

**QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE MILHO
MINIMAMENTE PROCESSADO**

ALEXANDRA MARA GOULART NUNES MAMEDE

2007

ALEXANDRA MARA GOULART NUNES MAMEDE

**QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE MILHO MINIMAMENTE
PROCESSADO**

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

Orientador

Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Mamede, Alexandra Mara Goulart Nunes.

Qualidade e vida útil de milho minimamente processado / Alexandra
Mara Goulart Nunes Mamede. -- Lavras : UFLA, 2007.

187 p. : il.

Orientador: Adimilson Bosco Chitarra.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Milho doce. 2. Milho verde. 3. *Zea mays* L. 4. Refrigeração. 5. Atmosfera controlada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.0285

ALEXANDRA MARA NUNES MAMEDE

QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE MILHO MINIMAMENTE PROCESSADO

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

APROVADA em 20 de abril de 2007

Dr. Marcos José de Oliveira Fonseca Embrapa Agroindústria de Alimentos

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima UFLA

Prof Dr. Adimilson Bosco Chitarra
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A minha mãe, Nadja, ao meu pai, Alexandre, pelo amor incondicional que foi fundamental nesta conquista, pelo apoio, dedicação e confiança que nortearam minha vida e me fizeram progredir. Ao meu namorado, Deivison, com quem compartilhei alegrias e angústias, obrigada pelo amor e compreensão.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, possibilitando mais uma vitória.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela oportunidade de realização deste trabalho, dando todo o suporte necessário para a execução dos experimentos.

À Embrapa Milho Sorgo, pelo plantio da matéria-prima necessária.

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

Ao orientador, Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra, meus sinceros agradecimentos pela orientação, amizade, oportunidade e confiança em mim depositada.

Ao co-orientador, Dr. Marcos José de Oliveira Fonseca, meus sinceros agradecimentos pela orientação, amizade, dedicação a este trabalho e pelo apoio nos momentos de decisão.

Aos professores Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas e Luiz Carlos de Oliveira Lima, que tantas vezes me atenderam gentilmente, pelos ensinamentos, atenção, paciência e amizade.

Aos professores Dr. Augusto Ramalho e Paulo César Lima, pelas sugestões nas análises estatísticas.

À professora Roberta, pela ajuda com os resultados microbiológicos.

Aos demais professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, pelos ensinamentos que contribuíram sobremaneira para a melhoria de minha formação profissional.

Ao pesquisador Dr. Antônio Gomes Soares, pela orientação, amizade e ajuda nos momentos de dúvida, durante a montagem dos experimentos.

Ao pesquisador Dr. Ronoel Luiz Godoy, pela orientação e ajuda nas análises de açúcares e carotenóides.

Às Pesquisadoras Dra. Regina Modesta e Dra. Regina Siqueira, pela ajuda e disponibilidade dos laboratórios para a realização de análises.

A todos os colegas da UFLA, que deixarão saudades, em especial Cibelle, Daniella, Clarissa, Luiz, Nélio, Ana Carla, Brígida, Geny, Gustavo, Daniel e Juliana Audi, pela amizade e pelo companheirismo, durante a minha estadia em Lavras.

Especialmente à amiga Julia, pela ajuda nos momentos mais difíceis, pelos conselhos e pela casa sempre aberta para me receber. Espero que nossa amizade, mesmo de longe, permaneça para sempre em nossos corações. Adoro você.

Aos técnicos de nível superior e assistentes de pesquisa Henriqueta Talita, Mário Ferreira, Marco Antunes, Manuela Araújo, Jeane Santos, Sidney Pacheco, Aline Leandro, José Carlos, Simone, Flávia e Ivan, pela amizade e incomparável colaboração na execução dos experimentos.

Aos estagiários da Planta V e do Laboratório de Cromatografia Líquida, Aline Brugger, Paulo, Jaime, Marcelo, Guilherme, Márcio, Guilherme, Eduardo, Evelyn, Élide, Andressa, Augusto, Maia, Aline, Vinícius e Cíntia, pela amizade e ajuda, sempre que puderam, ao longo do ano de 2006, meus sinceros agradecimentos.

Ao pesquisador Otniel Freitas e ao assistente de pesquisa Flávio Quitério, pela amizade e ajuda sempre que necessário.

À bibliotecária Luciana Sampaio, pela ajuda e pela boa vontade para conseguir as bibliografias necessárias.

Em especial aos meus pais, Alexandre e Nadja; ao meu namorado, Deivison; ao meu irmão, Carlos Frederico, meus avós, Elza, Carlos, Diva e

Amide, por todo o amor, por todo o carinho e apoio, e por serem a melhor família que eu poderia ter...

A todos que, embora não citados, contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução Geral.....	02
2 Revisão de Literatura.....	05
2.1 Aspectos gerais: milho verde.....	05
2.2 Colheita do milho verde.....	07
2.3 Milho verde com endosperma normal.....	08
2.4 Milho com endosperma doce.....	09
2.5 Carotenóides em milho verde.....	15
2.6 Produtos minimamente processados.....	18
2.6.1 Conceito e considerações gerais.....	18
2.6.2 Mercado.....	19
2.6.3 Qualidade da matéria-prima.....	21
2.6.4 Conseqüências fisiológicas e nutricionais do processamento mínimo	22
2.6.5 Aspectos microbiológicos e sanificação.....	24
2.7. Controle de temperatura e umidade relativa.....	27
2.8 Armazenamento sob atmosfera controlada e modificada.....	33
3 Referências Bibliográficas.....	39
CAPÍTULO 2: Milho verde minimamente processado: conservação pós- colheita em diferentes temperaturas.....	49
Resumo.....	50
Abstract.....	51
1 Introdução.....	52

2	Material e Métodos.....	54
2.1	Matéria-prima.....	54
2.2	Processamento mínimo.....	54
2.3	Análises físicas, químicas e físico-químicas.....	57
2.3.1	Determinação de perda de massa.....	57
2.3.2	Determinação instrumental da cor (L* e b*).....	57
2.3.3	Determinação de firmeza.....	57
2.3.4	Determinação dos sólidos solúveis	58
2.3.5	Determinação de pH.....	58
2.3.6	Determinação de Acidez titulável	58
2.3.7	Determinação de umidade.....	59
2.3.8	Determinação de glicose, frutose e sacarose.....	59
2.3.9	Delineamento experimental.....	59
3	Resultados e Discussão.....	61
4	Conclusão	83
5	Referências Bibliográficas	84
CAPITULO 3: Milho doce minimamente processado: conservação pós-colheita em diferentes temperaturas.....		
	Resumo.....	89
	Abstract.....	90
1	Introdução.....	91
2	Material e Métodos.....	93
2.1	Matéria-prima.....	93
2.2	Processamento mínimo.....	93
2.3	Análises físicas, químicas e físico-químicas.....	95
2.3.1	Determinação de perda de massa.....	96
2.3.2	Determinação instrumental da cor (L* e b*).....	96
2.3.3	Determinação de firmeza.....	96

