ao apodrecimento ou deterioração (YUPANQUI, 1998).

Mudanças bioquímicas relacionadas com o metabolismo respiratório, a biossíntese e ação de etileno, alterações da composição química, danos mecânicos, condições inadequadas de armazenamento e infecções por

microrganismos são as causas de deterioração pós-colheita (CÂMARA, 1984; YUPANQUI, 1998). Dentre as principais causas da perecibilidade das raízes, está a alta taxa de perda de água, uma vez que sua taxa respiratória é considerada baixa. O teor de 78% de água nas raízes não é muito elevado, comparado a maioria das hortaliças, o que indica a possibilidade delas não possuírem estruturas naturais eficientes e que as protejam contra o ressecamento (AVELAR FILHO, 1989a).

Algumas técnicas de pós-colheita podem ser empregadas visando preservar e estender a vida útil / comercial dos produtos hortícolas. A refrigeração tem sido considerado o método mais efetivo de preservação da qualidade desses produtos, pois, as baixas temperaturas diminuem a taxa respiratória, a produção de etileno, a senescência, as alterações indesejáveis, como síntese de álcoois e aldeídos, a perda de água por meio da redução do gradiente de pressão de vapor, e, o desenvolvimento de podridões pós-colheita (HENZ et al., 1991; SILVA et al., 1999).

Na faixa de 5 a 15°C, no entanto, a temperatura ocasiona danos em muitas espécies tropicais e subtropicais (FERNÁNDEZ-TRUJILLO et al., 1998). A temperatura de armazenamento abaixo do mínimo recomendado pode causar desordens fisiológicas que se tornam visíveis em armazenamento prolongado ou após a retirada do produto da refrigeração (COUEY, 1982; KAYS, 1999).

Para vários produtos e especialmente aqueles sensíveis ao frio, o armazenamento refrigerado complementado com embalagem de filme plástico conserva a qualidade por maior período, quando comparado ao uso isolado da refrigeração. Isto porque, a embalagem plástica aumenta o período de conservação devido a modificação da atmosfera no seu interior, com elevação de CO₂ e diminuição dos níveis de O₂. Em consequência, há redução da taxa respiratória, da senescência, da produção e sensibilidade ao etileno, de desenvolvimento de patógenos, das reações de oxidação e dos sintomas de injúria por frio (BEN-YEHOSHUA, 1985; ZAGORY e KADER, 1988; GORRIS e PEPPELENBOS, 1992; FONSECA et al., 2000). Além disso, as embalagens atuam como barreiras ao movimento de vapor

de água e podem ajudar a manter a umidade relativa elevada e o turgor da hortaliça.

O sucesso da atmosfera modificada, proporcionada pela embalagem plástica, dependerá do balanço adequado entre permeabilidade do filme aos gases CO_2 , O_2 e H_2O , a respiração do produto, da temperatura de armazenamento, da variedade, da massa e estágio de desenvolvimento do produto hortícola (HARDENBURG, 1971; MOLEYAR e NARASIMHAM, 1994).

Embora existam muitos filmes plásticos com permeabilidade específica a gases visando a embalagem de frutos e hortaliças e a modificação da atmosfera do ar ao redor dos produtos, o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o cloreto de polivinila (PVC) são os principais filmes usados (ZAGORY e KADER, 1988; KADER, 1990).

1.2. Perda de massa fresca

A perda de massa total pós-colheita dos produtos hortícolas é resultado do somatório da perda de água pela transpiração e da perda de massa seca devido a atividade respiratória (FINGER e VIEIRA, 1997). A perda de massa proveniente da respiração, situa-se entre 3 a 5% da perda de massa total (BEN-YEHOSHUA, 1987). Isso indica que a intensidade da transpiração pós-colheita determina em grande parte a taxa de perda de massa total dos produtos hortícolas.

A redução da massa total e enrugamento do produto, são considerados como sintomas iniciais da excessiva perda de massa fresca, ocasionada pela perda de água. A perda de água depende da diferença de pressão de vapor de água entre o produto e o vapor de água ao seu redor, a qual é determinada pela diferença entre temperatura do produto e a do ar e de sua umidade relativa (ZAGORY e KADER, 1988; SCHEER, 1994). Quando a pressão de vapor de água nas raízes é maior que no ambiente, ocorre perda de água pelas raízes.

Outros fatores inerentes aos produtos como, quantidade inicial de água, relação superfície / volume, natureza da superfície protetora e

integridade física, também determinam, em parte, a taxa de difusão do vapor de água ao ambiente (WEICHMANN, 1987; KAYS, 1991).

Em temperatura ambiente a perda de massa fresca de raízes pequenas de mandioquinha-salsa foi mais acentuada do que a das raízes médias e grandes, devido sua maior relação superfície / volume, mas, quando elas foram protegidas por filmes de PEBD, a relação superfície / volume das raízes não exerceu influência nessa perda (AVELAR FILHO, 1989a). KIMURA e CRUZ (1989) constataram que a vida útil de raízes de mandioquinha-salsa armazenada em temperatura ambiente, desprovida de filme de PVC e com PVC, foi 2 e 20 dias, respectivamente, sendo limitada principalmente pela perda de massa fresca.

A associação de baixa temperatura com embalagens plásticas, proporciona melhores resultados, em termos de aumento da conservação, quando comparado ao uso das técnicas isoladamente. Raízes de mandioquinha-salsa acondicionadas em PEBD sem perfurações e armazenadas a 0 e 5°C conservaram-se melhor do que as raízes acondicionadas em caixas abertas, nas mesmas condições, e a temperatura ambiente (CÂMARA e MEDINA, 1983). Resultados semelhantes foram observados por CASALI et al. (1988) em que constataram maior período de conservação das raízes de mandioquinha-salsa quando embaladas em PEBD.

A perda de massa fresca pode ser tolerada até níveis que não promovam o murchamento, o enrugamento da superfície e a perda de firmeza, que depreciam o valor comercial do produto. Na maioria das hortaliças, o nível aceitável de perda oscila entre 5 e 10% da massa total (FINGER e VIEIRA, 1997).

1.3. Injúria por frio

A injúria por frio, dano fisiológico permanente ou irreversível em tecidos vegetais, células, ou órgãos, resulta da exposição de plantas sensíveis ao frio à temperaturas abaixo daquela crítica, ou seja, temperatura mínima de segurança da espécie ou do tecido específico. Em produtos de origem tropical ou subtropical, a injúria ocorre quando são expostos a menos

de 10 ou 13°C, porém, acima do seu ponto de congelamento (LYONS e BREIDENBACH, 1987; CHITARRA e CHITARRA, 1990; KAYS, 1999).

Como sintomas visíveis da injúria por frio, nos tecidos vegetais, são comumente relatados depressões na superfície, descolorações interna e externa, que varia de marrom a preto, colapso dos tecidos, aumento da suscetibilidade à doenças e alterações em componentes químicos com conseqüente redução da qualidade do produto (LYONS e BREIDENBACH, 1987; PICHA, 1987b; MERCER e SMITTLE, 1992; COHEN et al., 1994).

A mudança no estado físico dos lipídeos saturados de membranas, passando do estado gel flexível a gel sólido seria a resposta primária dos tecidos sensíveis ao frio (LYONS e RAISON 1970). Essa resposta poderia resultar em alterações no metabolismo, como, o extravasamento de íons, perda da atividade mitocondrial, alterações na produção de etileno, nos sistemas enzimáticos associados à membrana e, acúmulo de metabólitos tóxicos como o etanol e acetaldeído (WANG, 1982; MARKHART III, 1986). Modificações na atividade respiratória, também têm sido encontradas em diversas culturas, podendo haver redução ou aumento (WANG, 1982; CHITARRA e CHITARRA, 1990; HAKIM, et al., 1999). Há evidências de que plantas de origem tropical ou subtropical contenham mais ácidos graxos saturados e que, por isso, se solidificam em temperaturas mais altas do que as de clima frio (MARKHARTIII, 1986).

A extensão da injúria por frio é função do estágio de desenvolvimento do vegetal, do cultivar e da umidade relativa da atmosfera de armazenamento (BRAMLAGE, 1982). Além disso, mudança de estado físico de membranas pode ou não, levar a mudanças secundárias irreversíveis, dependendo da temperatura, do tempo de exposição e da suscetibilidade da espécie a alguma temperatura em particular (WANG, 1982).

CZYHRINCIW e JAFFÉ (1951) verificaram que a mandioquinha-salsa, foi a raiz mais sensível a baixa temperatura, com perda total, devido a perda de massa por transpiração, respiração e putrefação de 40% em 4 semanas a 3°C, comparados a 10, 22 e 23% do cará doce, mangarito e mandioca, respectivamente. CÂMARA (1984) observaram que, nas raízes de

mandioquinha-salsa armazenadas a 5°C, em caixas abertas, houve injúria por frio e em duas semanas de armazenamento o aspecto comercial foi razoável.

As alterações nas concentrações de CO₂ e O₂ proporcionadas pela atmosfera modificada são apontadas como responsáveis pela redução da injúria por frio em algumas frutas e hortaliças (WANG, 1993; MERCER e SMITTLE, 1992; MOLEYAR e NARASIMHAM, 1994; WANG e QI, 1997). No entanto a atenuação do estresse hídrico, proporcionada pela formação de atmosfera saturada de água no interior das embalagens plásticas, também pode ser um dos fatores controladores da redução dos sintomas (WARDOWSKI et al., 1973; BEN-YEHOSHUA et al., 1983; WANG e QI, 1997).

1.4. Amido e carboidratos solúveis

Os carboidratos nas plantas, ou nos órgãos de reserva em armazenamento, estão em constantes alterações, pois esses são os mais importantes substratos energéticos dos processos metabólicos. As alterações podem ser quantitativas ou qualitativas, e as conversões como a de amido ou sacarose (açúcar não redutor) a glicose e frutose (açúcares redutores) dentre outros, são reguladas enzimaticamente e influenciadas pelas condições e tempo do armazenamento (HANSEN e WEICHMANN, 1987).

Em mandioquinha-salsa, essas informações são escassas. O primeiro trabalho conduzido foi de CZYHRINCIW e JAFFÉ (1951), que verificaram aumento dos teores de amido e de açúcares solúveis (sacarose, glicose e frutose), em armazenamento durante 4 semanas em temperatura ambiente, o qual foi atribuído a concentração da massa seca devido a perda de água pelas raízes. Em 1986, TELES et al., determinaram os teores de carboidratos solúveis totais (em g/100 g da massa fresca), em raízes pequenas, médias e grandes de mandioquinha-salsa, obtendo-se teores de 23,72; 29,89 e 25,96 nas raízes pequenas, médias e grandes, respectivamente.

Em cenoura, raiz tuberosa da mesma família da mandioquinha-salsa (*Umbelliferae*), o padrão de alteração dos carboidratos durante o armazenamento ao ar refrigerado é de aumento nos teores de açúcares redutores e diminuição nos teores de sacarose (PHAN, 1974; HANSEN e RUMPF, 1974; RUTHERFORD, 1981; NILSSON, 1987; LE DILY et al., 1993; SUOJALA, 2000).

Em atmosfera modificada e refrigerada os teores dos carboidratos solúveis totais, em cenoura, foram praticamente inalterados ao longo do armazenamento, enquanto que em atmosfera normal houve redução significativa desses carboidratos e a relação açúcares não redutores / redutores também diminuiu drasticamente (PHAN et al., 1973; PHAN, 1974; HANSEN e RUMPF, 1974). Em geral a atmosfera modificada proporcionada pela embalagem plástica, é benéfica na conservação dos produtos hortícolas. No entanto, acentuada elevação na concentração de CO₂ e na redução de O₂ são prejudiciais. Raízes de cultivares de cenoura, submetidas a concentrações de O₂ de 21 a 2,5%, na ausência de CO₂, tiveram menor relação açúcares não redutores / redutores, nas concentrações mais baixas de O₂, quando comparadas aquelas em concentrações mais altas (WEICHMANN e AMMERSEDER, 1974). Já cenouras armazenadas em alta concentração de CO₂ exibiram ao final do período de armazenamento, menor teor de carboidratos solúveis totais, com menor degradação de sacarose e maior de glicose e frutose (WEICHMANN, 1977).

Ausência da degradação de sacarose em raízes de cenoura, durante o armazenamento, foram observados por SVANBERG et al. (1997), devido a precocidade de cultivares. Cultivares precoces, com maior maturidade por ocasião da colheita, aumentaram a sacarose em relação a glicose e frutose ao longo do armazenamento. O mesmo ocorreu em raízes de cenoura armazenadas, que foram colhidas com sintomas de injúria por frio devido a baixa temperatura durante o ciclo produtivo (SUOJALA, 2000).

A maior fração dos carboidratos totais em mandioquinha-salsa, corresponde ao amido, que representa cerca de 80%, enquanto que os açúcares totais correspondem a 6% (PEREIRA, 2000). As raízes e

tubérculos ricos em amido, quando submetidos à temperaturas inferiores a 10°C apresentam o adoçamento causado por baixa temperatura, que consiste no acúmulo de açúcares solúveis durante o armazenamento, decorrente da degradação do amido. Como consequência, ocorre o desenvolvimento de cor escura, durante a fritura dessas raízes ou tubérculos, o que deprecia o produto quando são destinados a comercialização na forma de "chips". O escurecimento não enzimático, é atribuído a reação dos açúcares solúveis, especialmente os açúcares redutores, com os grupos α -amino livres dos aminoácidos, denominada de reação de Maillard (SCHWOBE e PARKIN, 1990; PRITCHARD e ADAM, 1994; HERTOOG et al., 1997). Em razão dos teores de amido, acredita-se que esse fenômeno possa ocorrer nas raízes de mandioca-salsa durante o armazenamento a baixa temperatura. No entanto o acúmulo de açúcares solúveis redutores, depende da temperatura e do tempo de exposição ao armazenamento, da cultivar e da maturidade das raízes ou tubérculos (PICHA, 1986; PICHA, 1987a; PRITCHARD e ADAM, 1992; HERTOOG et al., 1997; PEREIRA e CAMPOS, 1999).

Diversos trabalhos realizados com batata e batata-doce demonstram que o nível de escurecimento nos produtos fritos deve-se exclusivamente às mudanças nos teores de açúcares redutores, sendo a relação curvilínea com 'plateau' em nível de cor escura (MARQUEZ e AÑON, 1986; PICHA, 1986). Em tubérculos de batata o escurecimento durante a fritura deveu-se principalmente ao acúmulo de glicose quando a concentração atingiu valores acima de 1,2 mg/g da massa fresca (PRITCHARD e ADAM, 1994), enquanto em batata-doce correlacionou-se mais com a sacarose (PICHA, 1987b).

Os açúcares acumulados durante o armazenamento à baixas temperaturas podem, freqüentemente, ser reduzidos pela transferência do produto para altas temperaturas, cujo processo é denominado de recondicionamento. Esse se dá normalmente entre 15 a 20°C. Com o recondicionamento, os açúcares redutores são convertidos a amido ou utilizados nos processos metabólicos. Esse processo porém, parece ser efetivo até certo período de armazenamento do produto em baixa temperatura (PRITCHARD e ADAM, 1992; PRITCHARD e ADAM, 1994; GICHOHI e PRITCHARD, 1995).

1.5. Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos avaliar a eficiência do filme de PVC e de duas temperaturas de armazenamento sobre a conservação e o metabolismo de carboidratos em raízes de dois clones de mandioca-salsa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição dos clones

No presente experimento, foram utilizadas raízes de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) dos clones Amarela de Carandaí (BGH 5746) e Roxa de Viçosa (BGH 6513).

O clone Roxa de Viçosa caracteriza-se por apresentar a folhagem exuberante, precocidade de produção e ter coloração do pecíolo roxo. Já o clone Amarela de Carandaí, destaca-se pela maior rusticidade e pela coloração verde do pecíolo. A raiz tuberosa de ambos os clones é amarela, cujo formato no clone Roxa de Viçosa é cônico, enquanto no 'Amarela de Carandaí' varia de ovóide a fusiforme. No clone Roxa de Viçosa, as raízes ligam-se diretamente pela região basal a coroa, enquanto no clone Amarela de Carandaí há a formação de um "pescoço" na base da raiz, atando-a na coroa. Essa característica facilita o destaque das raízes da coroa, por ocasião da colheita e confere maior resistência aos danos mecânicos.

2.2. Obtenção das raízes

As raízes foram cultivadas na área experimental da Horta de Pesquisas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. O preparo do solo consistiu de aração e gradagem, seguido da feitura das leiras de plantio, em nível, com cerca de 0,15 m de altura e distanciados de

1 m. Devido o elevado nível de fertilidade revelado pela análise de solo, não foram realizadas adubações de plantio. As mudas foram provenientes do Banco de Germoplasma de Hortaliças, da UFV, (BGH/UFV) de plantas com 12 meses de ciclo. O plantio foi realizado em canteiros, no espaçamento de 1 m entre fileiras e 0,40 m entre plantas, em abril de 1999.

Os tratos culturais consistiram basicamente de capinas manuais, adubações nitrogenadas de cobertura e irrigações por aspersão. A adubação de cobertura foi realizada em dois parcelamentos, aos 30 e 90 dias após o plantio, utilizando o nitrocálcio na dose de 5 g por planta aplicado a cerca de 0,10 m ao redor da base das plantas.

2.3. Colheita e armazenamento

Como indicador do ponto de colheita, utilizou-se o amarelecimento e secamento natural das folhas externas das plantas associado ao ciclo cultural. Na colheita, realizada aos 10 meses após o plantio, as touceiras foram arrancadas com o auxílio de enxadão e as raízes retiradas manualmente. As raízes foram selecionadas, descartando-se aquelas com podridão e deformação acentuada incluindo-se, no experimento, aquelas com tamanho uniforme apresentando pesos médios de $532,24 \pm 83,05$ g, no clone Amarela de Carandaí e de $518,63 \pm 74,39$ g, no clone Roxa de Viçosa.

As raízes selecionadas foram lavadas pelo processo manual, de maneira a se evitar danos, e transferidas ao laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV. Posteriormente foram pesadas e tomadas as medidas de comprimento e do maior diâmetro visando a determinação da área da superfície e do volume, aplicando-se aos valores obtidos às fórmulas considerando-se o formato cônico (KIMURA e AYUB, 1995).

De cada clone, um lote de raízes foi colocado em bandejas de poliestireno (24 x 18 x 2 cm) e envolvidas, manualmente, por filme de PVC, marca FILMITTO; o outro lote permaneceu na bandeja desprovida de PVC. Os lotes foram armazenados em câmaras frias às temperaturas de 5 e de 10°C e umidade relativa de $89 \pm 1\%$. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com três repetições, em esquema de

parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o fatorial 2 x 2 (1^o fator: embalagem sem e com o PVC, 2^o fator: temperaturas de 5 e de 10°C) e nas subparcelas os períodos de armazenamento de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. O dia 0 (zero) correspondeu as amostragens feitas no dia da implementação do experimento, que ocorreu logo após a colheita. A unidade experimental foi constituída por 3 raízes.

2.4. Características avaliadas

2.4.1. Perda de massa fresca

As avaliações foram feitas em cada período de armazenamento. A perda de massa fresca foi determinada pela diferença entre a massa inicial, tomada no dia zero, e a massa final em cada período de armazenamento, expressa em porcentagem.

2.4.2. Teor relativo de água

O teor relativo de água (TRA) quantificou a água contida nas raízes, à medida em que perdiam massa fresca, com a evolução do experimento. As raízes com 100% da massa fresca e com perda desta de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 40% foram utilizadas na obtenção do TRA, calculado pela equação de WEATHERLEY (1950), como segue:

$$TRA = \frac{F - W}{T - W} \times 100$$

em que F é a massa fresca, W a massa seca e T a massa túrgida.

Foram usados discos de 8 mm de diâmetro, retirados de segmentos transversais da região próxima da periderme, do córtex e do centro das raízes. Os discos, após pesados no momento da retirada, foram embebidos por meio de orifícios de uma esponja contendo perfurações de mesmo diâmetro e saturada com água. A pesagem foi efetuada a cada 30 minutos, até que os discos atingissem massa constante, obtendo-se assim a massa túrgida. Em seguida, foi obtida a massa seca por secagem dos discos em estufa a 75°C, até massa constante. Utilizou-se 10 discos por repetição e o

teor relativo de água final foi obtido pela média dos teores das três regiões da raiz.

Com base na perda de massa fresca e no teor relativo de água obtido nas raízes, foi calculada a seguinte equação de regressão linear: $\hat{Y} = 95,0442 - 0,76411 * X$ ($r^2 = 0,98$; significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F). A partir da equação de regressão obteve-se os teores relativos de água das raízes armazenadas de acordo com a respectiva perda de massa fresca.

2.4.3. Injúria por frio

As raízes foram avaliadas, a cada dois dias, utilizando-se de uma escala subjetiva variando de 0 a 4, conforme o grau de severidade de ocorrência da injúria, como se segue: 0 = sem injúria (sem sinal de injúria); 1 = levemente injuriadas (superfície com até 25% de injúria); 2 = moderadamente injuriadas (superfície com até 50% de injúria); 3 = extremamente injuriadas (superfície com até 75% de injúria); 4 = completamente injuriadas (superfície com 100% de injúria).

2.4.4. Aparência comercial

Durante as avaliações, também a cada dois dias, foi quantificado o aspecto comercial das raízes, em função do aparecimento ou não de murcha aparente, perda de brilho, enrugamento, amolecimento e ataque por microrganismos, e o respectivo tempo em que se apresentaram sem os sintomas (comercializáveis) aplicando-se notas subjetivas como se segue: 0 = excelente, 1 = boa, 2 = razoável, 3 = má e 4 = péssima. Os agentes causadores de deterioração foram identificados no Departamento de Fitopatologia da UFV.

2.4.5. Carboidratos solúveis

Foram determinados os carboidratos solúveis totais, açúcares redutores, não redutores e os teores de glicose e frutose. Amostras foram tomadas no dia da instalação do experimento (dia 0) e, posteriormente, a cada 15 dias até os 60 dias do armazenamento. As três raízes constituintes

da unidade experimental foram cortadas em rodela e estas seccionadas em 4 partes. Os pedaços foram homogeneizados de forma que representassem todas as partes da raiz. Da amostra composta, dois gramas foram imersos em etanol 80% fervente e levados ao banho maria a 80°C por 30 minutos. Após o resfriamento, a amostra foi armazenada a - 20°C.

No momento da extração a amostra foi filtrada e o resíduo foi homogeneizado em almofariz com etanol 80%. Em seguida, o homogeneizado foi levado por mais duas vezes ao banho maria a 80°C por 30 minutos e à filtragem, realizando-se assim mais duas extrações. Os filtrados foram combinados e o etanol foi removido deste com o uso de evaporador rotativo à vácuo a 60°C. Após, o volume foi completado para 50 mL, com água destilada. A fase aquosa foi, então, clarificada mediante centrifugação a 12000 x *g* por 30 minutos. Nas alíquotas do extrato clarificado foram quantificados os carboidratos solúveis totais, por meio da reação com antrona (HODGE e HOFREITER, 1962) e os açúcares redutores com o reativo de Nelson, segundo metodologia descrita por SOMOGY (1952) e NELSON (1944). Os açúcares não redutores foram quantificados pela diferença entre os carboidratos solúveis totais e os açúcares redutores.

Os teores de glicose e frutose foram determinados no extrato alcóolico por cromatografia de troca aniônica de alto desempenho com detector amperométrico HPAE-PAD, usando lactose como padrão interno. A fase aquosa foi clarificada mediante passagem em coluna C18 "MaxClean SPE Cartridge". As amostras foram, então, injetadas em coluna Dionex-CA (250 x 4 mm) e eluídas com 60 mM NaOH a 1,0 mL/minuto. Os açúcares foram detectados pelo detector eletroquímico "ESA Coulochem II. Os resultados foram expressos em porcentagem da massa fresca corrigidos em função do seu teor relativo de água inicial.