2.3.4 Determinação dos sólidos solúveis.....	97
2.3.5 Determinação de pH.....	97
2.3.6 Determinação de acidez titulável	97
2.3.7 Determinação de umidade.....	98
2.3.8 Determinação de glicose, frutose e sacarose.....	98
2.3.9 Delineamento experimental.....	98
3 Resultados e Discussão.....	100
4 Conclusão	127
5 Referências Bibliográficas	128
CAPITULO 4: Qualidade do milho doce minimamente processado:	
conservação pós-colheita sob atmosfera controlada e refrigeração.....	131
Resumo.....	132
Abstract.....	133
1 Introdução.....	134
2 Material e Métodos.....	136
2.1 Matéria-prima.....	136
2.2 Processamento mínimo.....	136
2.3 Armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada.....	138
2.4 Análises físicas, químicas e físico-químicas.....	140
2.4.1 Determinação de Perda de massa.....	141
2.4.2 Determinação dos sólidos solúveis.....	141
2.4.3 Determinação do pH.....	141
2.4.4 Determinação da acidez titulável.....	141
2.4.5 Determinação de glicose, frutose e sacarose.....	142
2.4.6 Quantificação e identificação dos carotenóides.....	142
2.4.7 Determinação instrumental da cor (L* e b*).....	143
2.4.8 Determinação de firmeza.....	144
2.4.9 Análises Microbiológicas.....	144

2.4.10 Delineamento experimental.....	146
3 Resultados e Discussão.....	148
4 Conclusão	174
5 Referências Bibliográficas	175
ANEXOS.....	179

RESUMO

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. **Qualidade e vida útil de milho verde minimamente processado**. Lavras: UFLA, 2007. 187p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)*

Os objetivos deste trabalho foram: avaliar a influência de diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) na conservação pós-colheita de milho verde minimamente processado, armazenado por 8 dias, utilizando-se quatro híbridos de milho verde, sendo dois do tipo doce (Doce Tropical e Embrapa HT1 doce) e dois do tipo normal (Ag 1051 e Embrapa HT1), e a determinação da melhor combinação atmosférica: ambiente (ou normal), 2%O₂ e 8%CO₂ e 4%O₂ e 8%CO₂, para a conservação de híbrido de milho verde do tipo doce (Embrapa HT1 doce), armazenado por 9 dias. A temperatura de 5°C foi a que melhor preservou a qualidade dos híbridos de milho verde do tipo normal estudados, por proporcionar perda de massa reduzida e maiores teores de sólidos solúveis, frutose e glicose. O híbrido Ag 1051 apresentou menor perda de massa, maiores valores de umidade e maior teor de frutose. O híbrido Embrapa HT1 apresentou maiores valores iniciais e finais para os sólidos solúveis e maior valor b*, que indica coloração amarela mais intensa. Independente da temperatura e do híbrido de milho verde do tipo normal, a acidez titulável aumentou durante o armazenamento, enquanto o pH diminuiu. O valor L* também diminuiu ao longo do armazenamento, apresentando escurecimento das espigas de milho verde do tipo normal ao longo do armazenamento. Para o processamento mínimo dos milhos verdes do tipo doce, a temperatura de 5°C foi mais eficiente na manutenção da qualidade, pois proporcionou perda de massa reduzida, maiores teores de sólidos solúveis e sacarose. A temperatura de 11°C possibilitou maiores perdas de massa, menor teor de sacarose e sólidos solúveis e maior acidez titulável, dos híbridos do tipo doce. Dos híbridos de milho verde do tipo doce, o Doce Tropical foi o mais indicado para processamento mínimo, com menores perdas de massa, menor acidez titulável e maiores teores de umidade e sacarose. Na avaliação das atmosferas controladas a 5°C, a atmosfera de 2%O₂ e 8%CO₂ foi mais eficiente na conservação pós-colheita de milho doce minimamente processado, pois proporcionou maior manutenção dos carotenóides totais e da zeaxantina, maiores valores de b* e manutenção da firmeza, menores populações de coliformes a 35°C, de bactérias aeróbias psicotróficas e de fungos filamentosos e leveduras, o que garantiu a qualidade e vida útil dos milhos verdes do tipo doce minimamente processados por 9 dias.

* Comitê Orientador: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (orientador), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (co-orientador).

ABSTRACT

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. **Quality and shelf life of fresh-cut green corn. Lavras:** UFLA, 2007. 187p. (Dissertation - Master Program in Food Science).

The objectives of this work were to evaluate the influence of different temperatures (5°C, 8°C and 11°C) on the post-harvest conservation of fresh cut green corn stored for 8 days by utilizing four different green corn hybrids, being two sweet corn (Doce Tropical e Embrapa HT1 doce) and two normal corn (Ag 1051 e Embrapa HT1), and the determination of the best atmospheric combination: room atmosphere, 2%O₂ and 8%CO₂ and 4%O₂ and 8%CO₂, for the conservation of sweet corn hybrid Embrapa HT1 doce, stored for 9 days. The temperature of 5°C was more efficient in the maintenance the quality of normal corn for providing to loss mass reduced higher values of soluble solids, fructose and glucose. The hybrid Ag 1051 presented less mass loss, higher values of moisture and higher glucose content. The hybrid Embrapa HT1 presented higher initial and final values for soluble solids and greater b* value, indicating more intense yellow coloration. Independent of the temperature and normal corn hybrid titrable acidity increased during storage, while pH decreased. The L* value also decreased along the storage, presenting darkening of the ears along the storage. For the minimal processing of sweet corn, the temperature of 5°C was more efficient in the maintenance of quality, since it presented mass loss reduced, higher contents of soluble solids and sucrose. The temperature of 11°C made possible higher mass losses, less content of sucrose and soluble solids and higher titrable acidity, of the sweet corn hybrids. The temperature of 11°C presented higher mass losses, less content of sucrose and soluble solids and higher titrable acidity. Of the sweet corn hybrids, the Doce Tropical was the most convenient for minimal processing, with less mass loss, lower titrable acidity and higher contents of moisture and sucrose. In the evaluation of the controlled atmospheres at 5°C, the atmosphere of 2%O₂ and 8%CO₂ was the most efficient in the post-harvest conservation of fresh cut sweet corn, since it presented greater maintenance of total carotenoids and zeaxanthine, higher values of b* and maintenance of the firmness and lower populations of coliforms at 35°C, of psychrotrophic aerobic bacteria and filamentous fungi and yeasts, that guaranteed the quality and the shelf life of fresh-cut sweet corn for 9 days.

Guidance Committee: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (Adviser), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (Co-adviser).

CAPÍTULO 1

QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE MILHO MINIMAMENTE PROCESSADO

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea maiz* L.) é uma das culturas mais importantes no mundo, em função de sua produtividade, composição química e valor nutritivo (Oliveira JR. et al., 2006a). Quando colhido para consumo humano, é comumente chamado de milho verde. Para tanto, pode ser cultivado o milho com endosperma normal ou o milho com endosperma doce.

O milho é utilizado na alimentação humana na forma de grãos secos e verdes. Em grãos verdes, para consumo *in natura*, é conhecido popularmente como milho-verde. No Brasil, seu consumo é tradicional tanto *in natura* (cozido ou assado), como enlatado e processado em forma de pamonha, de curau, de suco, de bolo, de sorvete, entre outros produtos tradicionais, durante o ano todo.

Como toda hortaliça, o milho verde requer procedimentos de colheita e distribuição bem dinâmicos, porque é altamente perecível, podendo perder suas características comerciais em poucas horas, dependendo das condições a que estiver exposto.

Existe uma tendência mundial para o consumo de alimentos cada vez mais naturais e práticos, valorizando, desse modo, o sabor original dos produtos. Assim, o consumidor, disposto a pagar mais pela qualidade, demonstra um nível de exigência cada vez maior. Isso resulta na demanda cada vez maior dos alimentos minimamente processados que unem a praticidade e a conveniência, proporcionando economia de tempo no preparo dos alimentos.

Embora o processamento seja mínimo e a tecnologia aparentemente simples, há uma série de cuidados para que os produtos minimamente processados apresentem o frescor esperado, sejam seguros para a saúde e tenham vida útil comercialmente viável. Frutas e hortaliças minimamente processadas são perecíveis e demonstram rápida perda da qualidade, como consequência de

injúrias aos tecidos decorrentes das operações como descascamento, corte, fracionamento, etc.

No caso do milho verde, a sanificação das espigas, a retirada da palha e dos estigmas e o corte das extremidades, já caracteriza o produto como minimamente processado, mesmo que requeira cozimento para ser consumido.

O milho verde *in natura*, limpo e embalado, vem se destacando no mercado de produtos minimamente processados, mas carece de critérios para seu processamento. A temperatura, a umidade relativa e a composição da atmosfera de armazenamento determinam, em grande parte, o limite máximo de vida útil pós-colheita dos produtos hortícolas, principalmente dos minimamente processados, o que não é diferente no caso do milho verde.

As atmosferas controlada e modificada são técnicas utilizadas para manter a qualidade de produtos hortícolas pela modificação do ar atmosférico. Geralmente associada a baixas temperaturas, a modificação da atmosfera consiste na redução de O₂ e na elevação de CO₂, tendo efeito direto sobre a atividade respiratória dos produtos, podendo retardar as alterações bioquímicas durante seu amadurecimento, caso seja realizado ajuste adequado dos níveis tolerados pelo tecido vegetal.

Como o milho verde é extremamente perecível, devido ao seu alto teor de água (70% a 80% de umidade), ele desidrata-se rapidamente e sua preservação torna-se possível via redução da temperatura e da disponibilidade de oxigênio pela adoção de controle da atmosfera.

Muito se tem pesquisado com relação à recomendação de cultivares de milho no Brasil, porém, pouca atenção tem sido dada à pesquisa sobre pós-colheita de milho verde (Alves et al., 2004). Com o desenvolvimento de tecnologias para a pós-colheita do milho verde, é possível subsidiar a adoção de dessas tecnologias pelos componentes da cadeia produtiva, desde o pequeno produtor, até o varejista, para a redução das perdas, a manutenção da qualidade, a agregação de valor e o maior retorno da atividade.

Os objetivos deste trabalho foram:

- determinar a melhor temperatura de refrigeração, entre 5°C, 8°C e 11°C, para a conservação de quatro híbridos de milho verde, sendo dois do tipo doce e dois do tipo normal;
- determinar a melhor combinação atmosférica (normal, 2%O₂ e 8%CO₂ e 4%O₂ e 8%CO₂) associada à temperatura de refrigeração definida na primeira etapa, para a manutenção da qualidade e extensão da vida útil de híbrido de milho verde do tipo doce, com o objetivo de desenvolver sistema de embalagem com atmosfera modificada adequada ao produto.

Em ambos os objetivos, as espigas de milho não foram embaladas, mas somente colocadas sobre bandeja de poliestireno (isopor), pois não poderia haver interferência da atmosfera modificada gerada por filmes plásticos nos resultados destes experimentos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais: milho verde

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família *Graminae*, originária da América Central. Atualmente, representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (Fancelli & Dourado Neto, 2000 citado por Rodrigues & Von Pinho, 2002).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de milho, atrás dos EUA, China e União Européia, com 5% da produção total, possuindo representatividade em todo território nacional (Rigon et al., 2006; Oliveira JR. et al, 2006). Segundo a Conab, para a safra de 2006/2007, a produção de milho verde deverá ficar entre 41,9 e 42,9 milhões de toneladas, significando um ganho entre 0,6% (256,7 mil toneladas) e 3,0% (1.232,5 mil toneladas) em relação à safra de 2005/2006. A Região Centro-Sul responde por 89,5% da produção nacional, em média (Conab, 2006).

Como o milho verde tem maior valor de comercialização quando comparado com o milho destinado para grãos, sua produção tem obtido resultados expressivos de produtividade e rentabilidade (Rodrigues & Von Pinho, 2002). Por isso, é uma alternativa para o pequeno empresário rural agregar valor ao seu produto, pois muitas vezes o acesso à tecnologia é limitado, devido a sua baixa capacidade de investimento. Segundo Inaba & Pasin (1996), no Vale do Paraíba, SP, o pequeno empresário rural, quando comercializava uma saca de milho verde (60 espigas médias), à época daquele trabalho, obtinha rentabilidade de 57,64% do capital investido na safra, por hectare. Já para o comércio da saca de milho em grão (60

quilos), o resultado foi negativo em R\$ 255,40, nas mesmas condições de plantio.

Os produtores também aproveitam o resto da planta para silagem, aumentando o rendimento da atividade. Outro fato importante é que a produção de milho verde absorve mão-de-obra familiar, contribuindo para a manutenção e a geração de empregos em pequenas e médias propriedades, principalmente na época da colheita (Rodrigues & Von Pinho, 2002).

Têm-se utilizado, para o consumo do milho verde, cultivares comumente recomendadas para a produção de grãos. Entretanto, esse tipo de milho não satisfaz às exigências do mercado comprador de milho verde em saca com palha e nem do comercializado sem palha, em bandejas com filme plástico. Dessa forma, a crescente demanda por milho verde de qualidade obrigou as empresas produtoras de sementes de milho para grãos a desenvolver cultivares que atendam às exigências do mercado consumidor quanto às seguintes características: grãos dentados amarelos, espigas grandes e cilíndricas, sabugo claro e fino, pericarpo delicado e espigas bem empalhadas, com longevidade de colheita e boa resistência à lagarta-da-espiga (*Heliothis zea*) (Arias et al., 2004; Fornasiere Filho et al., 1988; Pereira Filho & Cruz, 2002).

A demanda pelo milho verde *in natura* descascado e embalado em bandejas cobertas com filme de PVC esticável vem crescendo dia a dia. Nessa forma, o produto é comercializado nos balcões refrigerados dos supermercados. Entretanto, não existem recomendações baseadas em resultados de pesquisa para a comercialização do produto com alta qualidade pós-colheita (Pereira Filho & Cruz, 2003).