2.4.6. Amido

A determinação do teor de amido, feita de acordo com BALBINO (1997), foi obtida a partir do resíduo sedimentado resultante da extração alcoólica, utilizada na determinação dos carboidratos solúveis totais e os açúcares redutores e não redutores. Amostras foram tomadas no dia da

instalação do experimento (dia 0) e posteriormente, a cada 15 dias até os 60 dias do armazenamento.

No resíduo colocado em tubo de centrífuga procedeu-se a extração, através de sua homogeneização com 2,5 mL de água destilada mais 3,25 mL de ácido perclórico a 52%. Os tubos foram agitados ocasionalmente com vortex e repousados por 30 minutos. Após, foram centrifugados a 2.000 x g por 10 minutos e o sobrenadante filtrado. Esse processo foi repetido 3 vezes. Os sobrenadantes foram combinados, completando-se o volume com água destilada para 25 mL. Alíquotas do extrato foram, então, utilizadas visando quantificar o teor de glicose, liberada pela hidrólise ácida durante a extração, empregando-se a reação com antrona (HODGE e HOFREITER, 1962). No cálculo do teor de amido, multiplicou-se a quantidade de glicose conseguida a partir da equação de regressão padrão, por 0,9. Os resultados foram expressos em porcentagem da massa fresca corrigidos em função do seu teor relativo de água inicial.

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância. A comparação entre médias foi feita por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. As equações de regressão foram adotados os polinômios ortogonais. A significância dos modelos foi testada pelo teste F e seus coeficientes de regressão pelo teste t, de Student. O coeficiente de determinação e o potencial do modelo para explicar o fenômeno biológico, também foram considerados. As análises foram feitas separadamente por clone.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Alterações físicas nas raízes de mandioquinha-salsa

A perda de massa fresca das raízes do clone Amarela de Carandaí foi influenciada pela interação tripla armazenamento x temperatura x embalagem. Tanto nas raízes com PVC quanto naquelas sem PVC, a taxa de perda de massa fresca foi linear ao longo dos dias de armazenamento (Figura 1). No entanto, as raízes envolvidas com o filme de PVC, mantiveram as menores perdas de massa fresca até os 60 dias após a colheita (Figura 1 e Tabela 1). Ao final dos 60 dias, a perda de massa fresca acumulada nas raízes com PVC, foi de 3,45 e 8,78% a 10 e 5°C, respectivamente, enquanto as raízes sem o PVC a perda foi de 31,92% a 10°C e 58,88% a 5°C (Tabela 1).

Embora a taxa de perda de massa fresca das raízes envolvidas com PVC tenha sido maior a 5°C, somente após os 15 dias de armazenamento é que houve diferenças significativas em relação àquelas a 10°C. Nas raízes sem PVC, diferenças significativas na taxa de perda de massa fresca, entre as temperaturas, foram observadas já aos 15 dias após a colheita, continuando até o final do armazenamento (Tabela 1).

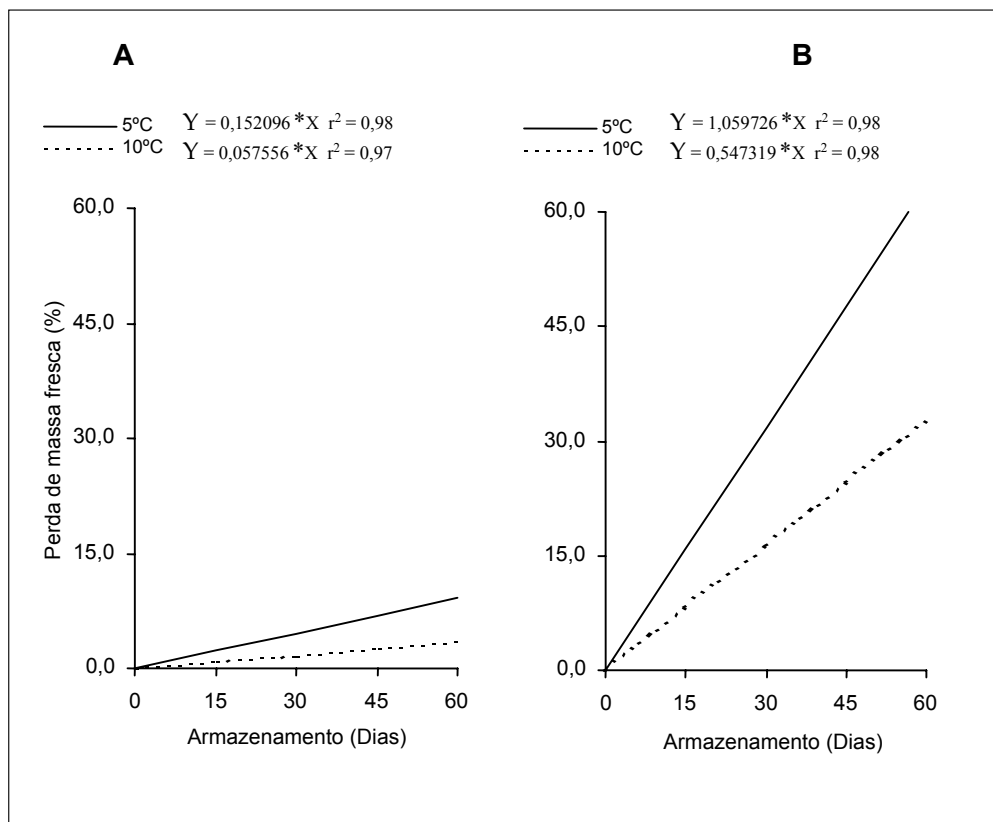


FIGURA 1. Porcentagem da perda de massa fresca acumulada em raízes de mandioca-salsa 'Amarela de Carandaí', armazenadas em bandejas com PVC (A) e sem PVC (B), às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 1. Porcentagem da perda de massa fresca acumulada em raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' em função do uso ou não do filme de PVC, da temperatura e do tempo de armazenamento

| Embalagem | 0 Dia | | 15 Dias | | 30 Dias | | 45 Dias | | 60 Dias | |
|-----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 5° C | 10° C | 5° C | 10° C | 5° C | 10° C | 5° C | 10° C | 5° C | 10° C |
| Com PVC | 0,00 Aa | 0,00 Aa | 3,40 Ab | 1,56 Ab | 5,09 Ab | 1,79 Bb | 6,58 Ab | 2,31 Bb | 8,78 Ab | 3,45 Bb |
| Sem PVC | 0,00 Aa | 0,00 Aa | 24,45 Aa | 13,03 Ba | 37,21 Aa | 18,94 Ba | 47,49 Aa | 22,56 Ba | 58,88 Aa | 31,92 Ba |

Em cada dia, as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas e, minúscula, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quanto a perda de massa fresca do clone Roxa de Viçosa, houve interação entre temperatura x embalagem, armazenamento x embalagem e armazenamento x temperatura. Semelhante ao clone Amarela de Carandaí, as raízes do clone Roxa de Viçosa tiveram menores perdas de massa fresca quando envolvidas com o filme de PVC e maiores perdas a 5°C, do que a 10°C, tanto nas raízes envolvidas com PVC quanto naquelas desprovidas desse filme polimérico (Figura 2). As perdas médias de massa fresca, nas raízes com PVC foi de 4,62%, enquanto nas raízes sem PVC foi de 51,30%, aos 60 dias após a colheita (Figura 3 e Tabela 2). Comparando-se o efeito da temperatura na perda de massa fresca, ao final do período de 60 dias de armazenamento, as raízes tiveram médias de 31,76% a 5°C e 24,16% a 10°C (Tabela 3).

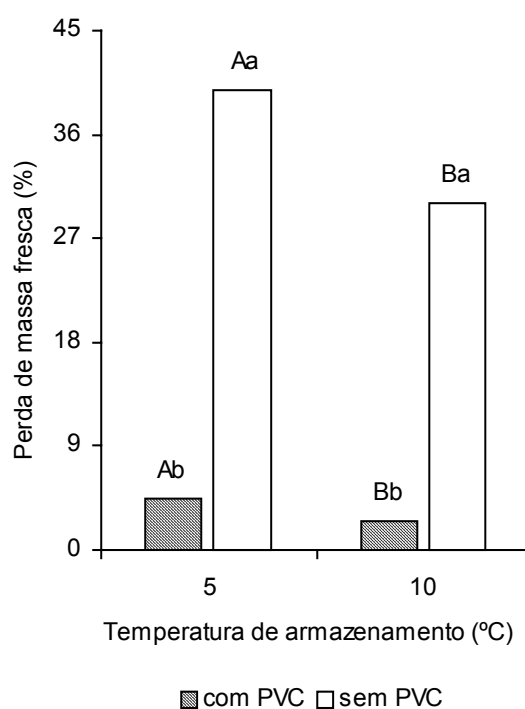


FIGURA 2. Porcentagem da perda de massa fresca acumulada em raízes de mandioquinha-salsa 'Roxa de Viçosa' em função da temperatura de armazenamento e do uso ou não do filme de PVC. As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula, em cada temperatura, e maiúscula, entre as temperaturas, num mesmo tipo de embalagem, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

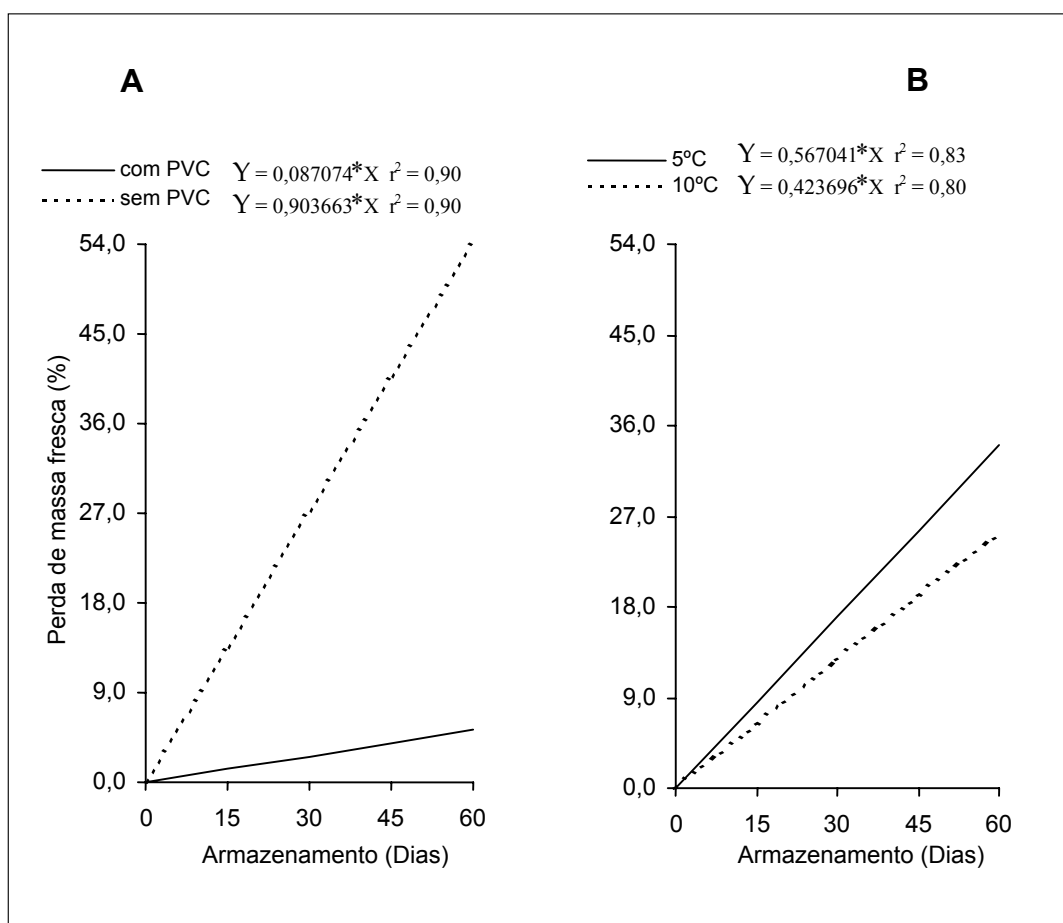


FIGURA 3. Porcentagem da perda de massa fresca acumulada em raízes de mandioquinha-salsa 'Roxa de Viçosa' em função do tempo de armazenamento e da embalagem (A) e das temperaturas de 5 e de 10°C (B). * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 2. Porcentagem da perda de massa fresca acumulada em raízes de mandioquinha-salsa 'Roxa de Viçosa' em função da embalagem e do tempo de armazenamento

| Armazenamento (Dias) | Embalagem | |
|----------------------|-----------|-----------|
| | Com PVC | Sem PVC |
| 0 | 0,00 A c | 0,00 A e |
| 15 | 1,86 B b | 17,43 A d |
| 30 | 3,30 B ab | 29,88 A c |
| 45 | 4,08 B a | 41,42 A b |
| 60 | 4,62 B a | 51,30 A a |

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 3. Porcentagem da perda de massa fresca acumulada em raízes de mandioquinha-salsa 'Roxa de Viçosa' em função da temperatura e do tempo de armazenamento

| Armazenamento (Dias) | Temperatura | |
|----------------------|-------------|-----------|
| | 5°C | 10°C |
| 0 | 0,00 A e | 0,00 A e |
| 15 | 11,82 A d | 7,46 B d |
| 30 | 19,02 A c | 14,16 B c |
| 45 | 26,08 A b | 19,42 B b |
| 60 | 31,76 A a | 24,16 B a |

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O teor relativo de água, nas raízes do clone Amarela de Carandaí, envolvidas com PVC a 5 e a 10°C, apresentaram diferenças significativas aos 30 dias de armazenamento, atingindo ao final dos 60 dias teores de 87,30% e de 92,40%, a 5 e a 10°C, respectivamente. No clone Roxa de Viçosa, não houve diferença significativa no teor relativo de água, entre as temperaturas durante o armazenamento com PVC, chegando ao final do armazenamento, com teores de 90,35% e de 91,95% às temperaturas de 5 e de 10°C, respectivamente (Figura 4 e Tabela 4). Já raízes sem PVC, em ambos os clones, tiveram redução linear drástica no teor relativo de água, em comparação aquelas envolvidas com o filme de PVC, durante o armazenamento (Figura 4 e Tabela 4).

Os resultados obtidos evidenciam que o filme de PVC atuou favoravelmente na prevenção da perda de massa fresca excessiva das raízes de mandioquinha-salsa, em ambos os clones. Essa eficiência do filme de PVC, pode ser também verificada pela preservação de maiores teores relativos de água, ao longo do armazenamento, nas raízes embaladas com o filme plástico. Desta forma o filme de PVC serviu de barreira a permeação de vapor de água, sendo essa uma das principais vantagens dos filmes plásticos (EXAMA et al., 1993). Essa vantagem, no uso da embalagem plástica na preservação da turgescência das raízes de mandioquinha-salsa, em relação àquelas desprovidas de embalagem, também foi verificada por THOMPSON (1980), AVELAR FILHO (1989a), KIMURA e CRUZ (1989), SCALON et al. (1998) e (2001).

Diante do exposto, nota-se que o filme de PVC eliminou o efeito potencial da maior temperatura, em elevar as taxas metabólicas que poderiam reduzir mais rapidamente a conservação das raízes. Isto porque, as raízes embaladas e armazenadas tanto a 5°C, quanto 10°C, mostraram-se comerciáveis até o final do experimento (Figuras 5 e 6).

A ação do filme de PVC sobre a manutenção da turgescência e, conseqüentemente, sobre a conservação das raízes, pode ser explicada pelo surgimento de ambiente saturado de umidade no interior da embalagem, devido ao menor movimento do vapor de água entre as raízes e a atmosfera interna da embalagem. Esse efeito, de acordo

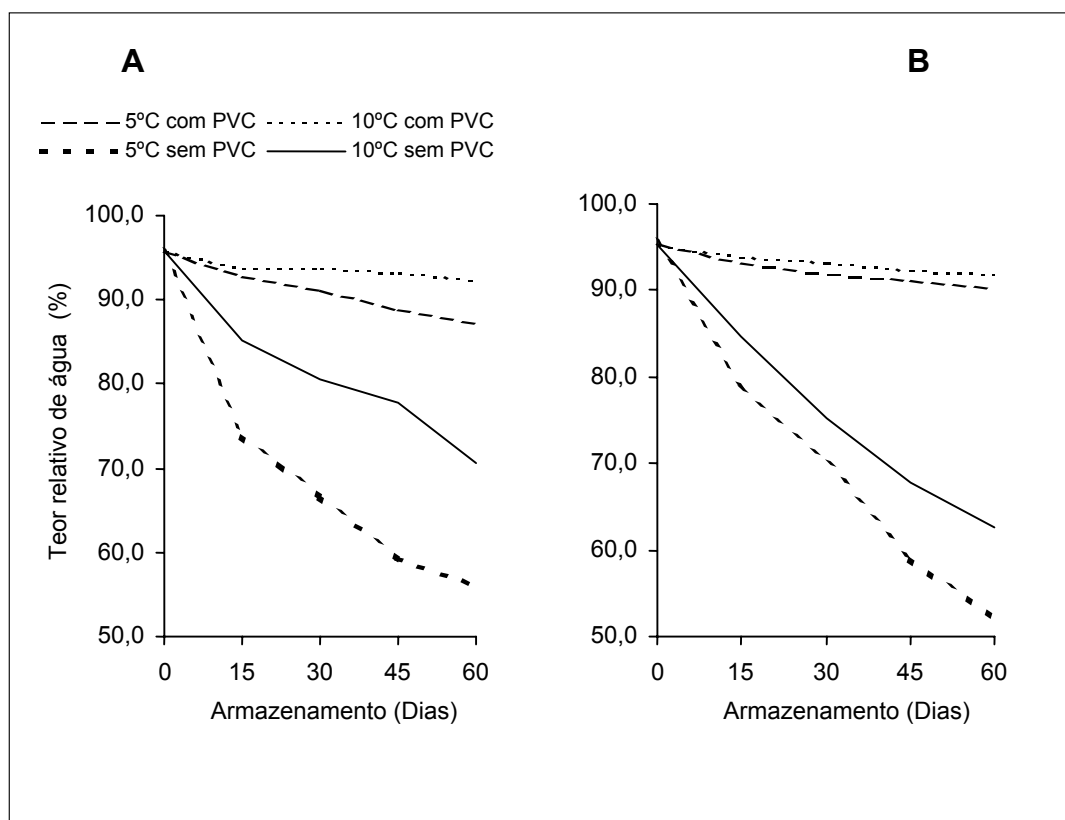


FIGURA 4. Teor relativo de água em raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B), armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, por 60 dias.

TABELA 4. Teor relativo de água em raízes de mandiquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, por 60 dias

| 'Amarela de Carandaí' | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 Dia | | 15 Dias | | 30 Dias | | 45 Dias | | 60 Dias | |
| Embalagem | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C |
| Com PVC | 95,80 Aa | 95,85 Aa | 92,87 Aa | 93,85 Aa | 91,16 Ba | 93,68 Aa | 88,78 Ba | 93,37 Aa | 87,30 Ba | 92,40 Aa |
| Sem PVC | 95,80 Aa | 95,85 Aa | 73,77 Bb | 85,08 Ab | 66,61 Bb | 80,57 Ab | 59,26 Bb | 77,80 Ab | 56,10 Bb | 70,65 Ab |

| 'Roxa de Viçosa' | | | | | | | | | | |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 Dia | | 15 Dias | | 30 Dias | | 45 Dias | | 60 Dias | |
| Embalagem | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C |
| Com PVC | 95,58 Aa | 95,29 Aa | 93,28 Aa | 93,96 Aa | 91,84 Aa | 93,20 Aa | 91,13 Aa | 92,41 Aa | 90,35 Aa | 91,95 Aa |
| Sem PVC | 95,58 Aa | 95,29 Aa | 78,74 Bb | 84,71 Ab | 69,78 Bb | 75,25 Ab | 59,09 Bb | 67,69 Ab | 52,31 Bb | 62,64 Ab |

Em cada dia, as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas linhas e, minúscula, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aparência - Clone Amarela de Carandaí

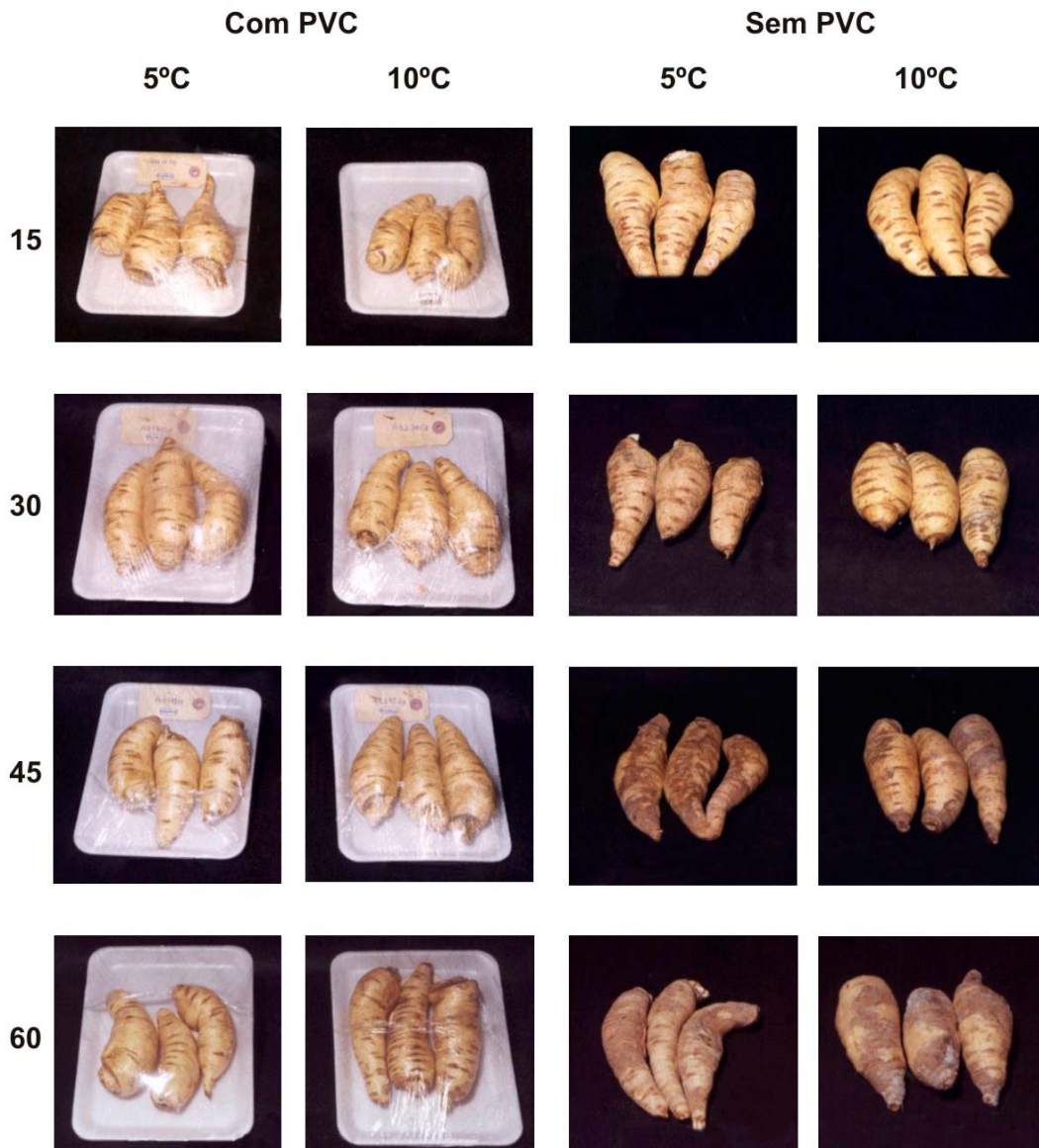


FIGURA 5. Aparência visual das raízes de mandioca-salsa 'Amarela de Carandaí', armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias.