No contexto milho verde, além daquele com endosperma normal, insere-se também o milho com endosperma doce, que é consumido na forma de milho verde “in natura” ou industrializado. No entanto, muitas receitas em que se utiliza o milho verde comum não se aplicam ao milho doce, devido ao seu

elevado teor de açúcar e à sua baixa quantidade de amido. Essa espécie também não é utilizada na forma de grãos secos, a não ser para sementes (Pereira Filho, 2003).

2.2 Colheita do milho verde

Para consumo *in natura*, o milho deve ser colhido no ponto em que os grãos estão na fase leitosa, conhecido como “ponto de milho verde”. Nesse ponto, ou próximo a esse, é possível o consumo direto após cozimento da espiga, ou o preparo de pratos como pamonha, curau, bolos, sorvetes e outros (Sawazaki et al., 1979).

Pereira Filho & Cruz (2003) relatam que o milho verde deve ser colhido com os grãos no estado leitoso, apresentando de 70% a 80% de umidade. Já o milho doce deve ser colhido entre 70% a 75% de umidade, de preferência nas primeiras horas da manhã, com umidade do ar ainda alta e temperatura amena.

A uniformidade em relação ao teor de umidade para o milho doce é de fundamental importância, uma vez que, se colhido mais duro e abaixo da umidade ideal perde em qualidade devido à inversão dos açúcares, sendo indesejável tanto para o consumidor do milho doce fresco como para a indústria (Pereira Filho & Cruz, 2003).

A época de colheita é muito variável, em função das condições climáticas resultantes de diferentes épocas de semeadura ou da região onde a lavoura foi instalada. De modo geral, verifica-se que, nos plantios de verão, quando a lavoura se desenvolve em condições de temperaturas mais elevadas, a colheita poderá ser realizada entre 70 a 90 dias após o plantio ou entre 18 a 25 dias após a floração, enquanto que, nos plantios realizados nos meses mais frios o ciclo pode se prolongar, com colheita chegando até 120 dias (Pereira Filho & Cruz, 2003).

Segundo Sawazaki et al. (1979), uma indicação mais objetiva da época ou ponto de colheita é feita pela contagem do número de dias após a polinização

(DAP), sendo o intervalo ótimo entre 19 a 23 DAP, para as cultivares de milho normal e 18 a 25 DAP, para milho doce, na região de Pariquera-Açu, SP.

Segundo Wong et al. (1994), o ponto de colheita do milho doce ocorre aos 21 dias após a polinização, para os híbridos estudados, na região de Illinois (EUA), quando o teor de açúcares é maior. Aos 20 dias após a polinização, os mesmos autores encontraram teores de umidade entre 73,1% e 76,8% para os híbridos estudados, sugerindo que estes possuem diferentes períodos de tempo para a maturação. Retardando-se a colheita para 29 dias, observaram redução de 5,2% nos teores de umidade e 30% no teor de açúcares.

2.3 Milho verde com endosperma normal

Há pouca literatura científica sobre o milho verde comum, especialmente em fisiologia e manuseio pós-colheita. Segundo Marcos et al. (1999), para se alcançar sucesso na tecnologia de pós-colheita de milho verde, é necessário ter conhecimento do seu processo fisiológico, bem como sua composição química, que pode variar em função do genótipo, do tipo de solo onde foi cultivado, dos fertilizantes utilizados, das condições climáticas e do estágio de maturação. É preciso lembrar que o metabolismo da espiga continua ativo, mesmo depois da colheita, o qual pode ser alterado em função das condições dos locais de armazenamento.

Para o milho verde enlatado ou cozido na espiga, a textura, o aroma e o sabor dos grãos são os principais fatores que levam à aceitação pelo consumidor (Paes et al., 2004).

Segundo Marcos et al. (1999), a composição em amido e polissacarídeos solúveis em água, açúcares redutores e sacarose no milho está intimamente relacionada com o seu estágio de maturação.

Tsai et al. (1970) estudaram a quantidade de amido, sacarose e açúcares redutores no milho normal, entre o 8º e o 28º DAP e verificaram que, no 8º e

10° DAP, existiam pequenas quantidades de amido. A quantidade de amido aumentou rapidamente do 12° até o 28° DAP, passando de 17% para 97% dos carboidratos. Entre o 8° e o 10° DAP, os açúcares redutores representavam cerca de 92% e 81% dos carboidratos, respectivamente, diminuindo gradativamente após este período, até constituírem menos de 1% dos carboidratos totais no 28° DAP. A sacarose atingiu valor máximo em torno do 12° DAP, representando cerca de 35% dos carboidratos, diminuindo de forma constante a partir daí, paralelamente ao grande aumento de amido, chegando ao 28° DAP com 1,95% dos carboidratos.

Creech (1968), citado por Marcos et al. (1999), verificou que, no milho normal, os açúcares totais aumentam até o 15° DAP e diminuem durante o amadurecimento, com maior presença dos açúcares redutores nos primeiros estádios de maturação.

No milho normal, há uma relação entre umidade, açúcares redutores, sacarose, amido e peso seco total durante o desenvolvimento do grão, isto é, a umidade decresce continuamente, enquanto o amido e a matéria seca total aumentam (Marcos et al., 1999). Creech (1965) verificou correlações negativas entre o teor de açúcares totais, açúcares redutores e sacarose com a matéria seca e o amido, indicando os açúcares como compostos precursores do amido.

2.4 Milho verde com endosperma doce

O milho doce é um tipo especial de milho, de alto valor nutricional. Ele é mais rico em açúcares simples que o milho verde comum, pois possui genes que provocam a redução da síntese de amido, o que causa acúmulo de açúcares solúveis no endosperma do grão. Este baixo teor de amido o torna mais perecível que o milho normal, não sendo indicado para a elaboração de pratos como pamonha e curau (Valenti et al., 2002).

O milho doce é uma hortaliça altamente perecível, devido à sua elevada

atividade metabólica no período pós-colheita, sendo suscetível à dessecação do grão, à perda de doçura, à descoloração da palha e ao desenvolvimento de patógenos (Rodov et al., 2000; Moretti & Henz, 2003).

A qualidade do milho doce é controlada, principalmente, pelo genótipo, pelos constituintes do grão, pelo estágio de maturação e pelas condições de armazenamento pós-colheita. Entre os constituintes do grão, a umidade e os carboidratos são os principais determinantes da qualidade do produto fresco (Aung et al., 1992).

O teor de açúcares, notadamente a sacarose, é o principal determinante da qualidade do produto (Moretti & Henz, 2003).

A quantidade de sacarose originalmente presente no milho doce, logo após a colheita, pode diminuir 40%-60%, em 24 horas (Amir et al., 1971). Segundo Evensen & Boyer (1986), esta redução dos açúcares, depois da colheita, pode ser minimizada pelo resfriamento rápido, armazenamento em baixas temperaturas e o uso de cultivares com modificação genética no metabolismo dos carboidratos.

Porém, segundo Scapim et al. (1995) e Oliveira Junior et al. (2006b), a qualidade do milho-doce é avaliada não só pelo teor de açúcar como também pela textura dos grãos. A textura é uma característica determinante na aceitação e nas condições de processamento, uma vez que todas as cultivares de milho-doce apresentam engrossamento da textura no decorrer da maturação, em maior ou menor proporção.

Segundo Wong et al. (1994), os componentes primários de qualidade do milho doce, associados à preferência dos consumidores, são o sabor, a textura e o aroma. Os autores relatam que a doçura é o principal constituinte do sabor distinguido pelos consumidores, sendo o teor de sacarose o principal componente responsável por este, com menores quantidades de glicose e frutose, podendo a maltose estar presente em algumas cultivares (Zhu et al., 1992).

Quanto à textura, esta é determinada, sobretudo pelo pericarpo tenro, pelos níveis de polissacarídeos solúveis ou fitoglicogênio solúvel em água e pelo teor de umidade do grão. O componente volátil dimetil sulfeto (DMS) é o principal responsável pelo aroma, de acordo com teste feito por provadores treinados em estudo feito por Wiley (1985) citado por Wong et al. (1994), cujo teor é reduzido significativamente após a colheita.

O milho doce pode ser acondicionado como conserva (enlatado), o que o caracteriza como produto processado, congelado na forma de espigas ou grãos, ou *in natura*, forma pela qual pode ser encontrado com a palha ou em bandejas com ou sem palha com revestimento plástico, assim como o milho verde de endosperma normal. A retirada da palha o caracteriza como minimamente processado. Após a colheita, a palhada pode ser utilizada para silagem (Pereira Filho & Cruz, 2003; Oliveira Junior et al., 2006b).

As características exigidas pelo mercado consumidor de milho doce e superdoce diferenciam-se do milho verde normal, especialmente quanto ao teor de açúcar. Para a indústria, maior teor de açúcar e menor teor de amido têm sido a preferência, o que também é desejado para o consumo *in natura*. Como já citado, a característica “maior teor de açúcar” inviabiliza o processamento de alguns pratos, como o cural e a pamonha, devido ao baixo teor de amido. O milho normal tem em torno de 3% de açúcar e entre 60% e 70% de amido, enquanto o milho doce tem de 9% a 14% de açúcar e de 30 a 35% de amido e o superdoce tem em torno de 25% de açúcar e de 15% a 25% de amido. Quanto a esse tipo de milho, o produtor deve procurar uma cultivar que seja mais resistente à transformação dos açúcares em amido e ao murchamento (Pereira Filho et al., 2003).

O milho doce é caracterizado por possuir, pelo menos, um dos oito genes mutantes atuam na síntese de carboidratos no endosperma. Os principais genes são *Shrunken (sh2)*, localizado no cromossomo 3, *Brittle (bt)*, no cromossomo 5,

e *Sugary Enhancer (se)*, *Sugary (su)* e *Brittle-2 (bt2)*, todos no cromossomo 4. Existem, ainda os genes *Dull (du)*, no cromossomo 10, *Waxy (wx)*, no cromossomo 9 e *Amylose Extender (ae)*, no cromossomo 5. Todos podem atuar de forma simples ou em combinações duplas ou triplas (Tracy, 1994).

O milho doce é um dos mais populares vegetais nos Estados Unidos e no Canadá. Seu consumo tem crescido na Ásia, Europa e América do Sul (Tracy, 2000; Hallauer, 2004), possuindo grande importância econômica. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos relatou que o seu consumo cresceu 62% desde a última década (Lucier & Lin, 2001 citados por Hale et al., 2005a). A razão para este aumento de popularidade foi a introdução de novos genótipos, com melhora no sabor e no aroma e aumento da vida útil.

Os dois genótipos de milho doce que dominam, atualmente, o mercado norte-americano são *sugary enhancer (se)* e *shrunk-2 (sh2)*, ambos contribuíram para o aumento do seu consumo fresco (Hale et al., 2005b).

O *su* é um gene mutante recessivo do milho normal e a sua mutação afeta o último passo da síntese de amido, na formação da amilopectina. A enzima envolvida nesta mutação é a isoamilase classe DBE, resultando em acúmulo de amido reduzido e grande aumento nos polissacarídeos solúveis em água (cerca de 30 vezes), além de um menor aumento na quantidade de sólidos solúveis (cerca de 2 vezes). Híbridos homocigotos *su* são caracterizados pela rápida perda de qualidade após a colheita, devido à perda de umidade e à conversão dos açúcares em amido no endosperma (Brecht et al., 1990; Wong et al., 1994; Azanza, et al., 1996).

O *se* é um mutante do *su* que produz altos níveis de açúcar, sem comprometer os níveis de fitoglicogênio, um polissacarídeo solúvel em água, que contribui para a textura cremosa (em creme) (Hale et al., 2005a).

O *sh2* também é um gene mutante recessivo do milho normal, comumente chamado de “superdoce”. A sua mutação afeta os primeiros passos

da síntese do amido, afetando também a síntese da enzima ADP-glicose fosforilase, chave na síntese do amido, causando acúmulo de sacarose, resultando em menores níveis de polissacarídeos solúveis em água e amido, com grande aumento na quantidade de sacarose comparado aos genótipos normal, *su* e *se*. Os níveis de sacarose aumentam de 5 a 6 vezes e de 2 a 3 vezes quando comparados ao milho normal e ao *su*, respectivamente (Brecht et al., 1990; Hale et al., 2005a; Camacho et al., 2001).

Cultivares com elevado teor de açúcar são menos suscetíveis à perda do açúcar após a colheita e durante o armazenamento, aumentando o tempo de comercialização do milho doce fresco. A vida útil do *sh2* é maior em relação ao *se* devido a uma perda mais lenta dos carboidratos e da umidade após a colheita. O *sh2* é preferido por consumidores em testes sensoriais (Evensen & Boyer, 1986; Wong et al., 1994; Hale et al., 2005).

O gene *sh2*, em comparação ao *su*, possui uma textura mais suave (macia) e crocante (Camacho et al., 2001).

Hale et al., (2005b) estudaram nove cultivares de milho doce, sendo três por genótipo (*su*, *se*, *sh2*) em três diferentes maturidades (pontos de colheita): 14 DAP, 19 DAP (“ponto de milho verde”) e 24 DAP. Os teores de sólidos solúveis (SS) encontrados foram maiores para os híbridos *su* e *se*, em relação ao *sh2*, aos 19 e 24 DAP, com 24,0%, 23,8% e 15,7% de SS, para 19 DAP, respectivamente. Para 24 DAP, os SS encontrados para *su*, *se* e *sh2* foram de 28,2%, 26,9% e 14,5%, respectivamente. Ocorreram diferenças significativas entre as três colheitas para os híbridos *su* e *se*, não ocorrendo para o *sh2*. Os valores de SS foram maiores para *su* e *se*, devido ao grande acúmulo de polissacarídeos solúveis em água que estas cultivares possuem ao longo na maturação, enquanto nas cultivares *sh2*, que contem baixos valores de polissacarídeos solúveis em água, os SS permaneceram constantes.

A concentração de sacarose foi maior para todos os genótipos na colheita

mais tardia e o teor de umidade foi menor. O aumento da sacarose na colheita mais tardia é em função da mesma ser um produto intermediário na formação do amido em milho doce colhido depois do ponto de “milho verde” (Hale et al., 2005b).