Aparência - Clone Roxa de Viçosa

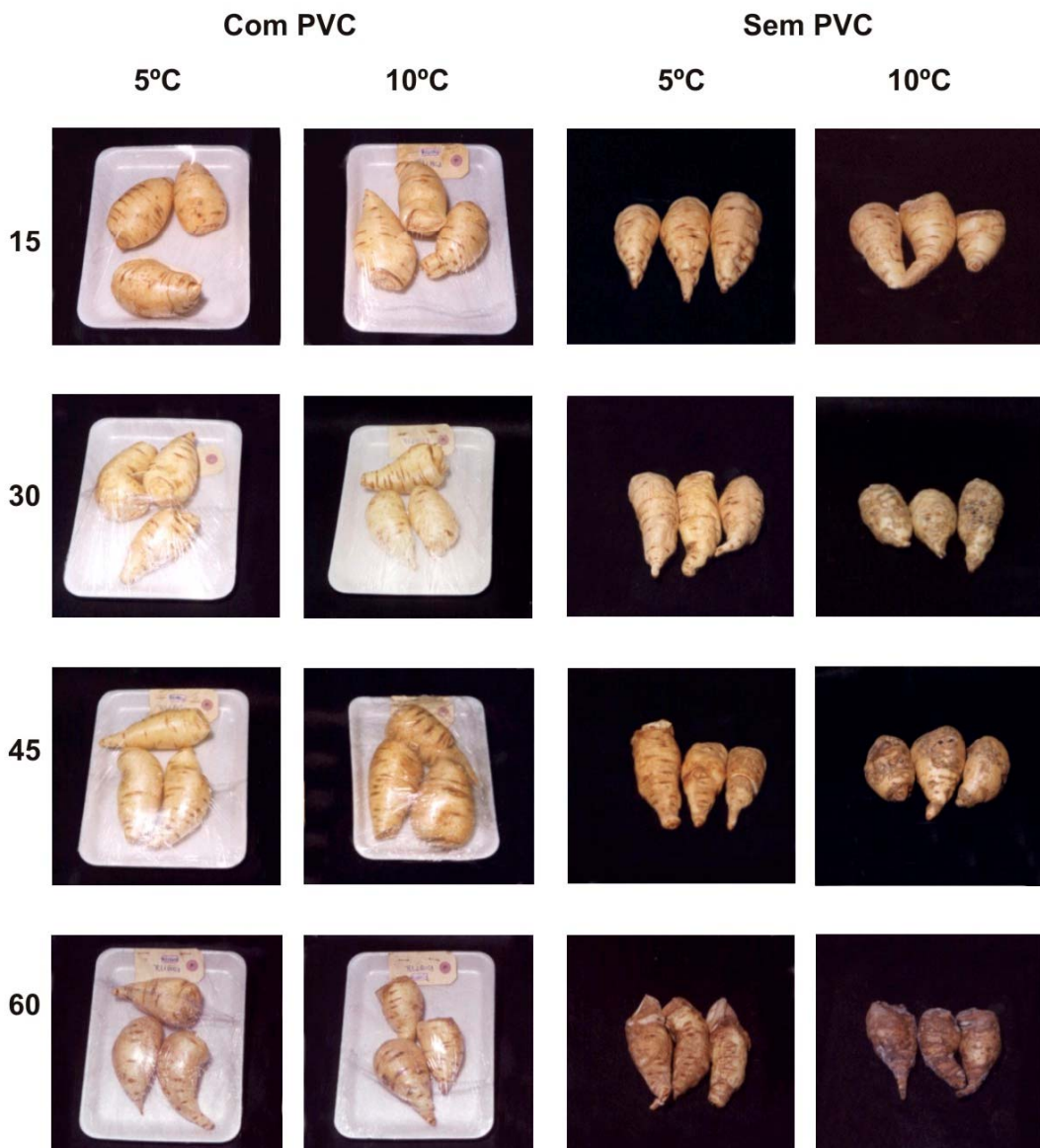


FIGURA 6. Aparência visual das raízes de mandioca-salsa 'Roxa de Viçosa', armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias.

com BEN-YEHOSHUA, (1985), MOLEYAR e NARASIMHAM, (1994) e FONSECA et al., (2000) diminui a transpiração das raízes; também, com o tempo, a elevação da concentração de CO₂ e a redução da concentração de O₂ do microambiente, com o período de armazenamento, pode reduzir a respiração. A baixa concentração de O₂ limita sua difusão no interior dos tecidos (TAIZ e ZEIGER, 1998), e pode retardar a atividade da citocromo-c oxidase, uma das enzimas fundamentais da cadeia de transporte de elétrons (BURTON, 1974) e, deste modo, a taxa respiratória é reduzida. Por sua vez, o CO₂ elevado no ambiente interno da embalagem, pode reduzir a respiração, por influenciar a síntese, a degradação, a inativação ou ativação de enzimas que participam desse metabolismo, ou pelo efeito antagônico sobre a ação do etileno. Pode ainda, influenciar o ciclo do ácido tricarbóxico e a cadeia de transporte de elétrons, pela alteração no pH celular (MATHOOKO, 1996).

A redução na conservação das raízes de mandioquinha-salsa sem o filme de PVC, durante o armazenamento, foi devido estarem mais expostas ao maior gradiente de pressão de vapor de água entre seus tecidos e o ambiente externo. Associado a isso, houve o aparecimento de fungos do gênero *Penicillium*, nas raízes armazenadas a 10°C (Figuras 5 e 6). As raízes do clone Roxa de Viçosa, foram mais sensíveis ao ataque fúngico, exibindo sintomas aos 11 dias do armazenamento, tendo maior severidade com o período de armazenamento, em relação ao clone Amarela de Carandaí. Esse fato deveu-se a infecção iniciada na região de inserção da raiz com a coroa, o mesmo ocorrendo nas raízes do clone Amarela de Carandaí. No entanto, o maior diâmetro da inserção da raiz com a coroa, no clone Roxa de Viçosa, favoreceu infecção mais rápida, pois conferiu maior área sem proteção contra o patógeno e choques imediatamente após o destaque da coroa (BUSTAMANTE, 1994) sendo porta de entrada ao fungo, já que o *Penicillium* ataca somente tecidos injuriados ou com lesões provocadas por outros patógenos (FEICHTENBERGER et al., 1997).

A infecção fúngica, pode ter contribuído para o aumento da perda de água pelas raízes, especialmente no clone Roxa de Viçosa, conforme pode ser verificado pelos menores teores relativos de água nessas raízes a 10°C

(Tabela 4). Provavelmente o fungo pode ter promovido o rompimento dos tecidos e, conseqüentemente, favorecido o fluxo do vapor de água ao ambiente (KAYS, 1991).

Nas raízes de mandioquinha-salsa, armazenadas a 5°C sem o PVC, além da elevada perda de massa fresca, foi observada alteração de coloração externa e interna ao tecido, o qual se caracterizou como sintomas de injúria por frio, e que também depreciaram a qualidade das raízes. Visualmente foram verificadas depressões superficiais seguidas de mudanças de coloração da periderme (Figura 7). As notas, dentro da escala usada para o estudo da injúria por frio, foram função do grau de severidade destes sintomas nas raízes de mandioquinha-salsa.

Nas raízes de ambos os clones, a conservação a 5°C sem PVC, foi mantida ótima até os 7 dias de armazenamento, tendo menos de 25% da superfície externa das raízes com injúria por frio (Tabela 5), o que correspondeu, dentro da escala visual, às notas de 0,6 nas raízes do clone Amarela de Carandaí e 0,5 nas raízes do clone Roxa de Viçosa, sendo, portanto, consideradas levemente injuriadas. Aos 14 dias do armazenamento, os valores médios das notas atribuídas evidenciaram a superfície das raízes com quase 50% de injúria, tendo o clone Amarela de Carandaí nota 1,90 e o Roxa de Viçosa 1,97; aproximando-se do padrão de raízes moderadamente injuriadas. Esse fato, limitou a disponibilidade comercial das raízes a menos de 14 dias do seu armazenamento.

Posteriormente, na temperatura injuriante de 5°C e sem o filme de PVC, houve aumento da severidade da injúria por frio, com o tempo de armazenamento das raízes, de forma que, aos 28 dias, as raízes de ambos os clones estavam praticamente com 100% de injúria na superfície externa (nota 4,0) aproximando-se do padrão completamente injuriadas (Tabela 5 e Figura 8). Aos 60 dias do armazenamento, as raízes dos clones estavam com a coloração da periderme completamente alterada, passando do amarelo claro ao marrom (Figura 8).

Internamente foi observado nas raízes a 5°C sem o PVC, escurecimento ao redor do câmbio vascular, seguido de manchas cinzas

escuras que progrediram em direção a periderme com o aumento da severidade da injúria por frio (Figura 8).

TABELA 5. Valores médios das notas visuais de injúria por frio atribuídas às raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, por 60 dias

| Dias | 'Amarela de Carandaí' | | | | 'Roxa de Viçosa' | | | |
|------|-----------------------|------|---------|------|------------------|------|---------|------|
| | Com PVC | | Sem PVC | | Com PVC | | Sem PVC | |
| | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 1,90 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 1,97 | 0,40 |
| 21 | 0,00 | 0,00 | 3,70 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 3,64 | 0,40 |
| 28 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 |
| : | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 |
| : | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 |
| 60 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 1,00 |

Nas raízes do clone Amarela de Carandaí esses sintomas foram mais contundentes. CÂMARA (1984), também constatou o escurecimento interno, nas raízes de mandioquinha-salsa armazenadas a 5°C, imediatamente após a retirada da câmara fria e que se tornaram mais evidentes após o cozimento em água ou após a fritura das raízes (CÂMARA, comunicação pessoal). Resultados semelhantes foram verificados em batata-doce (BUESCHER et al., 1976; PICHA, 1987b) e em inhame (CZYHRINCIW e JAFFÉ, 1951).

O menor escurecimento interno observado nas raízes de mandioquinha-salsa 'Roxa de Viçosa', provavelmente, pode ser devido a menor sensibilidade a baixa temperatura, visto que, têm-se verificado que os processos fisiológicos e bioquímicos de tecidos sensíveis não são afetados da mesma maneira pela baixa temperatura e variam com o genótipo (KING e LUDFORD, 1983; HAKIM et al., 1999).



FIGURA 7. Raízes de mandioca-salsa 'Amarela de Carandaí' armazenadas sem embalagem de PVC, durante 30 dias a 5°C (A) e a 10°C (B), com e sem sintomas de injúria por frio, respectivamente.

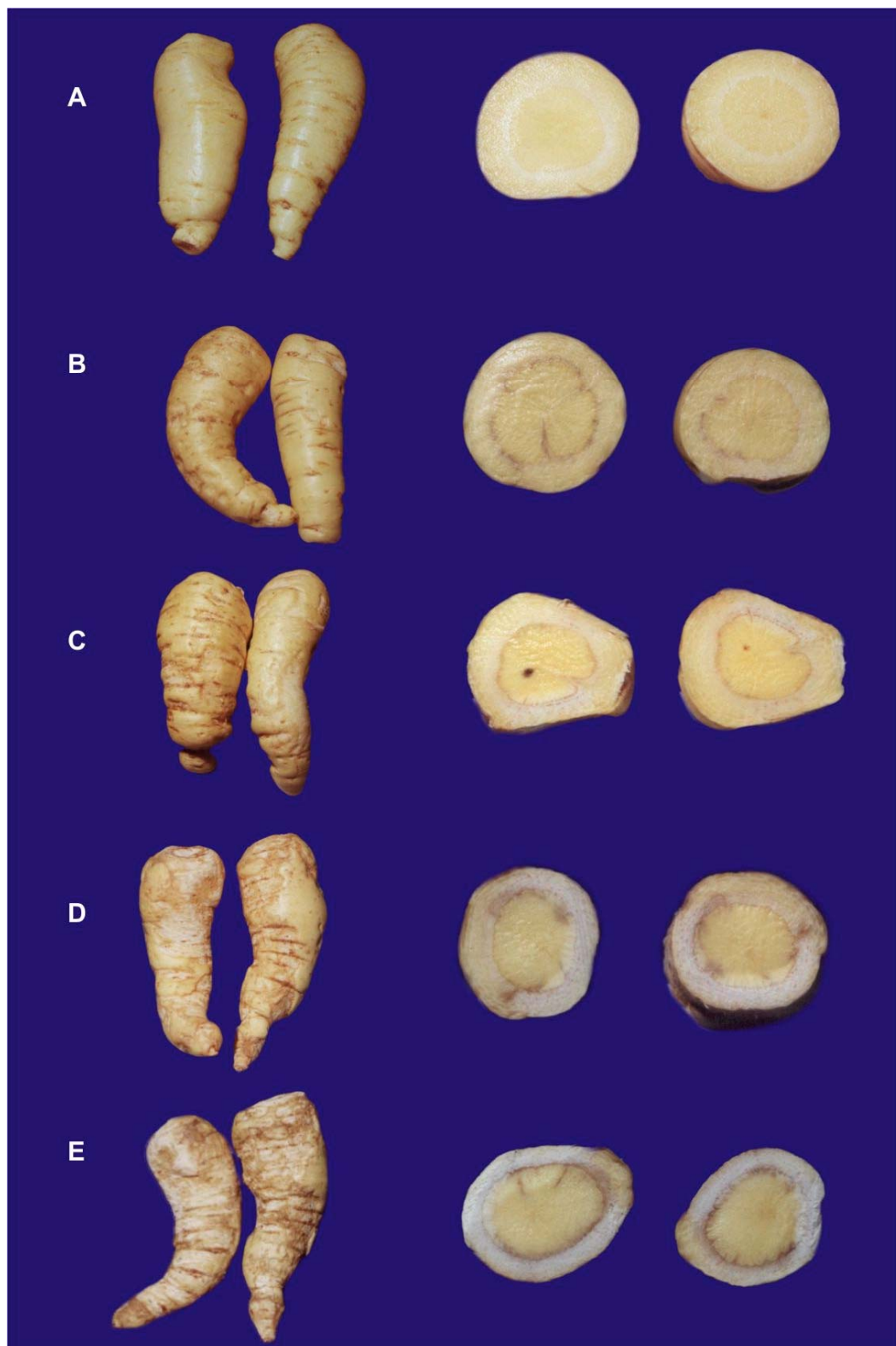


FIGURA 8. Escala visual da injúria por frio em raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí', armazenadas a 5°C sem PVC, durante 60 dias: A - sem injúria, B - levemente injuriada, C - moderadamente injuriada, D - extremamente injuriada e E - completamente injuriada.

Diferenças no grau de escurecimento interno, em cultivares de batata-doce sensíveis ao frio, foram relacionados a estabilidade do ácido clorogênico, durante o armazenamento, naquelas com menor grau de escurecimento (PICHA, 1987b).

As depressões na superfície dos produtos sensíveis a baixa temperatura, seguida por mudança de cor, denominadas de "pitting", são consideradas os sintomas iniciais da injúria por frio; essas ocorrem mais rapidamente em baixa umidade relativa do ar e à medida em que as células injuriadas perdem água (CHITARRA e CHITARRA, 1990; HAKIN et al., 1999). Com o progresso da injúria as depressões podem coalescer e formar grandes áreas sombreadas (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

EAKS e MORRIS (1956) relatam que o "pitting" está relacionado a oxidações internas no tecido injuriado, sendo notado pelo aumento das taxas respiratórias. Quanto ao escurecimento interno dos tecidos, esse pode ser resultado da oxidação de compostos fenólicos por enzimas como a peroxidase e polifenol oxidase, produzindo quinona ou compostos semelhantes, que polimerizam formando complexos macromoleculares com aminoácidos e proteínas, os quais levam a formação de pigmentos escurecidos (AUBERT et al., 1993; HAMMER, 1993; BEAUDRY, 1999).

Dentre os compostos que podem atuar como substratos citam-se o ácido clorogênico, neoclorogênico, catecol, tirosina, ácido cafêico, fenilalanina, protocatequina e dopamina (KAYS, 1991; AUBERT et al., 1993). SCHADEL e WALTER JR. (1981), baseados em testes histoquímicos das regiões da periderme, do câmbio e feixes vasculares da batata-doce, constataram a presença de compostos fenólicos, sendo que nestas regiões normalmente há o escurecimento interno, sob temperatura baixa (PICHA, 1987b).

Com relação as raízes armazenadas a 10°C sem PVC, pôde-se observar que, mesmo naquelas prejudicadas pelo ataque de patógenos, não houve escurecimento externo e nem internos (Figuras 5, 6 e 7), durante os 60 dias de armazenamento, apenas a perda de brilho da cor da periderme e pequenas depressões superficiais que surgiram a partir dos 14 dias após a colheita. Portanto, foi atribuído as notas de 0,5 e 0,4 até os 21 dias do

armazenamento, aos clones Amarela de Carandaí e Roxa de Viçosa, respectivamente, e de 1,0 a ambos os clones, aos 28 dias até os 60 dias do armazenamento (Tabela 5). Provavelmente as depressões superficiais nessas raízes seja mais em função da perda de massa fresca, decorrente da perda de água, do que propriamente da temperatura, pois evoluíram pouco quando comparadas às daquelas das raízes a 5°C. Além disso, os principais sintomas visualizados nas raízes a 5°C, não foram observados a 10°C (Figura 7) indicando que essa temperatura não teve efeito injuriante.

Nas raízes dos dois clones envolvidas com PVC, mantidas a 5°C, não houve os sintomas visuais externos e nem internos de injúria por frio, como nas raízes sem PVC a 5°C, evidenciando que o filme de PVC foi efetivo em prevenir esses danos nas raízes, sob baixa temperatura (Figuras 5 e 6). No entanto, mesmo envolvidas com o filme de PVC, as raízes a 5°C provavelmente tiveram sensibilidade ao frio, visto que houve maior perda de água e de massa fresca nessa temperatura, apesar de não apresentarem sintomas visuais da injúria por frio.

A injúria por frio pode contribuir para o aumento da perda de água pelas raízes. Segundo MERCER e SMITTLE (1992), COHEN (1994) e MARANGONI et al. (1996), os tecidos sensíveis a baixa temperatura podem aumentar a permeabilidade da membrana celular, permitindo maior saída de água das células do produto, quando armazenado em temperatura injuriante. Pode haver também o desenvolvimento de rachaduras microscópicas na superfície de tecidos sensíveis a injúria por frio o que, de acordo com COHEN et al. (1994) e LURIE et al. (1997), ocasionam maiores perdas de água pelos tecidos. A perda de água pode ser indicador não destrutivo da injúria por frio, pois acentua-se nos tecidos sensíveis, antes do aparecimento dos sintomas visuais da injúria (COHEN et al., 1994).

A redução da injúria por frio, com o uso das embalagens plásticas, tem sido atribuída a manutenção da umidade e a redução das concentrações de O₂ e ao acúmulo de CO₂ dentro das embalagens. A atmosfera saturada de água, formada no interior da embalagem, atua aliviando o estresse hídrico, retardando a deterioração da membrana e inibindo o vazamento de conteúdo celular (BEN-YEHOSHUA et al., 1983,

WANG, 1993). Por outro lado, o CO₂ poderia estar impedindo o colapso do sistema de transporte de energia ATP/ADP durante a injúria por frio (VAKIS et al., 1970). A redução dos sintomas de injúria por frio nos tecidos sensíveis, pode também estar relacionada a formação de poliaminas, em atmosfera modificada, que conferem maior tolerância aos tecidos (KRAMER e WANG, 1990; MATHOOKO et al., 1995; WANG e QI, 1997).

Embora os sintomas visuais de injúria tenham sido observados apenas a 5°C, significando sensibilidade das raízes à baixa temperatura, a avaliação de outras características, como taxa respiratória, produção de etileno, vazamento de eletrólitos dentre outras, melhor caracterizariam os efeitos do frio nas raízes, podendo, portanto, serem utilizadas num próximo experimento.

A aparência dos produtos hortícolas é considerada o primeiro critério na decisão de compra pelo consumidor. É caracterizada pelo tamanho, forma, cor, condição e ausência de defeitos no produto, sendo utilizada desde a fase de produção até a comercialização como forma inicial de julgamento da qualidade do produto (KAYS, 1999).

No presente experimento, a aparência comercial das raízes de ambos os clones, sem o PVC, foram mantidas em excelente estado até o 7^o dia do armazenamento (Tabela 6). Aos 14 dias, os danos devidos a perda de massa fresca e a injúria por frio a 5°C sem PVC acentuaram, depreciando o valor comercial das raízes, que com aparência razoável, receberam nota 1,98 e 2,00; para 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', respectivamente. Resultado semelhante foi verificado por CÂMARA (1984), com as raízes armazenadas a 5°C em caixas abertas. A partir dos 14 dias do armazenamento, as raízes perderam seu valor comercial, por causa da péssima aparência (Tabela 6 e Figuras 5 e 6). Nota-se também, que a 5°C, os clones Roxa de Viçosa e Amarela de Carandaí receberam notas parecidas quanto a aparência comercial.

A perda de massa fresca acentuada observada nas raízes sem PVC, a partir da segunda semana de armazenamento, prejudicou a aparência comercial, pois, a desidratação promoveu a perda de firmeza (avaliada pelo tato), levando ao enrugamento, o murchamento e a perda de brilho e da cor

da periderme. Alterações nos processos metabólicos, na atividade enzimática e no fluxo de íons, ocorrem com a desidratação, visto que o citoplasma celular onde praticamente todos os processos biológicos ocorrem, pode secar e ser destruído (BEN-YEHOSHUA, 1985, KAYS, 1991). Em consequência, os tecidos das raízes podem entrar em senescência rapidamente.

TABELA 6. Valores médios das notas visuais da aparência comercial atribuídas às raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, por 60 dias.

| Dias | 'Amarela de Carandaí' | | | | 'Roxa de Viçosa' | | | |
|------|-----------------------|------|---------|------|------------------|------|---------|------|
| | Com PVC | | Sem PVC | | Com PVC | | Sem PVC | |
| | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C | 5°C | 10°C |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 1,98 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 | 3,00 |
| 21 | 0,00 | 0,00 | 3,48 | 3,00 | 0,00 | 0,00 | 3,40 | 4,00 |
| 28 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 |
| : | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 |
| : | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 |
| 60 | 1,00 | 1,00 | 4,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 4,00 | 4,00 |

À temperatura de 10°C, sem PVC, 86% do lote das raízes do clone Amarela de Carandaí, estava com boa aparência (nota 1,0), aos 14 dias do armazenamento, portanto, ainda comercializáveis, enquanto que 83% das raízes do clone Roxa de Viçosa estava imprestável ao consumo (nota 3,0) devido a presença de micélio do fungo *Penicillium* sp. (Tabela 6 e Figuras 5 e 6). Fungos do gênero *Penicillium* são responsáveis pelos bolores pós-colheita que causam as podridões moles nos tecidos dos produtos armazenados (FEICHTENBERGER et al., 1997). O *Penicillium* sp. produz a enzima poligalacturonase, que dissolve a lamela média da célula,

penetrando no protoplasma, levando-a à morte. O tecido infectado reage aumentando o requerimento de energia para síntese de compostos de defesa (KAYS, 1991).

BURTON (1970) verificou que o uso de solução de cloro e ortofenilfenato de sódio mais 2,6 dicloro 4 nitroanilina, associados ao uso de cera e de pré-resfriamento com água gelada, conferiu boa proteção em áreas cortadas das raízes de mandioquinha-salsa contra fungos de pós-colheita. Entretanto, THOMPSON (1980) observou que a adição de hipoclorito de sódio na água de lavagem e o mergulho das raízes em solução contendo benomyl com ou sem maneb, diminuiu as podridões sem no entanto erradicá-las. Resultados semelhantes foram obtidos por HENZ et al. (1991) utilizando 5000 ppm de hipoclorito de sódio. Segundo esses autores, a "cura" das raízes de mandioquinha-salsa, reduziu as deteriorações, porém, a aparência foi prejudicada, havendo maior perda de massa fresca com o uso dessa técnica.

Atualmente, não existe nenhum fungicida ou bactericida registrado oficialmente no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o uso na cultura da mandioquinha-salsa visando o controle químico de doenças (HENZ, 2002). No presente trabalho, não foram realizados tratamentos químicos devido a inexistência de algum tratamento usado rotineiramente para o controle de doenças de pós-colheita.

A associação da baixa temperatura com o filme de PVC foi benéfica à conservação das raízes, como está claramente visualizado nas Figuras 5 e 6, visto que durante todo o período de armazenamento as raízes mantiveram-se mais túrgidas e com melhor aparência visual, comparado as raízes sem PVC. Também pode-se inferir que, a temperatura de 10°C, torna-se mais econômica, uma vez que conservou as raízes por igual período que a 5°C, com menos energia demandada para o resfriamento. Além disso, as raízes de ambos os clones, nas bandejas com PVC a 5 e 10°C, não tiveram podridões ou qualquer outra doença provocada por microrganismos. Possivelmente, a redução da concentração de O₂, com aumento do CO₂ na atmosfera em torno das raízes tenha sido desfavorável à atuação de patógenos. O filme de PVC, também agiu como barreira, protegendo as

raízes dos esporos dos fungos presentes no meio ambiente e da manipulação durante o armazenamento.

3.2. Alterações químicas nas raízes de mandioquinha-salsa

Os teores de amido obtidos imediatamente após a colheita, foram significativamente diferentes nos dois clones de mandioquinha-salsa. O clone Amarela de Carandaí' apresentou teor de 18,53% da matéria fresca e o Roxa de Viçosa de 18,82% (Tabela 7).

Durante o armazenamento, nos dois clones, o teor de amido reduziu gradualmente nas raízes envolvidas com o filme de PVC, tanto a 5 quanto a 10°C e, drasticamente, nas raízes desprovidas de PVC (Figura 9). Nas raízes envolvidas com PVC, o clone Amarela de Carandaí a 5°C, teve queda mais acentuada na degradação de amido a partir dos 45 dias de armazenamento, atingindo teores de 16,70 e 15,84% nos dias finais de armazenamento (Figura 9).

A maior taxa de degradação do amido nas raízes sem PVC, indica que houve aumento da atividade metabólica, com conseqüente mobilização das reservas (Figura 9). Observando a Figura 9, verifica-se que as raízes do clone Roxa de Viçosa sem o filme de PVC e mantidas a 10°C tiveram elevada redução dos teores de amido ao longo do armazenamento, em relação ao clone Amarela de Carandaí, possivelmente, pela maior severidade da infecção por *Penicillium*.

Quanto aos teores dos carboidratos antes do armazenamento, o clone Amarela de Carandaí apresentou 42,3% menos de açúcares redutores e 10,1% a mais de açúcares não redutores, imediatamente após a colheita, em comparação ao Roxa de Viçosa (Tabela 7).

TABELA 7. Teores dos carboidratos, em porcentagem da massa fresca, em raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', antes do armazenamento

| Carboidratos | 'Amarela de Carandaí' | 'Roxa de Viçosa' |
|------------------------------|-----------------------|------------------|
| Carboidratos solúveis totais | 3,56 a | 3,70 a |
| Açúcares não redutores | 2,96 a | 2,66 b |
| Açúcares redutores | 0,60 b | 1,04 a |
| Glicose | 0,24 a | 0,42 a |
| Frutose | 0,36 b | 0,62 a |
| Amido | 18,53 b | 18,82 a |

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de F.

De maneira geral, os teores de carboidratos solúveis totais ao longo do período de armazenamento, foram maiores nas raízes envolvidas com PVC, nos dois clones de mandioquinha-salsa (Figura 10). No clone Amarela de Carandaí, os teores de carboidratos solúveis totais, nas raízes com PVC a 10°C, foram praticamente constantes a partir dos 15 dias após a colheita acumulando aos 60 dias 4,59% de carboidratos solúveis totais. A 5°C, também com PVC, houve aumento até o 45^o dia, estabilizando-se e chegando ao final dos 60 dias de armazenamento com 4,87%. Nas raízes sem PVC a 10°C, o comportamento foi semelhante às raízes com PVC, tendo, porém, valores inferiores (Figura 10). Aos 60 dias de armazenamento, as raízes sem o filme de PVC, estavam completamente deterioradas, impossibilitando a coleta de amostras para realização das análises.

O aumento nos teores dos carboidratos solúveis totais, nas raízes do clone Roxa de Viçosa com PVC, foi similar tanto a 5°C quanto a 10°C, até os 45 dias de armazenamento alcançando, respectivamente, 4,87 e 4,80% desses carboidratos nesse período.

De forma semelhante ao clone Amarela de Carandaí os menores teores dos carboidratos nas raízes sem o PVC, ocorreu a 5°C (Figura10).

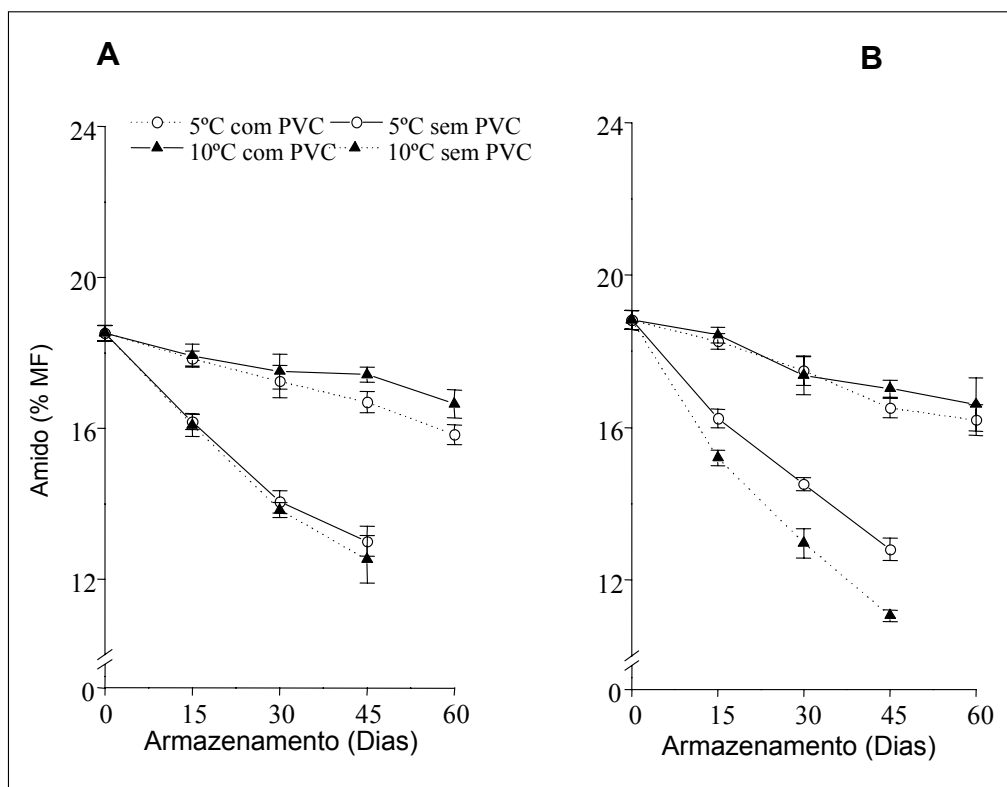


FIGURA 9. Teores de amido, em porcentagem da massa fresca, em raízes de mandioca-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B), armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias. Barras representam desvio padrão.

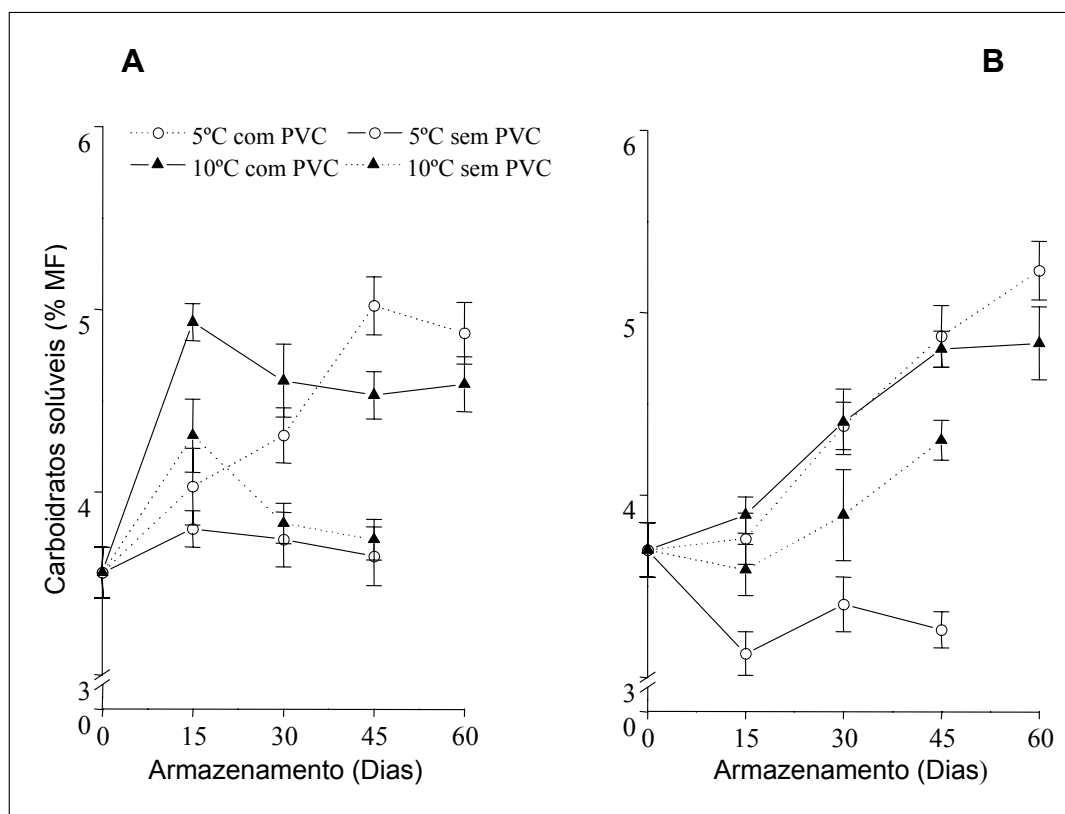


FIGURA 10. Teores de carboidratos solúveis totais, em porcentagem da massa fresca, em raízes de mandiocquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B), armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias. Barras representam o desvio padrão.

A elevação dos teores dos carboidratos solúveis totais, sobretudo nas raízes com PVC, está relacionada à degradação do amido ao longo dos dias de armazenamento (Figura 9). É provável também, que nas raízes sem PVC a 5°C, a perda acentuada de massa fresca, juntamente com a injúria por frio, tenha aumentado a taxa respiratória (WANG, 1982; MARKHART III, 1986; KAYS, 1991) o que refletiu no maior consumo dos carboidratos (amido) nessas raízes, sem que tenha ocorrido aumento dos carboidratos solúveis. Além disso, com a injúria por frio, a membrana do tonoplasto pode ter sido afetada, liberando substâncias tóxicas e enzimas autolíticas que podem ter degradado os componentes celulares (MARANGONI et al., 1989; MARANGONI et al., 1996; TAIZ e ZEIGER, 1998).

As raízes do clone Roxa de Viçosa sem PVC, armazenadas a 10°C, apresentaram maior teor de carboidratos solúveis totais durante o armazenamento relação àquelas a 5°C. Esse fato pode estar associado ao ataque de patógenos nessas raízes. Isso porque, com os ferimentos nos tecidos, há aumento da respiração que coincide com o aumento no catabolismo dos carboidratos armazenados, aumentando os açúcares solúveis em alguns tecidos, devido tanto a via glicolítica quanto a da pentose fosfato serem estimuladas pela alta demanda de produtos primários e secundários necessários à cicatrização dos ferimentos e/ou à reação (KAYS, 1991).

Ao analisar separadamente os teores dos carboidratos solúveis, na forma de açúcares não redutores e redutores, tem-se entendimento melhor das suas alterações durante o armazenamento. Os teores dos açúcares não redutores, estimado principalmente pelo teor de sacarose nos tecidos, diminuíram drasticamente nos primeiros 15 dias do armazenamento, sendo mais lentamente nas raízes envolvidas com o filme de PVC e mais acentuadamente nas raízes sem PVC (Figura 11). Nessas últimas raízes, a concentração foi reduzida de 2,96%, no início do armazenamento, para 2,28 e 2,38%, a 5 e a 10°C, respectivamente, no clone Amarela de Carandaí e de 2,66%, para 2,16 e 2,23% nas temperaturas de 5 e 10°C, respectivamente, no clone Roxa de Viçosa.

Após declínio nos 15 dias iniciais do armazenamento, os teores dos açúcares não redutores, permaneceram praticamente constantes nas raízes

'Amarela de Carandaí' com PVC, a 5 e 10°C, tendo maior teor a 5°C ao longo dos dias do armazenamento (Figura 11). O clone Roxa de Viçosa manteve a mesma tendência, porém, com pequeno aumento nos açúcares não redutores a partir do 15^o dia de armazenamento (Figura 11). Embora os teores dos açúcares não redutores tenham-se mantido mais ou menos constante nas raízes embaladas, houve aumento dos açúcares redutores durante o armazenamento (Figura 12). Esse fato pode ser devido a degradação de amido nas raízes embaladas que pode ter promovido o aumento dos açúcares redutores nessas raízes, semelhante ao que ocorreu com raízes de batata doce (PICHA, 1987b).

Nas raízes sem PVC, dos dois clones estudados, nas duas temperaturas, houve redução dos açúcares não redutores principalmente durante os 15 dias iniciais do armazenamento (Figura 11). Comparando esses resultados com os dos açúcares redutores (Figura 12), nota-se aumento desses açúcares, em todos os tratamentos, aos 15 dias do armazenamento, devido a redução dos não redutores nesse período. As menores concentrações dos açúcares redutores nas raízes sem o filme de PVC, provavelmente foi decorrente do maior estresse que estavam sujeitas, ou seja, expostas ao maior déficit de pressão de vapor de água, composição gasosa do ar circundante com maiores concentrações de O₂ e menores de CO₂, aos danos pela baixa temperatura e ao ataque de patógenos que, possivelmente, aumentou a taxa metabólica havendo, portanto, necessidade de maior mobilização de suas reservas.

As maiores concentrações de açúcares redutores nas raízes em bandejas com PVC indicam que esse filme não teve efeito sobre o metabolismo dos carboidratos, ou seja, a composição gasosa gerada no interior das embalagens, não foi suficiente para impedir ou reduzir a atividade das enzimas que participam desse processo, de maneira em que elas foram expressas nas raízes, em atmosfera modificada, levando a inferir que ocorreu o fenômeno do adoçamento nessas raízes, nas temperaturas de 5 e de 10°C. A atmosfera modificada, no entanto, foi benéfica em manter

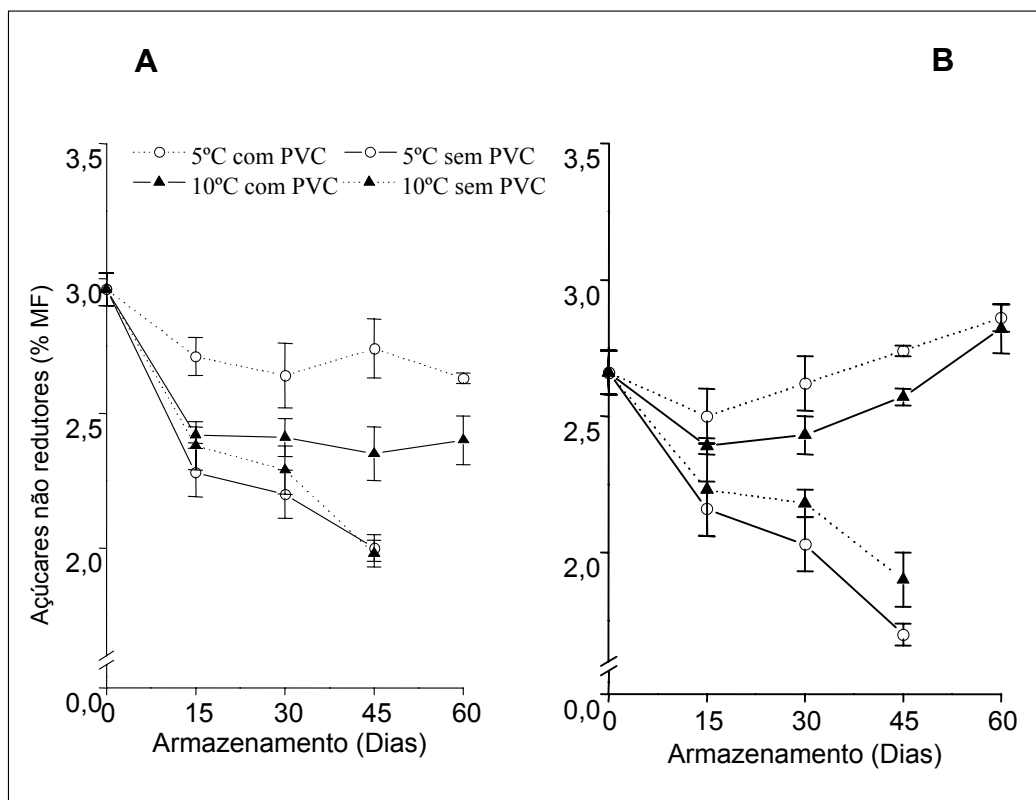


FIGURA 11. Teores de açúcares não redutores, em porcentagem da massa fresca, em raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B), armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias. Barras representam o desvio padrão.

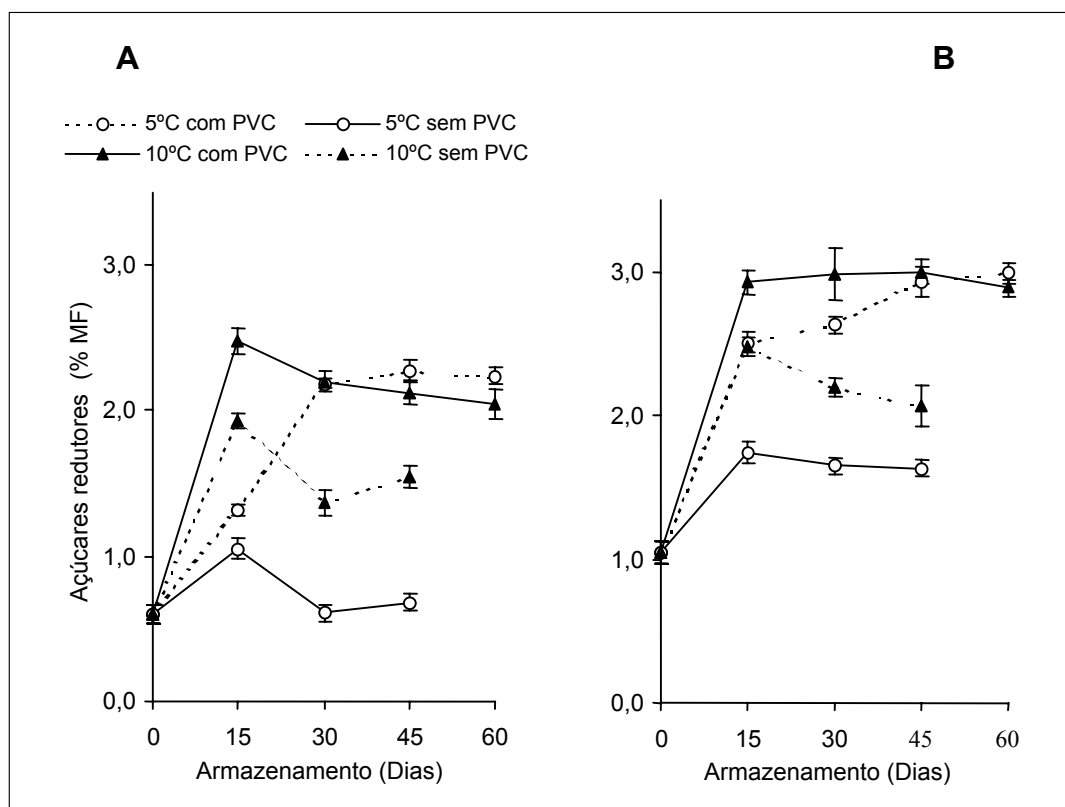


FIGURA 12. Teores de açúcares redutores, em porcentagem da massa fresca, em raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B), armazenadas em bandejas com e sem PVC, às temperaturas de 5 e 10°C, durante 60 dias. Barras representam o desvio padrão.

mais baixa a taxa respiratória das raízes embaladas, uma vez que esses açúcares não foram consumidos.

Os produtos hortícolas reagem diferentemente às alterações nas concentrações de CO₂ e O₂, de acordo com a temperatura e duração do armazenamento (KADER, 1990). Na maioria dos produtos, a redução na concentração de O₂ em até 10% causa pequeno efeito sobre o metabolismo, enquanto que a elevação da concentração de CO₂ acima de 5% causa efeito desfavorável (APELAND e HOFTUN, 1974; ZAGORY e KADER, 1988; KADER, 1990).

Nesse sentido, SCHWOBE e PARKIN (1990) verificaram em tubérculos de batata armazenados a 3°C, que a atmosfera controlada teve efeito em reduzir o acúmulo de açúcares não redutores e redutores em apenas alguns cultivares, com conseqüente diminuição no adoçamento dos tubérculos. Já em raízes de cenoura a atmosfera controlada, não foi efetiva em prevenir o acúmulo de sacarose durante o armazenamento (HANSEN e HUMPF, 1974).

O fenômeno do acúmulo de açúcares solúveis em baixa temperatura não é totalmente elucidado. Além da degradação do amido nas menores temperaturas, foi observado que cultivares de batata com alta e baixa capacidade de adoçamento a baixa temperatura reduziram o acúmulo dos produtos da glicólise (CO₂, ácidos orgânicos e aminoácidos) e aumentaram a partição de hexoses fostato e açúcares (POLLOCK e AP REES, 1975; DIXON e AP REES, 1980; VIOLA e DAVIES, 1994). A baixa temperatura afeta a composição dos lipídios das membranas celulares e aumenta a atividade de enzimas do metabolismo dos carboidratos e aminoácidos (THOMASHOW, 1990). Acredita-se que a pirofostato : frutose - 6 - fostato - fosfotransferase possa fornecer via alternativa de entrada na glicólise, resultando no acúmulo de hexoses no citossol, tornando-se disponível à biossíntese de sacarose (TREVANION e KRUGER, 1991; VIOLA e DAVIES, 1994).

O acúmulo de açúcares redutores nas raízes embaladas com o PVC, também pode ser visualizado pelos teores de glicose e frutose (Figura 13).