O *se* e o *su* tiveram menores teores de sacarose e açúcares totais do que o *sh2* em todos os três, com 0,300; 0,412 e 0,887 g de sacarose.(100g de produto fresco)⁻¹ no 19 DAP para *se*, *su* e *sh2*, respectivamente. Não ocorreram variações nos valores de sacarose entre as colheitas com 14 e 19 DAP, para o híbrido *sh2*, devido à baixa concentração de polissacarídeos solúveis em água no *sh2* comparado ao *se* e ao *su* (Hale et al., 2005b). Como já citado anteriormente, este trabalho comprova que o teor de sacarose para híbridos *sh2* é superior, de 2 a 3 vezes, quando comparados ao *su*.

Aos 20 dias após a polinização, Wong et al. (1994) encontraram teores de sacarose variando entre 3,3 e 37,1(g.100g⁻¹) por peso seco e açúcar total entre 13,3 e 45,5(g.100g⁻¹) por peso seco, para os 24 híbridos estudados. Retardando-se a colheita para 29 dias, observa-se redução em 30% do conteúdo de açúcares. Os autores verificaram que esta grande variação dos teores de sacarose e de açúcares totais entre alguns híbridos *sh2* sugere influência da variação alélica, em outros *loci*. Zhu et al. (1992) também verificaram que a quantidade de açúcares varia com as cultivares.

O teor de sólidos solúveis (SS) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que estes vão se acumulando no fruto. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, pois, outras substâncias também se encontram dissolvidas, como ácidos orgânicos, vitaminas, fenólicos, pectinas, etc. No entanto, dentre estas, os açúcares são as mais representativas, chegando a constituir até 85-90% dos sólidos solúveis. Os teores são muito variados com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima (Chitarra, 2000a).

Porém, os valores de SS para milho doce não parecem seguir a alta e positiva correlação da sacarose com os SS, como encontrado em outros produtos. Hale et al. (2005b) concluíram que o refratômetro não pode ser usado como um indicador de confiança para as concentrações de sacarose e açúcares totais no milho doce, pois encontraram correlações negativas entre SS e açúcares. Isso sugere que enquanto os SS aumentaram, a sacarose e os açúcares totais diminuíram, nas três diferentes maturidades estudadas.

Zhu et al. (1992) verificaram que os açúcares totais (sendo a sacarose o principal componente) diminuíram com aumento dos SS no milho doce. Os autores concluíram que os SS não podem ser usados com confiança como um teste rápido no campo para determinar o índice do açúcar sem informação adicional. Entretanto, ele pode ser usado satisfatoriamente para determinar a data de colheita, dentro da cultivar ou do genótipo.

Diferentemente, Kleinhenz (2003), citado por Hale et al. (2005b), trabalhando com híbridos *se* e *sh2*, relatou que a qualidade sensorial e os SS podem ser positivamente relacionados, porém, esse trabalho não examinou açúcares totais.

Camacho et al. (2001) encontraram correlações altas e positivas para açúcares totais e SS, indicando que a perda dos açúcares ao longo do armazenamento vem acompanhada da diminuição dos teores de SS.

2.5 Carotenóides em milho verde

Os carotenóides são corantes naturais responsáveis pelo espectro de cores que varia do amarelo ao vermelho, em muitos alimentos. Eles são divididos em carotenos, compostos constituídos apenas por carbono e hidrogênio e seus derivados oxigenados, as xantofilas (Bobbio & Bobbio, 2003; Rodriguez-Amaya, 2001).

Com a degradação da clorofila, os carotenóides previamente presentes nos tecidos tornam-se visíveis ou podem também ser sintetizados com o avanço da maturação dos frutos (Chitarra, 2000a).

Os carotenóides mais estudados em relação à saúde humana são β -caroteno, α -caroteno, licopeno, β -criptoxantina e luteína, por serem os carotenóides mais encontrados no plasma humano e a zeaxantina, por apresentar uma concentração muito alta na retina (Niizu, 2003).

β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina são pró-vitâmicos A, dos quais o primeiro apresenta, aproximadamente, o dobro de atividade dos demais. A luteína e zeaxantina são os carotenóides relacionados com a proteção à degeneração macular e à catarata. O licopeno, devido ao seu alto potencial como antioxidante natural, vem sendo relacionado com a proteção contra o câncer e doenças cardiovasculares (Niizu, 2003).

A ação dos carotenóides contra doenças tem sido atribuída à sua propriedade antioxidante, especificamente pela capacidade de seqüestrar o oxigênio singlete e reagir com radicais livres (Rodriguez-Amaya & Kimura, 2004).

A composição dos carotenóides nos alimentos é afetada por fatores tais como cultivar ou variedade, parte da planta consumida, estágio de maturidade, clima ou local geográfico da produção, colheita e manipulação pós-colheita, processamento e armazenamento (Rodriguez-Amaya, 2001).

Nos vegetais e frutas intactos, a estrutura celular e a complexação com proteínas conferem aos carotenóides certa estabilidade. Durante as várias etapas do processamento, esta estrutura e os complexos podem ser quebrados, expondo os pigmentos a fatores adversos, levando à sua destruição.

Sabe-se que a principal causa de degradação dos carotenóides é a oxidação. Eles são suscetíveis à oxidação durante o processamento e estocagem, resultando em perda da cor, da atividade biológica e formação de compostos

voláteis que podem conferir aromas e sabores desejáveis ou indesejáveis em alguns alimentos (Rodríguez-Amaya, 2001). A oxidação é a principal causa de degradação dos carotenóides e depende da disponibilidade de oxigênio, luz, calor, metais, enzimas e peróxidos, sendo reduzida pela presença de antioxidantes, como a vitamina C (Chitarra, 2000a).

A luteína e a zeaxantina são os principais carotenóides do milho com menores quantidades de β -caroteno e β -criptoxantina (Rodríguez-Amaya & Kimura, 2004). Eles são responsáveis pela coloração amarela do milho (Scott & Eldridge, 2005).

Mamede et al. (2006), estudando o efeito da saponificação na extração de carotenóides em híbridos de milho doce e normal, encontraram valores de carotenóides totais, sem saponificação e com saponificação de $1,93\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$ e $0,81\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$ para milho doce e $0,75\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$ e $0,38\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$ para milho normal, respectivamente. Os autores concluíram que, para os híbridos estudados a extração sem saponificação foi mais eficiente.

Scott & Eldridge (2005) analisaram duas cultivares de milho doce 'WS' e 'GWK' fresco, em lata e congelado. Em ambas as cultivares e tipos de processamento, encontraram zeaxantina e luteína como carotenóides principais, e, em menor quantidade, α -, β -criptoxantina e α -, β -caroteno, observando, ainda, que o processamento não interferiu no perfil de carotenóides do milho doce, nas condições estudadas. Na cv. WS, a zeaxantina corresponde a 80,3% dos carotenóides e, na cv. GWK, a luteína está presente em maior quantidade, com 47,1%, tendo sido a cultivar a que apresentou maiores quantidades de carotenóides, comprovando que a composição dos carotenóides nos alimentos é afetada pela cultivar.