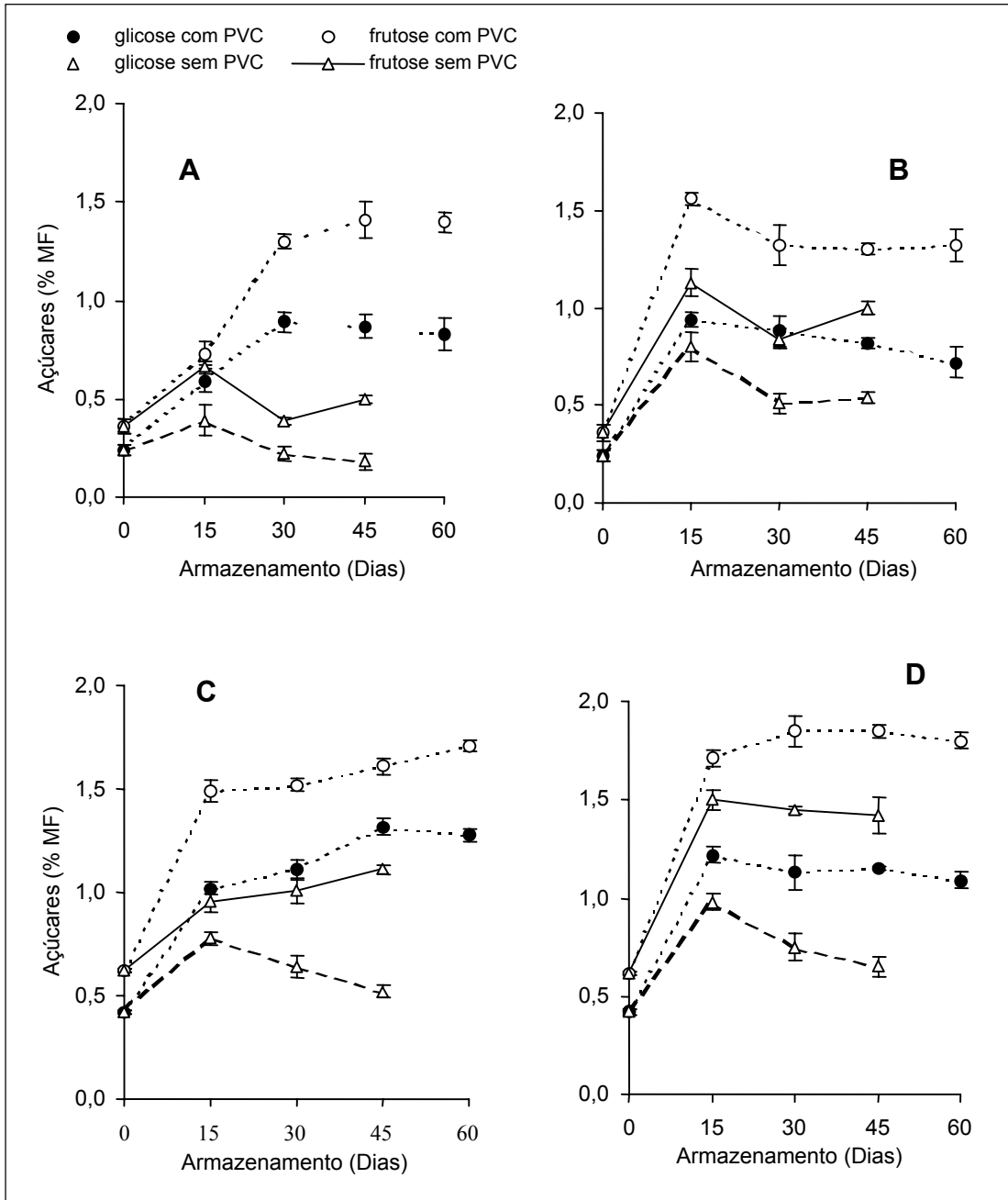


FIGURA 13. Teores de glicose e frutose, em porcentagem da massa fresca, em raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' a 5°C (A) e a 10°C (B), e, 'Roxa de Viçosa' a 5°C (C) e 10°C (D), armazenadas em bandejas com e sem PVC, durante 60 dias. Barras representam o desvio padrão.

Houve aumento acentuado das concentrações de glicose e frutose até os 15 dias do armazenamento, em todos os tratamentos, nos clones estudados. As raízes dos clones Amarela de Carandaí e Roxa de Viçosa tiveram maior teor de frutose em relação a glicose, sendo que a 10°C, o teor de frutose tendeu a ser ligeiramente maior, principalmente nas raízes 'Roxa de Viçosa' com o PVC (Figura 13). As concentrações de glicose nas raízes sem PVC, após o 15^o dia tanto a 5 quanto a 10°C, diminuíram ao longo do armazenamento e permaneceram mais baixas que as concentrações de frutose. Esse fato pode indicar que, possivelmente, esse açúcar seja o principal substrato dos processos metabólicos das raízes de mandioquinha-salsa. Resultados semelhantes foram observados em raízes de cenoura por LE DILY et al. (1993).

As relações entre os carboidratos e as variações nos seus teores são importantes no estudo da fisiologia pós-colheita, uma vez que são substratos respiratórios (RUTHERFORD, 1981), e esse grupo de compostos pode ser usado como indicativo dos efeitos das condições de armazenamento sobre os produtos hortícolas.

No presente experimento foi possível prolongar a conservação das raízes de ambos os clones, até os 60 dias do armazenamento, com o uso do filme de PVC associado a baixa temperatura. No entanto, com o aumento dos açúcares redutores nessas raízes durante o armazenamento, torna-se necessário a avaliação dos efeitos dos teores desses açúcares sobre a qualidade das raízes processadas. Esse aspecto é importante para se estimar o tempo máximo de armazenamento sob baixa temperatura, e a concentração máxima de açúcares redutores que poderia promover o escurecimento não enzimático nas raízes processadas. O melhor entendimento do acúmulo dos açúcares solúveis em baixa temperatura poderá ser possível por meio do estudo da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos.

CAPÍTULO 2

ATIVIDADE DE ENZIMAS INVERTASES E ALTERAÇÕES DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS EM RAÍZES DE DOIS CLONES DE MANDIOQUINHA-SALSA

1. INTRODUÇÃO

Os órgãos drenos ou não-fotossintéticos, da maioria das espécies de plantas, são supridos com carbono e energia na forma de sacarose. A sacarose é dissacarídeo não redutor, formado por moléculas de glicose e frutose unidas por ligações *O* glicosídicas α_1 - β_2 (SALISBURY e ROSS, 1991; STURM, 1999). A utilização desse dissacarídeo no metabolismo dos órgãos drenos, requer sua degradação em seus constituintes monossacarídeos, ou seja, em carboidratos de formas mais simples.

A hidrólise da sacarose é catalisada por duas enzimas, a invertase e a sacarose sintase. A sacarose sintase está localizada no citossol e converte a sacarose, usando UDP, em UDP-glicose e frutose mediante reação reversível. Embora seja capaz de sintetizá-la, a sacarose sintase atua principalmente no sentido de degradação da sacarose (XU et al., 1989). A invertase é encontrada como famílias de isoenzimas e isoformas, que diferem no pH ótimo de atividade, na solubilidade e na localização celular (OLDÉN e NILSSON, 1992; STURM et al., 1995; DEJARDIN et al., 1999;

WINTER e HUBER, 2000). Existem as invertases ácidas que são mais ativas em pH 4,5 a 5,5 e podem ser solúveis, localizadas no vacúolo celular ou insolúveis, associadas a parede celular. As neutras/alcalinas são ativas em pH 7,0 a 8,0 e estão localizadas no citossol celular. As invertases catalisam a quebra irreversível da sacarose.

As funções específicas dessas enzimas ainda não são bem entendidas, uma vez que estão presentes como isoenzimas e isoformas, cujos genes exibem diferentes padrões de expressão e de regulação, bem como de propriedades bioquímicas (STURM, 1999; KLOTZ e FINGER, 2002). No entanto, considera-se que a invertase ácida solúvel degrada a sacarose quando há alta demanda por hexoses, como durante a expansão celular (RICARDO e AP REES, 1970) e exerce papel osmoregulatório, durante o alongamento celular (KUTSCHERA, 1991), controla a composição de açúcares em frutos e órgãos de reserva (LOWELL et al., 1989) e está relacionada a resposta de plantas e suas partes a temperatura baixa, especialmente ao adoçamento induzido por frio (ZRENNER et al., 1996).

A invertase alcalina é considerada enzima de manutenção, envolvida na hidrólise da sacarose quando a atividade das invertases ácidas e sacarose sintase são baixas (RICARDO e AP REES, 1970; RUTHERFORD, 1981). Suas funções, porém, são desconhecidas, mas acredita-se que está ligada a canalização da sacarose, dentro do seu metabolismo, até às vias catabólicas (LEE e STURM, 1996). Em oposição às demais, a invertase ácida da parede celular está relacionada a absorção de assimilados em órgãos drenos, pelo estabelecimento de gradiente de concentração de sacarose entre a fonte e o dreno e, a resposta defensora das plantas em condições estressantes, como durante a infecção por microrganismos e ferimentos decorrentes de processos físicos e fisiológicos (STURM e CHRISPEELS, 1990; TANG et al., 1999). Finalmente, as invertases são importantes no controle da diferenciação celular e desenvolvimento, pois, os açúcares também regulam a expressão gênica.

Após a colheita a atividade das invertases pode implicar em perdas de sacarose, durante o armazenamento e processamento de produtos (WYSE, 1974; GIAQUINTA, 1979; OLDÉN e NILSSON, 1992; KLOTZ e FINGER, 1999), o que ocasiona perdas quantitativas e qualitativas do produto.

A atividade das invertases, no entanto, varia com a espécie vegetal e respectivo estágio de desenvolvimento, com a presença de enzimas do

metabolismo da sacarose e com a temperatura, dentre outras condições de armazenamento.

As invertases ácidas são mais ativas em tecidos imaturos e declinam rapidamente com o desenvolvimento e maturidade dos tecidos (RICARDO e AP REES, 1970; MIRON e SCHAFFER, 1991; OLDÉN e NILSSON, 1992; LEE e STURM, 1996; KLOTZ e FINGER, 2002). Por outro lado, a atividade da invertase alcalina tem sido relatada tanto em tecidos imaturos (RANWALA et al., 1991) quanto naqueles em estágio de maior maturidade (RICARDO e AP REES, 1970; KATO e KUBOTA, 1978; MASUDA et al., 1987; KLOTZ e FINGER, 1999). Em cenouras, armazenadas em temperatura baixa, as invertases ácidas tiveram menor atividade em relação a invertase alcalina (OLDÉN e NILSSON, 1992). Já em raízes de beterraba, KLOTZ e FINGER (1999), verificaram que a sacarose sintase foi a principal enzima sucrolítica, enquanto que as invertases exibiram baixa atividade ao longo do armazenamento.

O acúmulo de açúcares redutores, que promove o fenômeno do adoçamento induzido por frio, tem sido atribuído a maior atividade das invertases solúveis (ZRENNER et al., 1996). As causas são consequência da supressão em baixa temperatura do inibidor protéico INH da invertase ácida solúvel, (PRESSEY e SHAW, 1966; ANDERSON e EWING, 1978; ISLA et al., 1992), do aparecimento da rota alternativa resistente ao cianeto, que usa o ATP acumulado nos tecidos, durante a exposição ao frio, para síntese de sacarose. A sacarose torna-se, então, substrato para as invertases solúveis, resultando no acúmulo de açúcares redutores (DUPLESSES, et al., 1996). Há evidências de que a invertase ácida solúvel controla a razão açúcares redutores/não redutores, mas, não controla a quantidade total de açúcares acumulados (RICHARDSON et al., 1990; ZRENNER et al., 1996).

A mandioquinha-salsa caracteriza-se como alimento de função essencialmente energética, pois na sua composição destaca-se os teores de carboidratos em relação aos demais nutrientes (PEREIRA, 2000). Sob condições ambiente, a mandioquinha-salsa deteriora-se rapidamente após a colheita, tendo durabilidade máxima de 6 dias. O armazenamento refrigerado pode ser empregado objetivando prolongar sua vida

útil e comercial. Não há, no entanto, estudos sobre a presença e a atividade de enzimas invertases nas raízes, bem como seu papel potencial na degradação da sacarose durante o armazenamento. O melhor entendimento desse processo poderá auxiliar na escolha de melhores condições de armazenagem das raízes e entender as interconversões dos carboidratos após a colheita.

O presente trabalho teve por objetivos determinar a atividade das invertases e as alterações nos carboidratos solúveis e amido em função das condições de armazenamento em dois clones de mandioquinha-salsa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção das raízes

As raízes de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) dos clones Amarela de Carandaí (BGH 5746) e Roxa de Viçosa (BGH 6513), foram obtidas de cultivos realizados na Horta de Pesquisas da Universidade Federal de Viçosa, UFV, em Viçosa, MG, no período de maio de 2000 a janeiro de 2001.

Antes do plantio, o pH do solo foi corrigido com a aplicação de 2 t/ha de calcário dolomítico, de acordo com análise de solo, tendo a área experimental 300 m². As mudas provenientes do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH), foram obtidas de plantas com 12 meses de ciclo. Por ocasião do plantio, foi aplicado ao sulco da linha de plantio 35 g/m linear do adubo 4:14:8. Utilizou-se o espaçamento de 0,40 m entre plantas e 1 m entre fileiras. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura, e consistiram basicamente de capinas manuais e irrigações por sulco.

2.2. Colheita e armazenamento

A colheita foi efetuada aos 9 meses após o plantio, sendo feita conforme metodologia descrita no Capítulo 1, inclusive o preparo das raízes.

As raízes foram levadas ao Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV e, então, dois experimentos foram

conduzidos. No primeiro experimento as raízes dos dois clones foram armazenadas a temperatura e umidade relativa ambientes ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR) e, no segundo, em câmaras frias a 5 e a 10°C com umidade relativa constante de 95% .

As amostragens foram feitas logo após a colheita, durante a instalação de cada experimento (dia 0) e, posteriormente, no primeiro experimento, as análises foram diárias, até 7 dias e no segundo experimento foi a cada 3 dias, até os 21 dias de armazenamento.

Os experimentos foram instalados no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as temperaturas e nas subparcelas os períodos de amostragens, sendo a unidade experimental constituída por 4 raízes.

2.3. Coleta de amostras

Em cada período de amostragem, foram obtidas amostras compostas, por meio do corte das raízes em rodela e seu seccionamento em 4 partes, seguido da homogeneização dos pedaços de forma que as amostras representassem todas as partes da raiz. As amostras foram então congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80°C até o momento das determinações.

2.3.1. Massa seca

Dois gramas da amostra composta foram coletadas em cada período de amostragem, e secadas em estufa de circulação de ar forçado a 75°C até atingirem massa constante.

2.4. Características avaliadas

2.4.1. Carboidratos solúveis

Foram determinados os carboidratos solúveis totais, açúcares redutores (glicose + frutose) e não redutores (sacarose). Na determinação dos carboidratos solúveis totais, utilizou-se 2 g da amostra composta, imersos em etanol 80% fervente. O processo de extração foi feito segundo a

metodologia descrita no Capítulo 1. Em alíquotas do extrato clarificado, foram quantificados os carboidratos solúveis totais, pela reação com antrona (HODGE e HOFREITER, 1962) e os açúcares redutores com o reativo de Nelson (NELSON, 1944; SOMOGY, 1952). Os açúcares não redutores foram quantificados pela diferença entre os carboidratos solúveis totais e os açúcares redutores. Os resultados foram expressos em porcentagem da massa das raízes secas.

2.4.2. Amido

O teor de amido foi obtido a partir do resíduo sedimentado resultante da extração alcoólica, utilizada na determinação dos carboidratos solúveis totais e os açúcares redutores. O processo de extração e quantificação foram feitos segundo a metodologia descrita no Capítulo 1. Os resultados foram expressos em porcentagem da massa das raízes secas.

2.4.3. Enzimas invertases

Foram determinadas as atividades das invertases ácida solúvel, ácida da parede celular e alcalina.

2.4.3.1. Extração

A extração foi feita conforme metodologia descrita por KLOTZ e FINGER (2002). Esse processo consistiu de homogeneização de 2,5 g da amostra composta em 5 mL de tampão de extração contendo 50 mM de K_2HPO_4 - ácido cítrico (pH 7,0), 1 mM de EDTA, 1 mM de 2-mercaptoetanol, 5 mM de Na_2SO_3 , 5 mM de $MgCl_2$ e 1% de PVP. O homogeneizado foi filtrado em 4 camadas de gaze e centrifugado a 17000 x *g* por 15 minutos. Posteriormente o sobrenadante foi dialisado usando tampão contendo os mesmos reagentes do tampão de extração, menos o PVP 1%. Todo o processo foi executado a 4°C, usando gelo picado no controle da temperatura.

Na extração da invertase ácida da parede celular, usou-se no tampão de extração 50 mM de K_2HPO_4 (pH 5,0) e o precipitado, descartando-se o sobrenadante, conforme metodologia de TANG et al. (1999). O precipitado

foi lavado 5 vezes com água gelada e extraída a enzima em 5 vezes o volume do tampão utilizado na diálise acrescentando apenas 1 M de NaCl. Após, deixou-se o precipitado no tampão, em repouso pelo período da noite, à 4°C. No dia seguinte centrifugou-se por 15 minutos o sobrenadante destinado à determinação enzimática.

2.4.3.2. Atividade enzimática

Do sobrenadante dialisado, 50 µL foi incubado a 37°C por 30 minutos com 50 µL de 100 mM de sacarose, 50 µL de água destilada e 50 µL de tampão. O tampão da invertase alcalina foi preparado com 50 mM de MOPS - NaOH (pH 7,0) e da invertase ácida solúvel e da parede celular foi usado 100 mM de NaOAc - ácido acético (pH 5,0).

A atividade durante a incubação, foi paralisada com 200 µL do reativo de Nelson. Logo a seguir, os tubos foram incubados em água fervente por 15 minutos, resfriados em água corrente e adicionado 200 µL da solução composta pela solução de H₂SO₄ a 0,75 M com a solução arsenomolibdica, na proporção de 2:1. Adicionou-se aos tubos 600 µL de água destilada e procedeu-se centrifugação por 15 minutos, usando então, o sobrenadante na leitura feita em espectrofotômetro a 540 nm. O branco da leitura foi considerado o ponto zero da curva padrão.

A atividade enzimática foi expressa em µmol de glicose / mg de proteína / hora. A proteína foi determinada no extrato de cada enzima utilizando-se o método de BRADFORD (1976) e a soroalbumina bovino como padrão.

2.5. Análise estatística

Os dados foram interpretados por meio da estatística descritiva. Os dados de atividade enzimática foram submetidos à análise de correlação linear de Pearson com nível de até 5% de probabilidade. As análises foram feitas separadamente por clone.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Alterações na concentração de carboidratos

A concentração de amido nas raízes de mandioquinha-salsa, dos dois clones, reduziu durante o armazenamento (Figura 1). Esse decréscimo ocorreu de forma mais acentuada à temperatura ambiente, desde o início do armazenamento, e, especialmente no clone Roxa de Viçosa a partir do 1^o dia (Figura 1). Em condições refrigeradas as raízes do clone Amarela de Carandaí tiveram decréscimo gradual no conteúdo de amido, tanto a 5 quanto a 10°C atingindo, aos 21 dias, teores de 50,00 e 47,20% da massa seca, respectivamente. No clone Roxa de Viçosa as reduções se intensificaram a partir do 3^o dia, a 10°C, e do 6^o dia do armazenamento, a 5°C tendo, aos 21 dias, os teores de 54,42 e 50,26%, a 5 e 10°C, respectivamente (Figura 1).

Quanto aos teores dos carboidratos solúveis totais, foram obtidos imediatamente após a colheita as médias de 12,79 e de 16,57% da massa seca nas raízes 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', respectivamente. Esses teores reduziram após o armazenamento à temperatura ambiente, atingindo valores de 10,77 e 15,38% nos respectivos clones, no dia 1 (Figura 2). Nas temperaturas de 5 e 10°C, esta queda, nos teores dos carboidratos solúveis totais, persistiu até o dia 3. No clone Amarela de Carandaí, as reduções foram para 9,77 e 10,31% a 5 e 10°C, respectivamente.

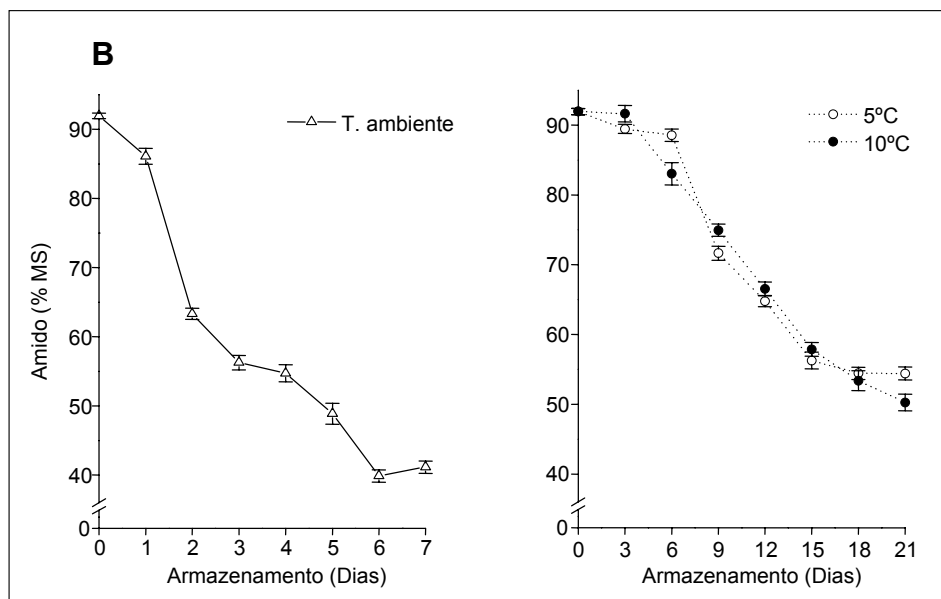
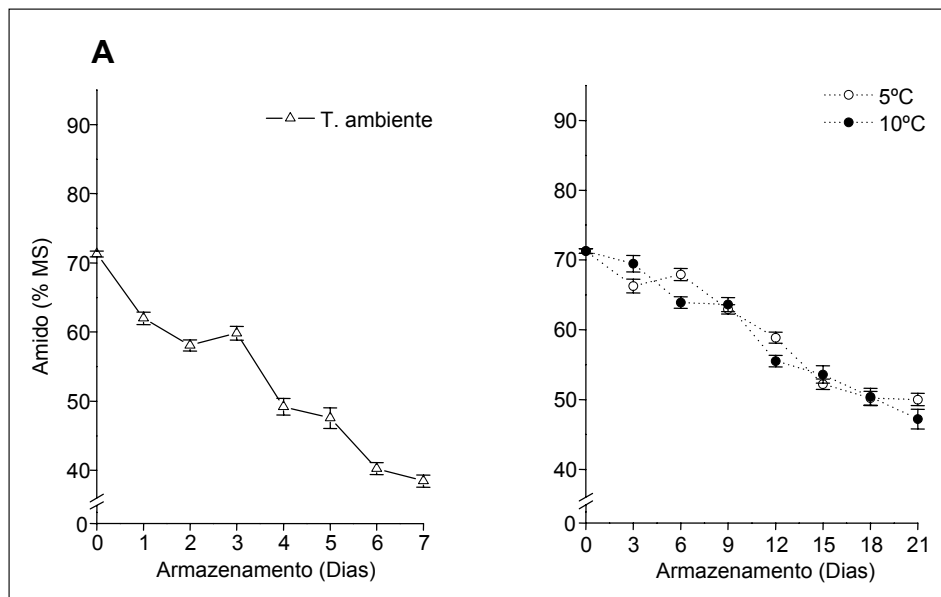


FIGURA 1. Teores de amido, em porcentagem da massa seca, nas raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B) durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

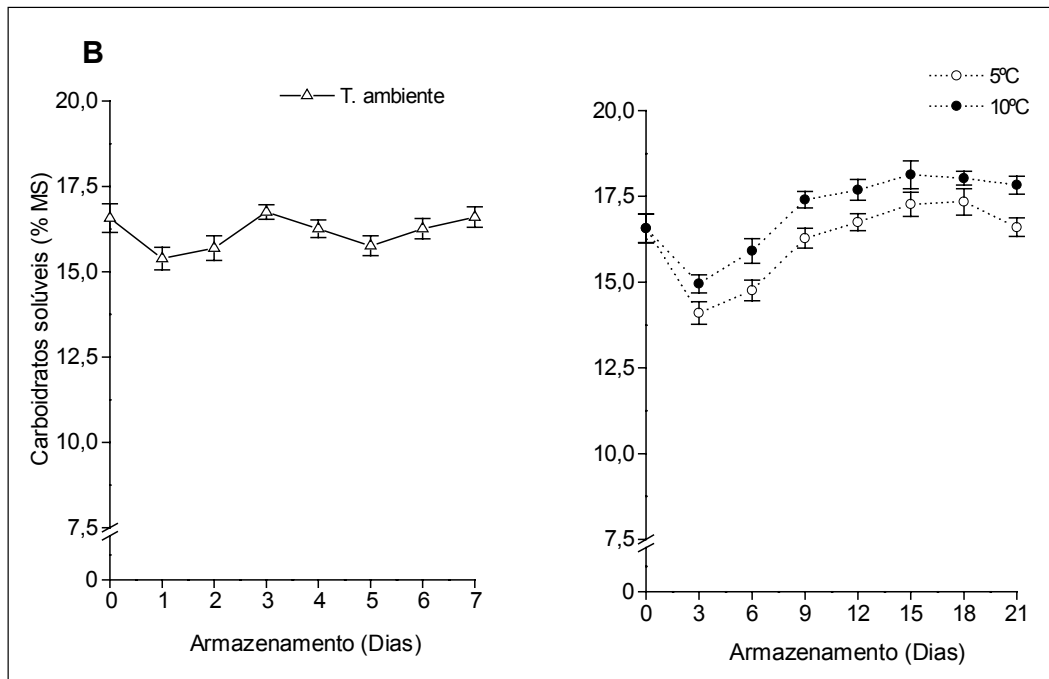
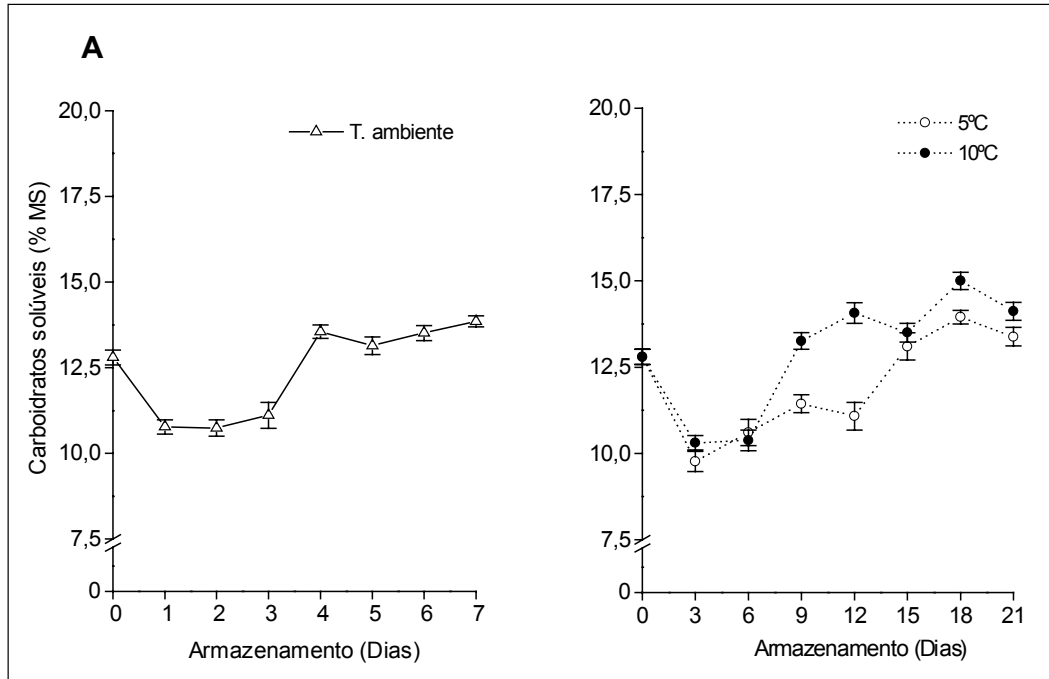


FIGURA 2. Teores de carboidratos solúveis totais, em porcentagem da massa seca, nas raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B) durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

No clone Roxa de Viçosa, os teores foram reduzidos para 14,09 e 14,95%, a 5 e 10°C, respectivamente (Figura 2). Nas fases posteriores do armazenamento em temperatura ambiente, as raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' aumentaram as concentrações dos carboidratos solúveis totais até o 4^o dia do armazenamento, alcançando 13,55% e, após, permaneceu mais ou menos estável até o 7^o dia. Já as raízes do clone Roxa de Viçosa, tiveram aumento nesses carboidratos até o 3^o dia do armazenamento, alcançando 16,75% nesse período, seguido de ligeira queda na fase final do armazenamento (Figura 2).

Os maiores teores dos carboidratos solúveis totais, nas raízes do clone Roxa de Viçosa na temperatura ambiente, são decorrentes do próprio clone, apesar da rápida hidrólise do amido, que ocorreu até o 3^o dia do armazenamento, comparativamente ao clone Amarela de Carandaí (Figura 1). Em rizomas de Taro, HASPAD et al. (1956) observaram elevação nos teores dos carboidratos solúveis totais na fase inicial da armazenagem, com posterior decréscimo e ligeiro aumento, novamente, nos dias finais. Desta forma, as alterações nos carboidratos podem diferir entre e dentro da mesma variedade e entre produtos hortícolas, de acordo com as condições e tempo do armazenamento (WEICHMANN, 1987). Provavelmente as raízes do clone Roxa de Viçosa foram mais influenciadas pela alta temperatura e menor umidade relativa do ar, no armazenamento à temperatura ambiente havendo, portanto, necessidade de mobilizar mais cedo suas reservas.

As raízes dos dois clones, armazenadas a 5 e a 10°C, tiveram aumento no conteúdo dos carboidratos solúveis totais a partir do 3^o dia de armazenamento, sendo que o aumento a 10°C foi mais evidente (Figura 2). Nas raízes do clone Amarela de Carandaí a 5°C, houve ligeiro aumento do conteúdo dos carboidratos solúveis totais, nessa fase, alcançando 13,10% aos 15 dias do armazenamento, permanecendo então, relativamente estável até os 21 dias após a colheita. A 10°C, o aumento no conteúdo desses carboidratos se deu aos 9 dias do armazenamento, mantendo-se também, mais ou menos constante até o final da armazenagem. O clone Roxa de Viçosa teve comportamento semelhante, tendo porém, teor de carboidrato levemente maior que o clone Amarela de Carandaí (Figura 2).

Pode-se observar pelos resultados obtidos que a temperatura de 10°C promoveu maiores alterações nos carboidratos das raízes de mandioquinha-salsa. Provavelmente porque com a elevação da temperatura houve aumento da atividade metabólica, ou ocorreu alterações na síntese, na atividade e nas propriedades físicas e cinéticas de enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos, nessa temperatura (WEICHMANN, 1987; TAIZ e ZEIGER, 1998).

O conteúdo dos açúcares redutores e não redutores, nas raízes dos dois clones, variou com a temperatura durante o armazenamento (Figuras 3 e 4). À temperatura ambiente nas raízes do clone Amarela de Carandaí houve aumento nos teores dos açúcares redutores até o dia 2 do armazenamento, passando de 1,97 a 4,46% da massa seca; posteriormente, os teores foram mantidos relativamente constantes. No clone Roxa de Viçosa ocorreu aumento dos açúcares redutores até o 4^o dia do armazenamento, iniciando queda gradual na concentração até o 7^o dia (Figura 3). Os teores dos açúcares redutores, no clone Roxa de Viçosa foram bem maiores que os verificados no clone Amarela de Carandaí, sendo que, o conteúdo desses açúcares, ao longo do armazenamento na temperatura ambiente, permaneceu maior que dos açúcares não redutores (Figuras 3 e 4). Esse fato mostra que houve intensa hidrólise dos carboidratos de reserva, nas raízes desse clone com maior produção de substrato respiratório para glicólise. O maior teor de carboidratos solúveis no clone Roxa de Viçosa, bem como a maior sensibilidade aos danos mecânicos, decorrentes de uma menor espessura da periderme, maior diâmetro de inserção das raízes com a coroa e dificuldades de destaque das raízes, o tornam mais susceptíveis ao ataque de patógenos e a perda de água, o que prejudica sua conservação após a colheita. AVELAR FILHO et al. (1989b) e BUSTAMANTE (1994) verificaram uma maior conservação pós-colheita do clone Amarela de Carandaí em relação a outros clones, devido a sua rusticidade e menor consumo de massa seca. Em raízes de mandioquinha-salsa os açúcares não redutores são constituídos na sua grande maioria pela sacarose, enquanto os açúcares redutores são formados especialmente pela glicose e frutose.

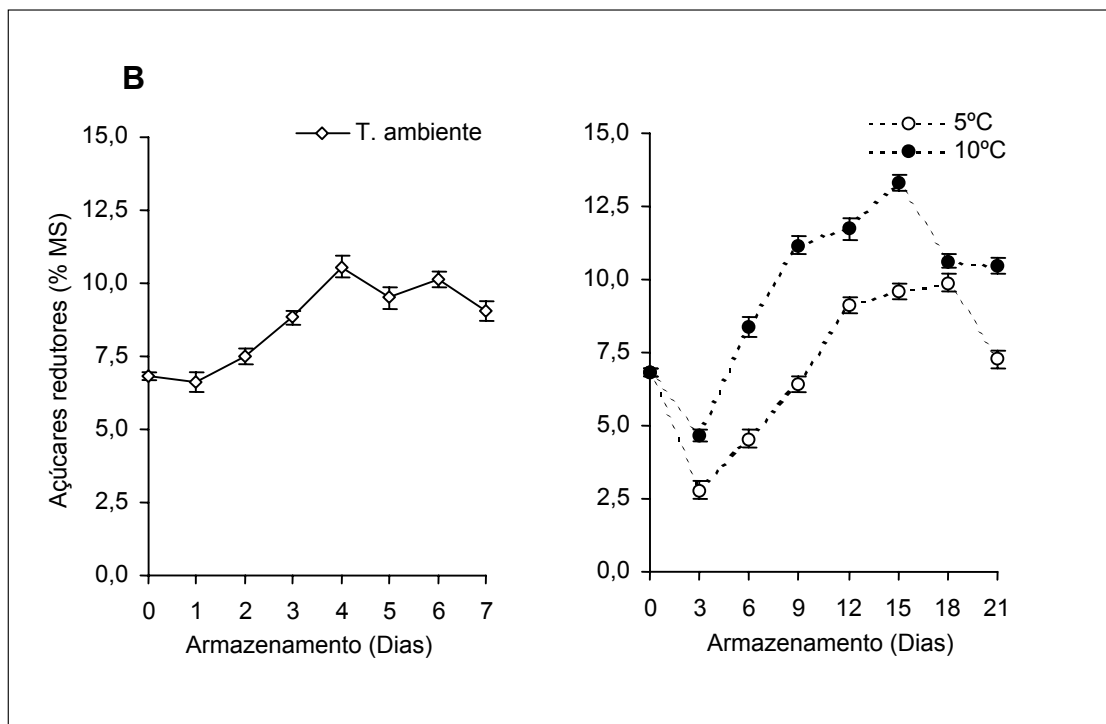
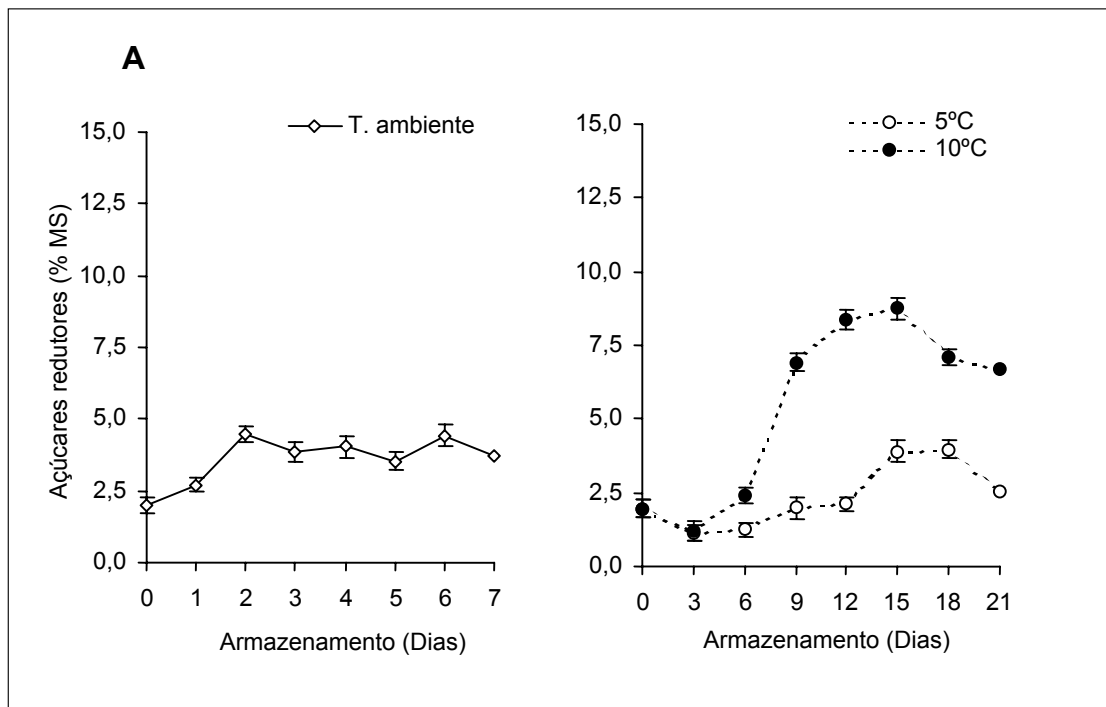


FIGURA 3. Teores de açúcares redutores, em porcentagem da massa seca, nas raízes de mandioca-salsa 'Amarela de Caranda' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B) durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

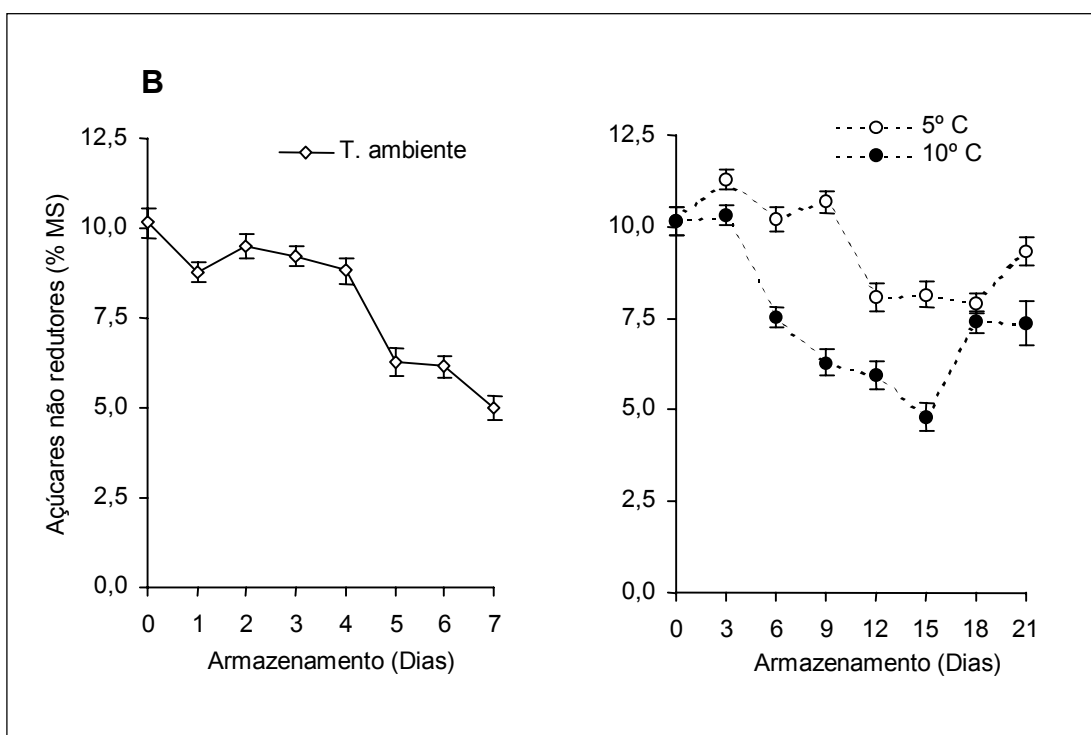
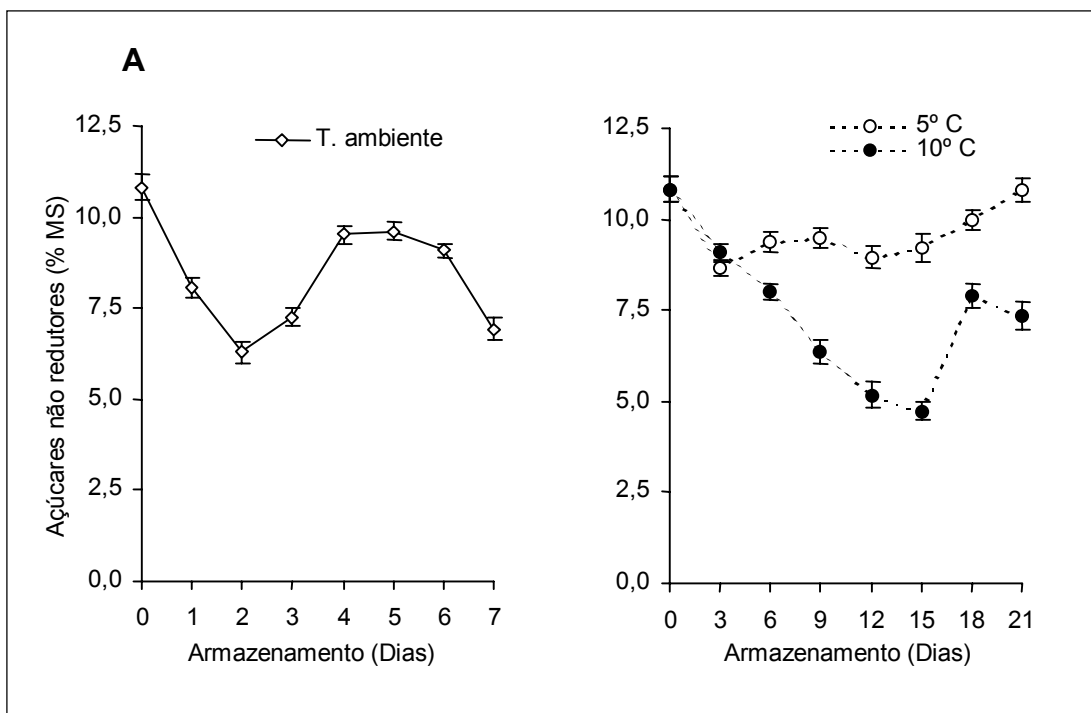


FIGURA 4. Teores de açúcares não redutores, em porcentagem da massa seca, nas raízes de mandiocinha-salsa 'Amarela de Carandaí' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B) durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

O incremento no conteúdo dos açúcares não redutores, nas raízes 'Amarela de Carandaí', entre o 3^o e 6^o dia de armazenamento à temperatura ambiente (Figura 4), não promoveu redução no conteúdo dos açúcares redutores (Figura 3). Portanto, pode-se inferir que o acúmulo dos açúcares não redutores, foi diretamente proveniente da hidrólise do amido (Figura 1) e não da recombinação da glicose e frutose para formar sacarose, o açúcar não redutor. Provavelmente, também, a taxa de consumo dos açúcares redutores foi mantida relativamente constante, de forma a não alterar sua concentração.

ISHERWOOD (1973), relata que os açúcares solúveis podem estar compartimentalizados em locais diferentes na célula. Sendo assim, a sacarose seria formada da degradação do amido, no amiloplasto, e posteriormente seria transportada ao citossol, onde então, seria hidrolisada a glicose e frutose. Portanto, somente após a transferência da sacarose ao citossol é que alterações nos açúcares redutores, começariam a ocorrer. O mesmo autor observou que, a compartimentalização dos açúcares se deu principalmente nos tecidos com maior maturidade, ao passo que, naqueles imaturos houve estreita relação entre os açúcares não redutores e redutores.

No armazenamento refrigerado, após declínio nos três dias iniciais, as raízes dos dois clones, armazenadas a 5 e a 10°C, tiveram aumento das concentrações dos açúcares redutores. A concentração desse açúcar foi mantida maior a 10°C com os dias de armazenamento (Figura 3). No clone Amarela de Carandaí o aumento no teor dos açúcares redutores ocorreu a partir do 6^o dia de armazenamento, sendo mais expressivo a 10°C, com elevada concentração especialmente entre 9 e 15 dias após a colheita. Nesse período, houve correspondente decréscimo dos açúcares não redutores, que possivelmente foi devido a conversão desses açúcares à açúcares redutores. Nas raízes do clone Roxa de Viçosa, os açúcares redutores aumentaram a partir do 3^o dia do armazenamento (Figura 3). As maiores concentrações desses açúcares e as menores dos açúcares não redutores, também foram observados a 10°C (Figura 3 e 4), com concentração máxima dos redutores e mínima dos não redutores entre 9 e 15 dias do armazenamento (Figuras 3 e 4).

Observa-se pela Figura 4, que nas raízes armazenadas a 5°C, não ocorreram muitas alterações nos açúcares não redutores, durante o armazenamento, havendo tendência de acúmulo no clone Amarela de Carandaí, e, decréscimo entre 12 e 18 dias no clone Roxa de Viçosa. Todavia houve aumento dos açúcares redutores, principalmente no clone Roxa de Viçosa. Isso pode indicar o efeito da baixa temperatura no acúmulo desses açúcares solúveis, sobretudo dos redutores, nas raízes de mandioca-salsa, com conseqüente, adoçamento induzido por frio.

As raízes de mandioca-salsa demonstraram alguma sensibilidade a temperatura de 5°C, o que foi verificado no Capítulo 1, por meio da alteração de coloração externa e interna, ao redor do câmbio vascular da raiz. Em espécies sensíveis a baixa temperatura, o acúmulo de açúcares solúveis pode ocorrer como tentativa de regulação do potencial osmótico, sendo considerado resposta da planta à adaptação ao frio (YOUNG, 1970; PURVIS, et al., 1979; GUY et al., 1992).

Há evidências de que, além da atuação das invertases solúveis, promovendo o acúmulo de açúcares redutores em baixa temperatura, há a participação da sacarose fosfato sintase, exercendo controle no acúmulo dos açúcares não redutores. Nessas condições as atividades da sacarose fosfato sintase e das invertases são alta, com conseqüente acúmulo de sacarose e de glicose e frutose, respectivamente. Já a atividade da sacarose sintase, que atua principalmente no sentido de degradação da sacarose, torna-se baixa, o que contribui também no acúmulo da sacarose (MIRON e SCHAFFER, 1991; GUY et al., 1992; IIIUPERUMA et al., 1998; KRAUSE et al., 1998).