2.6 Produtos minimamente processados (PMP)

2.6.1 Conceito e considerações gerais

A procura por alimentos saudáveis tem aumentado a cada dia. Porém, o tempo disponível para o preparo dos alimentos tem sido reduzido, devido à vida agitada nas cidades. Frutas e hortaliças minimamente processadas são uma alternativa, pois mantêm a qualidade do produto fresco, além de possuir em grande facilidade para o seu preparo e consumo, o que constitui sua maior vantagem (Carvalho & Lima, 2002).

Frutas e hortaliças minimamente processadas são definidas como sendo produtos que passam por operações que eliminam as partes não comestíveis dos mesmos, como casca, talos e sementes, seguidas do preparo em tamanhos menores e adequados ao consumo imediato, sem que o vegetal perca a condição de produto ainda fresco, com qualidade e garantia de sanidade (Durigan, 2000a).

O processamento mínimo tem sido descrito como a manipulação, a preparação, a embalagem e a distribuição de produtos vegetais, por meio de procedimentos que não afetem suas características sensoriais e agreguem valor aos mesmos. Isso resulta em produtos práticos, cujo preparo e consumo requerem menos tempo, atendendo às exigências da vida moderna. A finalidade dos alimentos minimamente processados e refrigerados é proporcionar ao consumidor um produto similar ao fresco, garantindo segurança e mantendo a qualidade nutritiva e sensorial (Damasceno et al., 2001).

Muitos sinônimos são usados para o termo minimamente processado, incluindo *fresh-cut*, levemente processado, parcialmente processado ou ligeiramente processado. Também são conhecidos como pré-cortados, pré-preparados, semi-elaborados, convenientes e produtos com valor agregado (Cantwell & Suslow, 2002; Chitarra, 2001).

As operações do processamento mínimo devem ser realizadas priorizando-se a qualidade do produto final. Essas operações, se não forem

realizadas de maneira correta, podem comprometer a vida útil das frutas e hortaliças que passam por este tipo de processamento.

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

2.6.2 Mercado

Atualmente, a sociedade vem buscando novos produtos que atendam às suas necessidades, tanto no aspecto da qualidade quanto na de praticidade. Na área dos alimentos, principalmente no que se refere a frutas e hortaliças, observa-se, além das exigências comuns aos demais produtos, uma preocupação crescente com a sanidade e o valor nutritivo desses, ressaltando sua aparência e características sensoriais ideais. Essas exigências dos consumidores, aliadas à busca por alimentos que mantenham seu frescor característico, têm contribuído para o mercado emergente dos produtos minimamente processados (Chitarra, 2001).

Os PMP surgiram como alternativa interessante para o consumidor que não tem tempo de preparar sua refeição ou, mesmo, não gosta de fazê-lo. Em vários países, esses produtos estão sendo oferecidos nos formatos mais variados, sempre visando à agregação de valor e à comodidade do consumidor (Moretti, 2004).

O consumo internacional de frutas e hortaliças minimamente processadas está aumentando. Nos Estados Unidos, o processamento mínimo de alimentos teve início no ano de 1984, quando representava 8,9% de todo o

produto hortícola colhido, com cifras girando em torno de 5,2 bilhões de dólares. Para 1999, era prevista a geração de US\$ 17,7 bilhões, porém, este valor foi alcançado já em 1996. A aceitação do público foi tão grande, que em 2002, nos hipermercados americanos, representou 8% das vendas e, nos supermercados, 9% (Vitti & Kluge, 2002).

Outra forte tendência observada, em diferentes países europeus e em países da Oceania, é a associação entre o consumo de hortaliças minimamente processadas com hábitos salutarés de vida, como o programa *5 a day*, que preconiza o consumo de, pelo menos, 5 porções de frutas e ou hortaliças por dia para uma vida saudável (Moretti, 2004).

No Brasil, o processamento mínimo de frutos e hortaliças foi introduzido na década de 1990, por algumas empresas atraídas pela nova tendência do mercado ainda em expansão (Chitarra, 1998).

Um dos aspectos que têm contribuído fortemente para este crescimento é a expansão de empresas, como redes hoteleiras, restaurantes e serviços de companhias de aviação, que requerem produtos pré-preparados com qualidade uniforme para simplificar suas operações. A indústria mundial de minimamente processados tem apresentado aumento de 10% ao ano desde 1995 e o total de vendas atual está estimado em 100 bilhões de dólares. O maior indicador para a projeção deste crescimento está no aumento da área disponível nos supermercados para a comercialização de frutas e hortaliças embaladas, que facilitam o consumo doméstico (Chitarra, 2001).

O milho verde *in natura*, devidamente limpo e embalado, vem se destacando nesse mercado; no entanto, a manutenção de características adequadas, propiciando a comercialização de um produto de alta qualidade, não está sendo observada (Marcos et al., 1999).

Hoje, o que se vê nas gôndolas dos supermercados são espigas acondicionadas 2 a 2, ou 3 a 3, em bandejas de isopor, revestidas com filme

plástico de permeabilidade desconhecida. Agrega-se valor pela melhor aparência, porém, esta tarefa está mais ligada ao reaproveitamento de espigas com defeitos e ou doenças do que à adoção de tecnologia para incremento da vida de prateleira e controle da senescência.

2.6.3 Qualidade da matéria-prima

De acordo com Vilas Boas (2003), os produtos minimamente processados devem apresentar características sensoriais adequadas para o consumo e que despertem a atenção do consumidor para a compra.

A qualidade do produto final está diretamente relacionada com a qualidade da matéria-prima para o processamento mínimo, uma vez que ela pode ser mantida, mas nunca melhorada, pela aplicação dessa tecnologia. Por isso, a matéria-prima utilizada deve ser isenta de doenças ou pragas, com o formato típico de cada espécie e, principalmente, no seu exato ponto de consumo, para não comprometer a vida de prateleira (Nascimento et al., 2000; Chitarra, 2001).

Idade do produto, condições de sanificação, processamento, embalagem, temperatura e umidade afetam a qualidade dos produtos minimamente processados (Deliza, 2000). De acordo com Watada et al. (1990), a maturidade é importante atributo de qualidade em frutas minimamente processadas, pois, frutas imaturas carecem de boa qualidade sensorial, ao passo que aquelas supermaduras têm menor vida útil.

Segundo Durigan (2000b), além das características ligadas à aparência e à coloração, que são avaliadas diretamente pelo consumidor, o sabor e o aroma também determinam a qualidade do produto, sendo relacionados com sua composição química.

2.6.4 Conseqüências fisiológicas e nutricionais do processamento mínimo

Assim como todos os vegetais frescos, os minimamente processados são boas fontes de vitaminas, minerais e fibras, que são indispensáveis para a manutenção da saúde, completando o suprimento das necessidades nutricionais (Freire Junior, 1999). Porém, são mais perecíveis, devido aos danos nos tecidos resultantes das operações do processamento (Souza, 2005).