Durante o armazenamento, as concentrações de amido às temperaturas de 5 e de 10°C, em ambos os clones, praticamente não diferiu (Figura 1). Então, provavelmente, outros fatores além da temperatura, podem estar envolvidos no acúmulo de açúcares redutores e não redutores, ocorridos nas raízes armazenadas a 10 e 5°C, respectivamente.

A hidrólise do amido, em baixa temperatura é pouco entendida. DAVIES e VIOLA (1992) citam que a fosforilase do amido é enzima chave da mobilização do amido durante a exposição dos produtos hortícolas ao frio,

uma vez que a sacarose é o primeiro açúcar acumulado. Por outro lado COTTRELL et al. (1993), aponta as enzimas amilase como atuantes no processo. No entanto outros fatores parecem estar envolvidos na degradação do amido em baixa temperatura, que podem estimular a atividade de uma ou mais enzimas do catabolismo (ISHERWOOD, 1976; COCHRANE et al., 1991; KRAUSE et al., 1998).

3.2. Atividade enzimática

Por meio da atividade enzimática foi identificada a presença das três enzimas invertases, nas raízes 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa'. Houve menor atividade da invertase ácida solúvel e invertase alcalina, nas raízes de ambos os clones, durante o armazenamento, tanto na temperatura ambiente, quanto a 5 e 10°C (Figuras 5 e 6), em relação a atividade da invertase ácida da parede celular (Figura 7). Essa última enzima teve início de atividade em um patamar já elevado em comparação às invertases ácida e alcalina (Figuras 5, 6 e 7).

Ao longo do armazenamento, a atividade da invertase ácida solúvel e alcalina teve pequenas alterações a 5 e 10°C, enquanto à temperatura ambiente houve aumento da atividade dessas enzimas, bem como da invertase ácida da parede celular, nos primeiros dias do armazenamento (Figuras 5, 6 e 7). A maior atividade das invertases nos dias iniciais após a colheita, pode estar contribuindo na rápida deterioração das raízes que se observa à temperatura ambiente.

A baixa atividade das invertases solúveis, ácida e alcalina, foi também observada em raízes de beterraba (KLOTZ e FINGER, 1999) e de cenoura (OLDÉN e NILSSON, 1992) em armazenamento prolongado. Há evidências que essas enzimas são mais ativas durante o crescimento e desenvolvimento de tecidos jovens (RICARDO e AP REES, 1970; GIANQUITA, 1979; MASUDA et al., 1987; IWATSUBO et al., 1992). No entanto, resultados experimentais demonstraram que a invertase ácida solúvel pode exercer controle no acúmulo de açúcares redutores, em tubérculos de batata, durante o armazenamento à temperatura reduzida (RICHARDSON et al., 1990; ZRENNER et al., 1996; IIIIEPERUMA et al.,

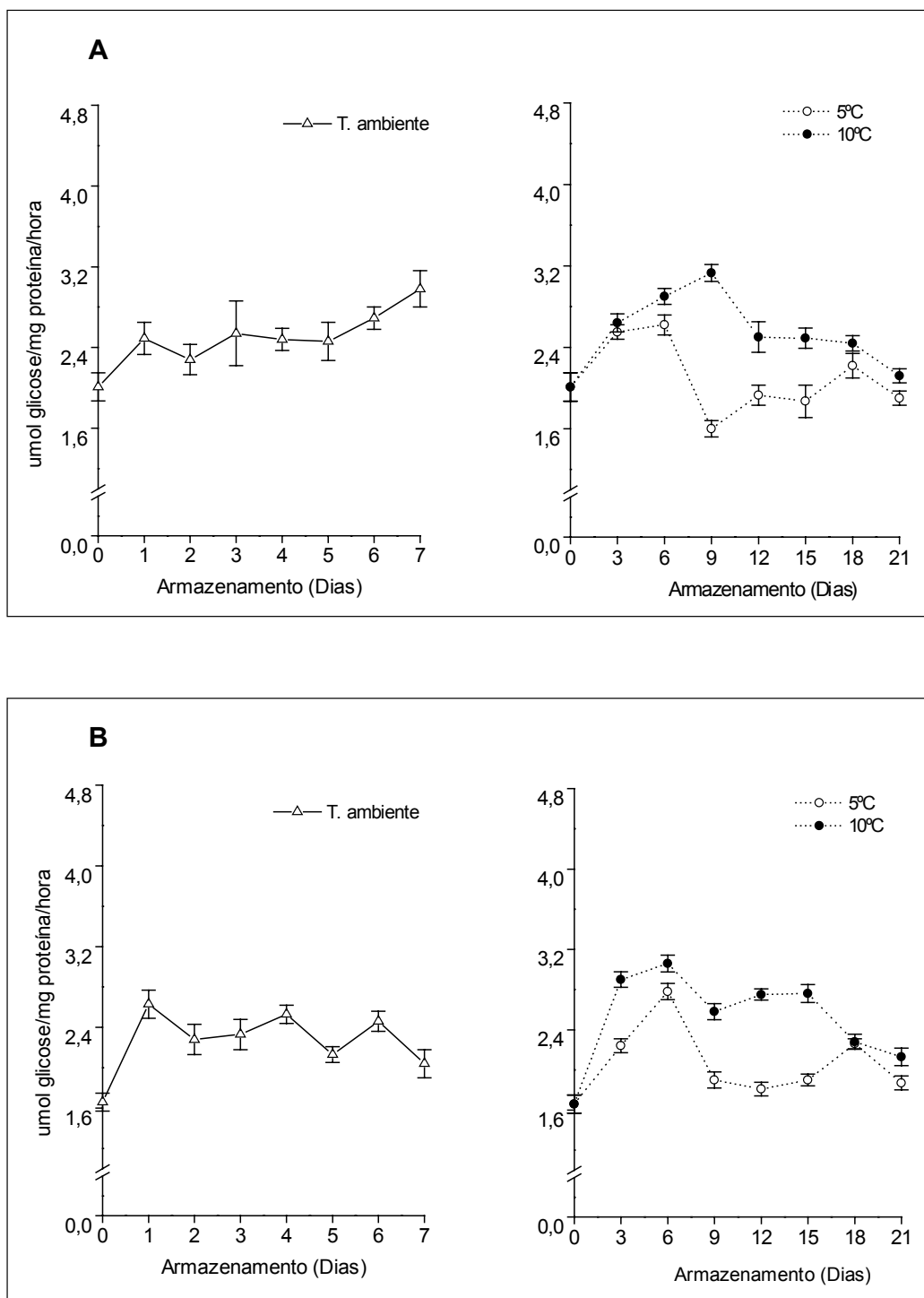


FIGURA 5. Atividade enzimática da invertase ácida solúvel (A) e invertase alcalina (B), em μmol de glicose/mg de proteína/hora, nas raízes de mandioca-salsa 'Amarela de Carandaí' durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

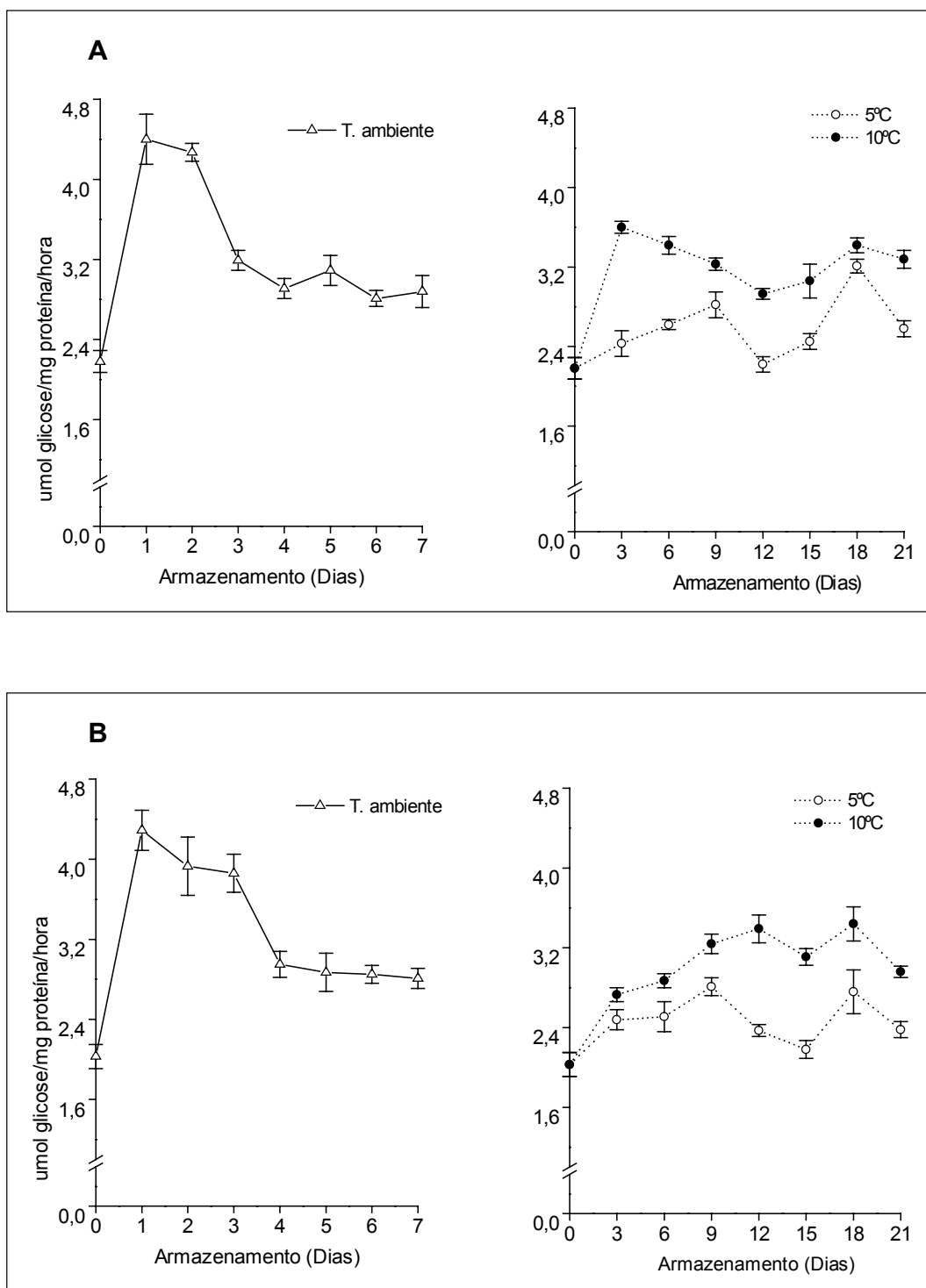


FIGURA 6. Atividade enzimática da invertase ácida solúvel (A) e invertase alcalina (B), em μmol de glicose/mg de proteína/hora, nas raízes de mandioca-salsa 'Roxa de Viçosa' durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

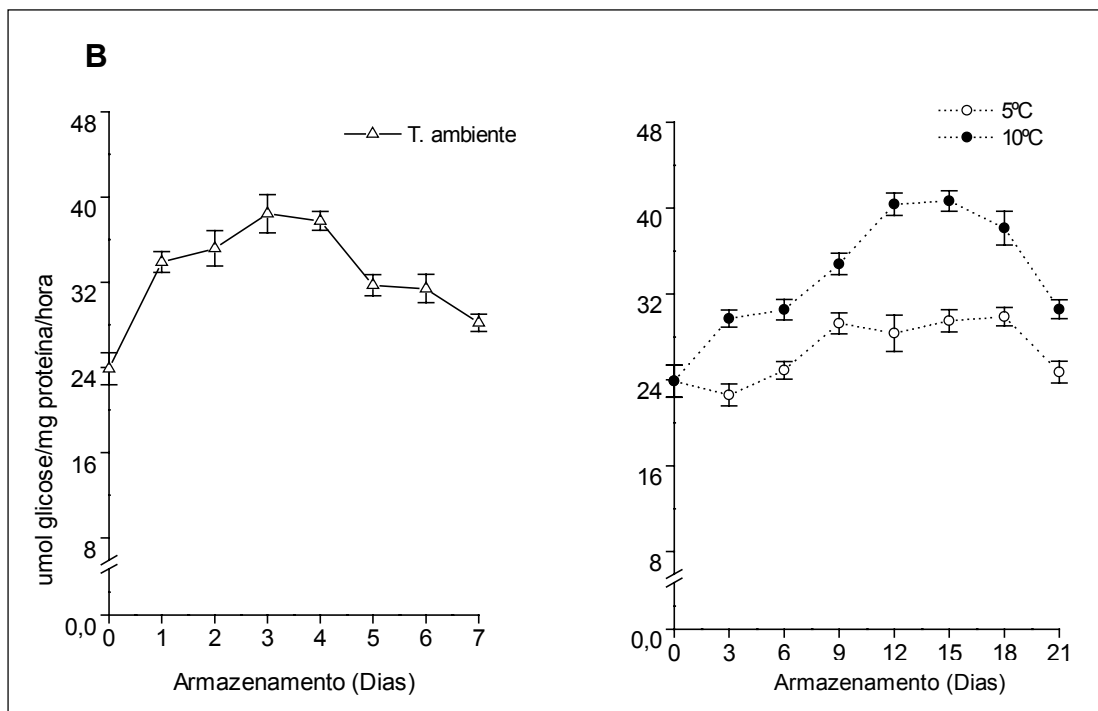
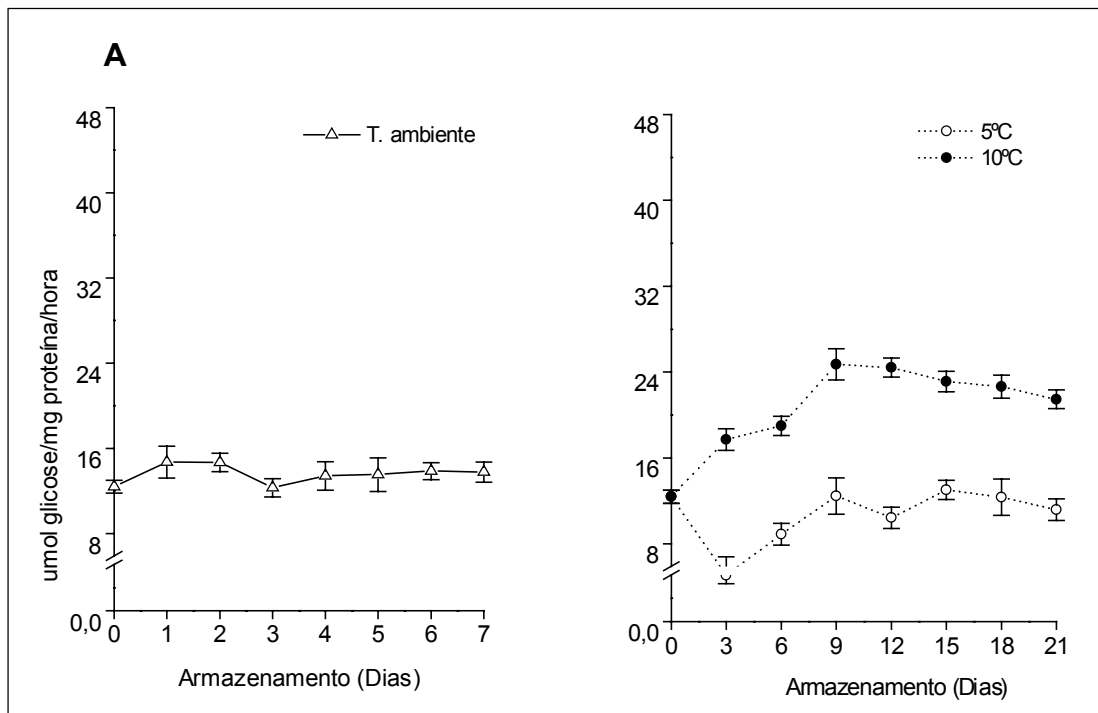


FIGURA 7. Atividade enzimática da invertase ácida da parede celular, em μmol de glicose/mg de proteína/hora, nas raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Caranda' (A) e 'Roxa de Viçosa' (B) durante o armazenamento por 7 dias à temperatura ambiente e por 21 dias a 5 e a 10°C. Barras representam o desvio padrão.

1998). Provavelmente, as invertases solúveis possam ser importantes no acúmulo dos açúcares solúveis, em algumas espécies, enquanto em outras, as invertases insolúveis possam ser mais atuantes.

Ao analisar a atividade enzimática das invertases nas raízes em armazenamento refrigerado, nota-se que as três enzimas foram mais ativas a 10°C (Figuras 5, 6 e 7), levando a inferir que nessa temperatura, houve algum fator que estimulou a síntese de mRNA ou atividade das enzimas, especialmente da invertase ácida da parede celular. A expressão das invertases, nas demais temperaturas pode ter sido inibida por altas concentrações de glicose e frutose (AVIGAD e DEY, 1997; LEE e STURM, 1996), pela proteína presente no apoplasto, denominada INH (ZRENNER et al., 1996; GREINER et al., 1998) e pelos nucleotídeos ATP, CTP, GTP e UTP (LEE e STURM, 1996). A invertase ácida da parede celular está relacionada ao fornecimento de monossacarídeos ao crescimento (STURM e TANG, 1999) e é expressa também sob condições que causam estresse na planta e em seus órgãos (STURM e CHRISPEELS, 1990). A atividade dessa enzima correlacionou-se negativamente com a concentração de açúcares não redutores nas raízes 'Amarela de Carandaí' ($r = -0,87$; $t: P \leq 1\%$) e 'Roxa de Viçosa' ($r = -0,83$; $t: P \leq 1\%$) no armazenamento a 10°C. Então, pelas correlações obtidas, provavelmente, a invertase ácida da parede celular possui papel fundamental no metabolismo da sacarose das raízes de mandioquinha-salsa.

As interconversões entre os carboidratos, embora sejam influenciadas por fatores endógenos e externos ao tecido, também está sob controle de complexo enzimáticos que atua no metabolismo (ISHERWOOD, 1973; KATO-NOGUCHI e WATADA, 1996; IIIEPERUMA et al., 1998). Apesar da alta atividade apresentada pela invertase ácida da parede celular, nas raízes de ambos os clones, a confirmação de seu papel potencial, bem como das demais invertases, no metabolismo da sacarose em raízes de mandioquinha-salsa, será possível por meio do estudo de outras enzimas envolvidas no processo, como a sacarose sintase e sacarose fosfato sintase.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram conduzidos três experimentos, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, com o objetivo de avaliar a eficácia da refrigeração e do filme plástico de PVC, na conservação pós-colheita de raízes tuberosas de mandioquinha-salsa dos clones Amarela de Carandaí (BGH 5746) e Roxa de Viçosa (BGH 6513), bem como verificar a atividade de enzimas invertases no metabolismo dos carboidratos.

Os experimentos foram instalados no delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo o primeiro, três repetições, e, os dois últimos, quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por três raízes, no primeiro experimento, e, por quatro, nos dois últimos experimentos.

No estudo de conservação pós-colheita, instalou-se o primeiro experimento em fevereiro de 2000, tendo nas parcelas o uso ou não da embalagem das raízes com o filme de PVC, nas temperaturas de 5 e de 10°C, em fatorial 2 x 2, e, nas subparcelas os dias de armazenamento (15, 30, 45 e 60 dias). No estudo de atividade enzimática, instalou-se os dois últimos experimentos em fevereiro de 2001, tendo nas parcelas as temperaturas e nas subparcelas o tempo de armazenamento. O segundo experimento, foi conduzido na temperatura ambiente e as avaliações foram feitas diariamente até o sétimo dia de armazenamento, e o terceiro experimento foi conduzido em câmaras frias a 5 e a 10°C, e foi avaliado a

cada 3 dias, durante 21 dias. No primeiro experimento, foram avaliados a porcentagem de perda de massa fresca, o teor relativo de água, a injúria por frio, a aparência comercial e os teores de amido, de carboidratos solúveis totais, de açúcares redutores e não redutores e de glicose e frutose. No segundo e terceiro experimento, avaliou-se os teores de amido e dos carboidratos solúveis, exceto glicose e frutose, e, a atividade enzimática das invertases ácida solúvel, alcalina e ácida da parede celular.

Dos resultados obtidos conclui-se que: a associação do filme de PVC e refrigeração atuou na prevenção da perda excessiva de massa fresca e da injúria por frio, pois, as raízes armazenadas a 5°C, sem o filme de PVC, tiveram alta incidência de sintomas de injúria por frio, sendo o clone Amarela de Carandaí mais sensível que o Roxa de Viçosa.

O filme de PVC foi benéfico em manter baixa a taxa respiratória das raízes de mandioquinha-salsa, uma vez que, os açúcares acumulados durante a exposição ao frio não foram consumidos até os 60 dias de armazenamento. O acúmulo de açúcares redutores nas raízes embaladas, indica a influência das baixas temperaturas de armazenamento no metabolismo dos carboidratos.

A conservação das raízes envolvidas com o filme de PVC e mantidas em câmara fria por 60 dias, mostrou-se viável para o consumo imediato após a refrigeração.

No estudo de atividade enzimática, independente do clone e da temperatura, o teor de amido decresceu de forma contínua durante o armazenamento. Houve acúmulo de açúcares não redutores, na temperatura de 5°C e aumento das concentrações dos açúcares redutores a 5°C e, especialmente, a 10°C, durante armazenamento das raízes 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', indicando possível efeito de adoçamento nas raízes induzido por frio.

A concentração dos açúcares não redutores correlacionou-se negativamente com a atividade da invertase ácida da parede celular, que foi a enzima mais ativa nas raízes dos dois clones de mandioquinha-salsa.

A invertase ácida da parede celular pode ser a principal enzima sucrolítica das raízes de mandioquinha-salsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R. S.; EWING, E. E. Partial purification of potato tuber invertase and its proteinaceous inhibitor. **Phytochemistry**, v.17, p. 1077-1081, 1978.
- APELAND, J.; HOFTUN, H. Physiological effects of oxygen on carrots in storage. **Acta Horticulturae**, v.38, n.1, p. 291-308, 1974.
- AUBERT, S.; BABIC, I.; AMIOT, M. J.; NGUYEN-THE, C. Les composés phenoliques marqueurs de la qualite de carottes conservees au froid. **Acta Horticulturae**, n.354 (June, 1994), p. 201-214, 1993.
- AVELAR FILHO, J. A. de. **Estudo da conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1989a.
- AVELAR FILHO J. A.; BUSTAMANTE, P. G.; CASALI, V. W. D.; FINGER, F. L. Estudo pós-colheita de clones novos de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Banc.). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.7, n.1, p. 36, 1989b.
- AVIGAD, G.; DEY, P. M. Carbohydrate metabolism storage carbohydrates. In: DEY, P. M.; HARBORNE, J. B. (Eds.). **Plant Biochemistry**. London: Academic Press, 1997. p. 143-204.
- BALBINO, J. M. S. **Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethephon na qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.)** Viçosa, MG: UFV, 1997. 104 p. Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- BEAUDRY, R. M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, n.3, p. 293-303, 1999.

BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film: a new postharvest technique. **HortScience**, v.20, n.1, p. 32-37, 1985.

BEN-YEHOSHUA, S. Transpiration, water stress, and gas exchange. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1987. p. 113-170.

BEN-YEHOSHUA, S.; SHAPIRO, B.; EVEN-CHEN, Z.; LURIE, S. Mode of action of plastic film extending life of lemon and bell pepper fruit by alleviation of water stress. **Plant Physiology**, v.73, p. 87-93, 1983.

BRADFORD, M. A. Rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, n.1, p. 248-254, 1976.

BRAMLAGE, W. J. Chilling injury of crops of temperate origin. **HortScience**, v.17, n.2, p. 165-168, 1982.

BUESCHER, R. W.; SISTRUNK, W. A.; KASAIAN, A. E. Induction of textural changes in sweet potato roots by chilling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.101, n.5, p. 516-519, 1976.

BURTON, C. L. Diseases of tropical vegetables on the Chigaco market. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.47, n.4, p. 303-313, 1970.

BURTON, W. G. Some biophysical principles underlying the controlled atmosphere storage of plant material. **Annals of Applied Biology**. v.78, n.2, p. 149-168, 1974.

BUSTAMANTE, P. G. **Melhoramento da batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) I. Biologia Floral; obtenção e caracterização de clones; correlações genótípicas, fenotípicas e de ambiente**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 92 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

CÂMARA, F. L. A.; Manejo pós-colheita da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p. 70-72, 1984.

CÂMARA, F. L. A.; MEDINA, P. V. L. Diferentes métodos de armazenamento de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 23, 1983, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SOB, 1983, p. 108.

CASALI, V. W. D.; KIMURA, S.; AVELAR FILHO, J. A. de. Tempo de frigorificação e conservação da mandioquinha-salsa após a retirada da câmara fria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.6, n.1, p. 49, 1988. (Resumo).

CASALI, V. W. D.; SEDIYAMA, M. A. N. Origem e botânica da batata-baroa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p. 13-14, 1997.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

COCHRANE, M. P.; DUFFUS, C. M.; ALLISON, M. J.; MACKAY, G. R. Amyolytic activity in stored potato tubers. 2. The effect of low temperature storage on the activities of α - & β -amylase & α -glucosidase in potato tubers. **Potato Research**, v.34, p. 333-341, 1991.

COHEN, E.; SHAPIRO, B.; SHALOM, Y.; KLEIN, J. D. Water loss: A nondestructive indicator of enhanced cell membrane permeability of chilling-injured citrus fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, n.5, p. 983-986, 1994.

COTTRELL, J. E.; DUFFUS, C. M.; PATERSON, L.; MACKAY, G. R.; ALLISON, M. J.; BAIN, H. The effect of storage temperature on reducing sugar concentration and the activities of three amyolytic enzymes in tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum*. L. **Potato Research**, v.36, p. 107-117, 1993.

COUEY, H. M. Chilling injury of crops tropical and subtropical origin. **HortScience**, Alexandria, v.17, n.2, p. 162-165, 1982.

CZYHRINCIW, N.; JAFFÉ, W. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tubérculos. **Archivos Venezolanos de Nutrición**, v.2, n.1, p. 49-67, 1951.

DAVIES, H. V.; VIOLA R. Regulation of sugar accumulation in stored potato tubers. **Postharvest News and Information**, v.3 p. 97- 100, 1992.

DEJARDIN, A.; SOKOLOV, L. N.; KLECZKOWSKI, L. A. Sugar/osmoticum levels modulate differential abscisic acid-independent expression of two stress-responsive sucrose synthase genes in *Arabidopsis*. **Biochemical Journal**, v.344, n.2, p. 503-509, 1999.

DIXON, W. L.; AP REES, T. Identification of the regulatory steps in glycolysis in potato tubers. **Phytochemistry**, v.19, p. 1297-1301, 1980.

DUPLESSIS, P. M.; MARANGONI, A. G.; YADA, R. Y. A mechanism for low temperature induced sugar accumulations in stored potato tubers: The potential role of the alternative pathway and invertase. **American Potato Journal**, v.73, p. 483-494, 1996.

EAKS, I. L.; MORRIS, L. L. Respiration of cucumber fruits associated with physiological injury at chilling temperatures. **Plant Physiology**, v.31, n.4, p. 308-314, 1956.

EXAMA, A.; ARUL, R.; LENCKI, R.; LI, Z. Suitability of various plastic films for modified atmospheres packaging of fruits and vegetables: gas transfer properties and effect of temperature fluctuation. **Acta Horticulturae**, n.343, p. 175-180, 1993.

FEICHTENBERGER, G. W. M.; GUIRADO, N. Doenças dos citrus. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Eds.). **Manual de Fitopatologia : Doenças das plantas cultivadas**. 3 Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, 1997. p. 261-296.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P.; MARTINEZ, J. A.; ARTÉS, F. Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps "flat" peach quality. **Food Research International**, v.31, n.8, p. 571-579, 1998.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. **Cadernos didáticos**, 19. Viçosa, Editora UFV, 1997, 29 p.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; LINO, I. B. M.; BRECHT, J.; CHAU, K. V. Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, v.43, p. 9-15, 2000.

GIAQUINTA, R. T. Sucrose translocation and storage in the sugar beet. **Plant Physiology**, v.63, n.5, p. 828-832, 1979.

GICHOHI, E. G.; PRITCHARD, M. K. Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars, and fry color of Shepody potatoes. **American Potato Journal**, v.72, p. 737-747, 1995.

GORRIS, L. G. M.; PEPPELENBOS, H. W. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. **HortTechnology**, v.2, n.3, p. 303-309, 1992.

GREINER, S.; KRAUSGRILL, S.; RAUSCH, T. Cloning of a tobacco apoplasmic invertase inhibitor. Proof of function of the recombinant protein and expression analysis during plant development. **Plant Physiology**, v.116, n.2, p. 733-742, 1998.

GUY, C. L.; HUBER, J. L. A.; HUBER, S. C. Sucrose phosphate synthase and sucrose accumulation at low temperature. **Plant Physiology**, v.100, p. 502-508, 1992.

HAKIM, A.; PURVIS, A. C.; MULLINIX, B. G. Differences in chilling sensitivity of cucumber varieties depends on storage temperature and the physiological dysfunction evaluated. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p. 97-104, 1999.

HAMMER, F. E. Oxidoreductases. In: NAGODAWITHANA, T.; REED, G. (Eds.). **Enzymes in food processing**. San Diego: Academic Press, 1993.

HANSEN, H.; WEICHMANN, J. Carbohydrates. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest Physiology of vegetables**, New York: Macel Dekker, Inc., 1987, p. 469-474.

HANSEN, H.; RUMPF, G. Storage of carrots (Variety 'Nantaise'): The influence of the storage atmosphere on flavour, decay and content of sucrose, glucose and fructose. **Acta Horticulturae**, v.38, n.1, p. 321-326, 1974.

HARDENBURG, R. E. Effect of in-package environment on Keeping quality of fruits and vegetables. **HortScience**, v.6, n.3, p. 198-201, 1971.

- HASPAD, M. N.; STINO, K. R.; EL HINMAWY, S. I. Transformation of carbohydrates in taro corms during storage. In: **Annals of Agricultural Science**, Cairo. Fac. Agric.; Ain. Shams. University, v.1, n.1, p. 279-276, 1956.
- HENZ, G. P. Doenças da mandioquinha-salsa e sua situação atual no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p. 135-144, 2002.
- HENZ, G. P.; SANTOS, F. F.; SANTOS, R. F. A. Deterioração pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.9, n.1, p. 16-18, 1991.
- HERTOG, M. L. A. T. M.; TIJSKENS, L. M. M.; HAK, P. S. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: A mathematical model. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, p. 67-79, 1997.
- HODGE, J. E.; HOFREITER, B. T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, R. L.; WOLFROM, M. L. (Eds.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, v.1, 1962, p. 380-394.
- IIIUPERUMA, C.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Changes in sugars and activities of sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase during potato tuber (*Russet Burbank*) reconditioning at 10°C in air and 2.53 kPa oxygen after storage for 28 days at 1°C. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.123, n.2, p. 311-316, 1998.
- ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**, v.12, p. 2579-2591, 1973.
- ISLA, M. I.; LEAL, D. P.; VATTUONE, M. A.; SAMPIETRO, A. R. Cellular localization of the invertase proteinaceous inhibitor and lectin from potato tubers. **Phytochemistry**, v.31, n.8, p. 1115-1118, 1992.
- IWATSUBO, T.; NAKAGAWA, H.; OGIURA, N.; HIRABAYASHI, T.; SATO, T. Acid invertase of melon fruits: immunochemical detection of acid invertases. **Plant Cell Physiology**, v.33, n.8, p. 1127-1133, 1992.
- KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. **Food Technology**, v.40, n.5, p. 99-104, 1990.
- KATO, T.; KUBOTA, S. Properties of invertases in sugar storage tissues of citrus fruit and changes in their activities during maturation. **Physiology Plant**, v.42, n.1, p. 67-72, 1978.
- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A. E. Regulation of glycolytic metabolism in fresh-cut carrots under low oxygen atmosphere. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.121, n.1, p. 123-126, 1996.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 453 p.
- KAYS, S. J. Preharvest factors affecting appearance. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, n.3, p. 233-247, 1999.

KIMURA, S.; AYUB, R. Determinação de forma e tamanho da batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Revista Ceres**, Viçosa, v.52, n.239, p. 1-9, 1995.

KIMURA, S.; CRUZ, R. Uso de filmes plásticos na conservação de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, 2, 1989, São Paulo, SP. Trabalhos técnicos... São Paulo, 1989, p. 15. **Resumo**.

KING, M. M.; LUDFORD, P. M. Chilling injury and electrolyte leakage in fruit of different tomato cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.108, n.1, p. 74-77, 1983.

KLOTZ, K. L.; FINGER, F. L. Identification of sucrose metabolizing enzymes responsible for sucrose losses during sugarbeet development and storage. In: **Sugarbeet Research, 1999 Report**, Beet Sugar Development Foundation, 1999, p. D18-D23.

KLOTZ, K. L.; FINGER, F. L. Contribution of invertase and sucrose synthase isoforms to sucrose catabolism in developing sugarbeet roots. **Journal of Sugar Beet Research**. v.39, n.1-2, p. 1-24, 2002.

KRAMER, G. F.; WANG, C. Y. Effects of chilling and temperature preconditioning on the activity of polyamine biosynthetic enzymes in zucchini squash. **Journal of the Plant Physiology**, v.136, p. 115-119, 1990.

KRAUSE, K. P.; HILL, L.; REIMHOLZ, R.; HAMBORG NIELSEN, T.; SONNEWALD, U.; STITT, M. Sucrose metabolism in cold-stored potato tubers with decreased expression of sucrose phosphate synthase. **Plant, Cell and Environment**, v.21, n.3, p. 285-299, 1998.

KUTSCHERA, U. Osmotic relations during elongation growth in hypocotyls of *Helianthus annuus* L. **Planta**, v.184, p. 61-66, 1991.

LE DILY, F.; VILLENEUVE, F.; BOUCAUD, J. Qualite et maturite de la racine de carotte: Influence de la conservation au champ et au froid humide sur la composition biochimique. **Acta horticultrae**, n.354 (June, 1994), p. 187-199, 1993.

LEE, H. S.; STURM, A. Purification and characterization of neutral and alkaline invertase from carrot. **Plant Physiology**, v.112, n.4, p. 1513-1522, 1996.

LOWELL, C.; TOMLINSON, P.; KOCH, K. Sucrose-metabolizing enzymes in transport tissues and adjacent sink structures in developing citrus fruit. **Plant Physiology**, v.90, n.4, p. 1394-1402, 1989.

LURIE, S.; LAAMIM, M.; LAPSKER, Z.; FALLIK, E. Heat treatments to decrease chilling injury in tomato fruit. Effects on lipids, pericarp lesions and fungal growth. **Physiologia Plantarum**, v.100, p. 297-302, 1997.

LYONS, J. M.; BREIDENBACH, R. W. Chilling injury. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest Physiology of Vegetables**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1987. p. 305-326.

LYONS, J. M.; RAISON, J. K. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissues sensitive and resistant to chilling injury. **Plant Physiology**, v.45, p. 386-389, 1970.

MARANGONI, A. G.; PALMA, T.; STANLEY, D. W. Membrane effects in postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, v.7, p. 193-217, 1996.

MARANGONI, A. G.; SMITH, A. K.; YADA, R. Y.; STANLEY, D. W. Ultrastructural changes associated with chilling injury in mature-green tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, n.6, p. 958-962, 1989.

MARHART III, A. H. Chilling injury: A review of possible causes. **HortScience**, v.21, n.6, p. 1329-1333, 1986.

MARQUEZ, G.; AÑON, M. C. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. **Journal of Food Science**, v.51, n.1, p. 157-160, 1986.

MASUDA, H.; TAKAHASHI, T.; SUGAWARA, S. The occurrence and properties of alkaline invertase in mature roots of sugar beets. **Agricultural Biology Chemistry**, v.51, p. 2309-2314, 1987.

MATHOOKO, F. M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p. 247-264, 1996.

MATHOOKO, F. M.; KUBO, Y.; INABA, A.; NAKAMURA, R. Induction of ethylene biosynthesis and polyamine accumulation in cucumber fruit in response to carbon dioxide stress. **Postharvest Biology and Technology**, v.5, p. 51-65, 1995.

MERCER, M. D.; SMITTLE, D. A. Storage atmospheres influence chilling injury and chilling injury-induced changes in cell wall polysaccharides of cucumber. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, n.6, p. 930-933, 1992.

MIRON, D.; SHAFFER, A. A. Sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase activities in developing fruit of *Lycopersicon esculentum* Mill. and the sucrose accumulating *Lycopersicon hirsutum* Humb. and Bonpl. **Plant Physiology**, v.95, p. 623-627, 1991.

MOLEYAR, V.; NARASIMHAM, P. Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, v.31, n.4, p. 267-278, 1994.

MONTALDO, A. Arracacha. In: MONTALDO, A. (Ed.). **Cultivo de raices y tuberculos tropicales**. San Jose: IICA. 1991, p. 297-303.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p. 375-380, 1944.

NILSSON, T. Carbohydrate composition during long-term storage of carrots as influenced by the time of harvest. **Journal of Horticultural Science**. v.62, p. 191-203.1987.

OLDÉN, B.; NILSSON, T. Acid and alkaline invertase activities in carrot during root development and storage. **Swedish Journal of Agricultural Research**, v.22, p. 43-47, 1992.

PEREIRA, A. S. Mandioquinha-salsa: alimento protéico, energético ou nutracêutico?. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p. 246-249, novembro, 2000.

PEREIRA, A. S.; CAMPOS, A. Teor de açúcar em genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p. 13-16, 1999.

PHAN, C. T. Use of plastic films in the storage of carrots. **Acta Horticulturae**, v.38, n.1, p. 345-350, 1974.

PHAN, C. T.; HSU, H. Physical and chemical changes occurring in the carrot root during growth. **Canadian Journal of Plant Science**, v.53, n.4, p. 629-634, 1973.

PICHA, D. H. Influence of storage duration and temperature on sweet potato sugar content and chip color. **Journal of Food Science**, v.51, n.1, p. 239-240, 1986.

PICHA, D. H. Carbohydrate changes in sweet potatoes during curing and storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, n.1, p. 89-92, 1987a.

PICHA, D. H. Chilling injury, respiration, and sugar changes in sweet potatoes stored at low temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, n.3, p. 497-502, 1987b.

POLLOCK, C. J.; AP REES, T. Effect of cold on glucose metabolism by callus and tubers of *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**, v.14, n.9, p. 1903-1906, 1975.

PRESSEY, R.; SHAW, R. Effect of temperature on invertase, invertase inhibitor and sugars in potato tubers. **Plant physiology**, v.41, n.10, p. 1657-1661, 1966.

PRITCHARD, M. K.; ADAM, L. R. Preconditioning and storage of chemically immature Russet Burbank and Shepody potatoes. **American Potato Journal**, v.69, p. 805-815, 1992.

PRITCHARD, M. K.; ADAM, L. R. Relationships between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. **American Potato Journal**, v.71, p. 59-68, 1994.

PURVIS, A. C.; KAWADA, K.; GRIERSON, W. Relationship between midseason resistance to chilling injury and reducing sugar level in grapefruit peel. **HortScience**, v.14, n.3, p. 227-229, 1979.

- RANWALA, A. P.; IWANAMI, S. S.; MASUDA, H. Acid and neutral invertases in the mesocarp of developing muskmelon (*Cucumis melo* L. cv Prince). **Plant Physiology**, v.96, n.3, p. 881-886, 1991.
- RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T. Características econômicas da produção e comercialização da mandioquinha-salsa em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p. 8-10, 1997.
- RICARDO, C. P. P.; AP REES, T. Invertase activity during the development on carrot roots. **Phytochemistry**, v.9, n.2, p. 239-247, 1970.
- RICHARDSON, R. L.; DAVIES, H. V.; ROSS, H. A.; MACKAY, G. R. Invertase activity and its relation to hexose accumulation in potato tubers. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p. 95-99, 1990.
- RUTHERFORD, P. P. Some biochemical changes in vegetables during storage. **Annals of Applied Biology**, v.98, p. 538-541, 1981.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4 Ed. Belmont: Wadsworth, Inc., 1991. 682 p.
- SANTOS, F. F. dos. A cultura da mandioquinha-salsa no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p. 5-7, 1997.
- SCALON, S. P. Q.; HEREDIA, Z. N. A.; VIEIRA, M. C. Conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa em atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, 1998. Resumo 303.
- SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA, Z. N. A. Conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa tratadas na pré-colheita com cálcio e armazenada sob refrigeração em atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, 2001. Resumo 64.
- SCHADEL, W. E.; WALTER JR., W. M. Localization of phenols and polyphenol oxidase in 'Jewel' sweet potatoes (*Ipomoea batatas* 'Jewel'). **Canadian Journal of Botany**, v.59, p. 1961-1967, 1981.
- SCHEER, A. Reducing the water loss of horticultural and arable products during long term storage. **Acta Horticulturae**, n.368 (parte 1), 511-522, 1994.
- SCHWOBE, M. A.; PARKIN, K. L. Effect of low temperature and modified atmosphere storage on sugar accumulation in potatoes (*Solanum tuberosum*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v.14, p. 241-252, 1990.
- SILVA, F. M.; CHAU, K. V.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A. Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, n.1, p. 1-9, 1999.
- SOMOGY, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, v.95, p. 19-23, 1952.

STURM, A. Invertases: Primary structures, functions, and roles in plant development and sucrose partitioning. **Plant Physiology**, v.121, n.1, p. 1-7, 1999.

STURM, A.; SEBKOVÁ, V.; LORENZ, K.; HARDEGGER, M.; LIENHARD, S.; UNGER, C. Development and organ-specific expression of the genes for sucrose synthase and three isoenzymes of acid β -fructofuranosidase in carrot. **Planta**, v.195, p. 601-610, 1995.

STURM, A.; TANG, G. Q. The sucrose-cleaving enzymes of plants are crucial for development, growth and carbon partitioning. **Elsevier Science**, v.4, n.10, p. 401-407, 1999.

STURM, A.; CHRISPPEELS, M. J. C. cDNA cloning of carrot extracellular B-fructosidase and its expression in response to wounding and bacterial infection. **The Plant Cell**, v.2, p. 1107-1119, 1990.

SUOJALA, T. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. **HortScience**, v.85, p.1-19, 2000.

SVANBERG, S. J. M.; NYMAN, E. M. G.; ANDERSSON, R.; NILSSON, T. Effects of boiling and storage on dietary fibre and digestible carbohydrates in various cultivars of carrot. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.73, p. 245-254, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. Ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., 1998. 792 p.

TANG, G. Q.; LUSCHER, M.; STURM, A. Antisense repression of vacuolar and cell wall invertase in transgenic carrot alters early plant development and sucrose partitioning. **The Plant Cell**, v.11, p. 177-189, 1999.

TELES, F. F. F.; SALES FILHO, J. B.; GIUDICE, M. L. P.; BORGES, V. E. L. Carboidratos digeríveis de algumas tuberosas comercializadas em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.33, n.186, p. 189-193, 1986.

THOMASHOW, M. F. Molecular genetics of cold acclimation in higher plants. **Advances Genetic**, v.28, p. 99-131, 1990.

THOMPSON, A. K. Reduction of losses during the marketing of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). **Acta Horticulturae**, n.116 (October, 1981), p. 55-60, 1980.

TREVANION, S. J.; KRUGER, N. J. Effect of temperature on the kinetic properties of pyrophosphate:fructose-6-phosphate phosphotransferase from potato tuber. **Journal of Plant Physiology**, v.137, p. 753-759, 1991.

VAKIS, N.; GRIERSON, W.; SOULE, J. Chilling injury in tropical and subtropical fruits. III. The role of CO₂ in suppressing chilling injury of grapefruit and avocados. **Proceeding of the Tropical Regional American Society for Horticultural Science**. v.14, p. 89-100, 1970.

VIOLA, R.; DAVIES, H. V. Effect of temperature on pathways of carbohydrate metabolism in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Science**, v.103, p. 135-143, 1994.

- WANG, C. Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. **HortScience**, v.17, n.2, p. 173-186, 1982.
- WANG, C. Y. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. **Horticulture Reviews**, v.15, p. 63-95, 1993.
- WANG, C. Y.; QI, L. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, n.3, p. 195-200, 1997.
- WARDOWSKI, W. F.; GRIERSON, W.; EDWARDS, G. J. Chilling injury of stored limes and grapefruit as affected by differentially permeable packaging films. **HortScience**, v.8, n.3, p. 173-175, 1973.
- WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of cotton plant. I. The field. Measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, p. 81-97, 1950.
- WEICHMANN, J. Physiological response of root crops to controlled atmospheres. Mich. State Univ. **Hort. Report**, v.28, p. 122, 1977.
- WEICHMANN, J. **Postharvest Physiology of vegetables**, New York: Macel Dekker, Inc., 1987. 597p.
- WEICHMANN, J.; AMMERSEDER, E. Influence of CA storage conditions on carbohydrate changes in carrots. **Acta Horticulturae**, v.38, n.1, p. 339-344, 1974.
- WINTER, H.; HUBER, S. C. Regulation of sucrose metabolism in higher plants: Localization and relation of activity of key enzymes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.19, n.1, p. 31-67, 2000.
- WYSE, R. Enzymes involved in the postharvest degradation of sucrose in *Beta vulgaris* L. root tissue. **Plant Physiology**, v.53, n.3, p. 507-508, 1974.
- XU, D-P.; SUNG, S-J.; LOBODA, T.; KORMANIK, P. P.; BLACK, C. C. Characterization of sucrolysis via the uridine diphosphate and pyrophosphate-dependent sucrose synthase pathway. **Plant Physiology**, v.90, p. 635-640, 1989.
- YOUNG, R. Induction of dormancy and cold hardiness in citrus. **HortScience**, v.5, n.5, p. 411-413, 1970.
- YUPANQUI, A. T. Poscosecha de las raices andinas com enfasis en el manejo del producto fresco: arracacha, achira, maca, yacon, chago y ajipa. In: **Seminário, J., Comp. Produccion de raices andinas. Manual de capacitacion**, Lima: CIP, p. 24.1-24.10, 1998.
- ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v.42, n.9, p. 70-77, 1988.
- ZANIN, A. C. W.; CASALI, V. W. D. Origem, distribuição geográfica e botânica da mandiocinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p. 9-11, 1984.

ZRENNER, R., SHULER, K., SONNEWALD, U. Soluble acid invertase determines the hexose-to-sucrose ratio in cold-stored potato tubers. **Planta**, v.198, p. 246-252, 1996.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A. Teor relativo de água nas raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí' e 'Roxa de Viçosa', apresentando perdas de massa fresca de 0 a 40%, utilizados na determinação da equação de regressão linear para obtenção dos teores relativos de água das raízes armazenadas a 5 e 10°C, com e sem PVC, durante 60 dias.

| Perda de massa fresca (%) | Teor relativo de água (%) |
|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 93,24 |
| 5 | 90,29 |
| 10 | 89,32 |
| 15 | 85,56 |
| 20 | 78,31 |
| 25 | 77,86 |
| 30 | 71,96 |
| 40 | 63,02 |