Hortaliças minimamente processadas são, na sua essência, tecidos vegetais que foram danificados de maneira proposital e que devem ser mantidos na forma fresca e com qualidade por períodos prolongados de tempo. O processamento mínimo ocasiona várias alterações físicas e fisiológicas que afetam a viabilidade e a qualidade do produto (Salveit, 1997). Este tipo de processamento envolve descascamento, fatiamento, corte ou retalhamento, diferente do processamento tradicional, uma vez que os tecidos permanecem vivos, durante subsequente manuseio. Assim, o comportamento dos tecidos é, geralmente, o observado em tecidos de plantas que sofreram ferimentos ou foram expostos a condições de estresse (Brecht, 1995).

O dano físico ou o ferimento causados pelo descascamento e corte, durante o processamento mínimo, modificam a sua atividade fisiológica, aumentando a taxa de respiração e a produção de etileno pelos tecidos logo após o corte. Concomitantemente, aumentam as taxas de outras reações químicas e bioquímicas responsáveis por modificações da qualidade sensorial (cor, sabor, aroma e textura) e nutricional (ácidos, açúcares e teor de vitaminas), o que torna os produtos minimamente processados mais perecíveis que os *in natura* (produtos íntegros) (Cantwell & Suslow, 2002).

De acordo com Brecht (1995), quanto maior a gravidade da injúria nos tecidos, maior é a velocidade de deterioração do PMP. Com o aumento da área de exposição dos tecidos injuriados, o ritmo respiratório aumenta várias vezes, em comparação ao produto íntegro (Chitarra, 2001). Vitti et al. (2003),

estudando os aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas, verificaram que as raízes intactas apresentaram a menor taxa respiratória ($5\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) em relação a beterrabas descascadas e raladas ($30\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), após 4 horas de processamento.

Em decorrência da elevação da atividade respiratória, há decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos. Os principais substratos utilizados são os açúcares livres e os ácidos orgânicos e a redução na concentração dos mesmos reflete nas perdas das características de sabor do produto (Chitarra, 2000b).

Outras conseqüências do fermento são o escurecimento enzimático, a oxidação de lipídios, as alterações na textura e o aumento da perda de água dos tecidos por evaporação que, juntamente com a exsudação, promove a dessecação dos mesmos (Brecht, 1995; Chitarra, 2001).

A perda de firmeza dos produtos vegetais minimamente processados é decorrente das modificações na estrutura e na composição da parede celular pela ação de numerosas enzimas, entre as quais as pectinases (pectinametilesterase-PME e poligalacturonase-PG), as celulases e as β -galactosidases (Chitarra, 2001) e da perda excessiva de água dos tecidos, com diminuição da pressão de turgescência, que ocorre em condições de armazenamento em baixa umidade relativa do ar e da quebra do amido (Kluge et al., 2002). O amaciamento dos tecidos pode ser minimizado pela manutenção de baixas temperaturas nas etapas do processamento e armazenamento dos produtos minimamente processados (Chitarra, 2001).

As enzimas associadas a modificações na coloração e no *flavor* são polifenoloxidasas (PPO), peroxidase (POD) e lipoxigenases (Chitarra, 2001).

De acordo com Chitarra (1998), o processamento mínimo de frutas e hortaliças tem efeito no valor nutritivo, uma vez que as operações de manuseio, processamento, embalagem e armazenamento modificam, de certa forma, a composição dos produtos. A estabilidade das vitaminas é afetada por fatores, tais

como luz, temperatura, oxigênio e pH do meio. Portanto, a ruptura celular causada pelo corte aumenta a atividade das enzimas, resultando em perda rápida da vitamina C. Os carotenóides se oxidam quando expostos à luz e ao oxigênio ou pela ação de enzimas. Além disso, a perda dos fluidos celulares leva à redução no teor dos nutrientes solúveis (vitaminas, açúcares e alguns minerais).

É importante lembrar que os elementos minerais não são destruídos pela exposição ao calor, luz, agentes oxidantes e valores extremos de pH. No entanto, podem ser removidos do alimento por lixiviação ou separação física (Chitarra, 2000).

Klein (1987) informa que as condições que preservam a qualidade sensorial das frutas e hortaliças minimamente processadas também mantêm o seu valor nutricional.

2.6.5 Aspectos microbiológicos e sanificação

Frutas e hortaliças minimamente processadas devem ter a garantia da qualidade microbiológica como pressuposto básico. Os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que aqueles *in natura*.

As frutas e hortaliças *in natura*, geralmente, estão protegidas da invasão microbiana pela casca, que funciona como uma barreira física efetiva à maioria dos microrganismos. Entretanto, os alimentos submetidos ao processamento mínimo constituem meios apropriados para uma microbiota diversa. O aumento na disponibilidade de nutrientes celulares, devido ao processamento, fornece condições apropriadas para que grande número e tipos de microrganismos se desenvolvam e proliferem. Além disso, a grande manipulação dos produtos provê maior oportunidade para a contaminação por organismos patogênicos (Brackett, 1987).

A qualidade microbiológica de alimentos minimamente processados está relacionada com a presença de microrganismos deterioradores que irão

contribuir com as alterações das características sensoriais do produto, tais como cor, odor, textura e aparência, durante o período de vida útil. No entanto, a maior preocupação está relacionada com a segurança do produto. Um alimento seguro para o consumo é aquele que não apresenta contaminação por agentes químicos, físicos ou microbiológicos, em concentrações prejudiciais à saúde (Vanetti, 2004).

A contaminação microbiana do produto final depende, até certo ponto, da microbiota inicial do produto fresco e também daquela adquirida durante seu manuseio e elaboração. Assim, o aumento da microbiota será significativamente maior quando os microrganismos encontrarem condições favoráveis para seu crescimento e propagação (Gorny, 2001; Moraes, 2005).

Processos de redução de tamanho, tais como o corte e o fatiamento, que dão ao consumidor a conveniência do prato preparado, e que são uma das características diferenciadoras dos minimamente processados em relação aos alimentos *in natura*, podem favorecer em muito o crescimento microbiano. Os vegetais inteiros e frescos são protegidos da invasão microbiana devido às suas superfícies de proteção. Após o processamento, ficam mais sensíveis à contaminação. Com os cortes, a proteção da casca deixa de existir, expondo o interior dos tecidos, que passam a exsudar conteúdo celular, que servirá de meio nutriente para o desenvolvimento da microbiota (Cantwell 1992; Nascimento et al., 2000).

Nguyen-the & Carlin (1994) relatam que vários microrganismos podem ser encontrados em PMP, incluindo microbiota mesofílica, bactérias ácido-láticas, coliformes a 35°C e 45°C, leveduras, fungos filamentos e microbiota pectinolítica.

PMP com valores altos de pH (>4,6) e atividade de água (a_w) (>0,85) são considerados altamente perecíveis quando não sofrem processos de preservação que atrasam mudanças biológicas e bioquímicas indesejáveis (Wiley, 1994). As

frutas estão neste grupo, devido à alta atividade de água. Porém, segundo Soliva-Fortuny & Martín-Belloso (2003), a maioria das frutas possui quantidades elevadas de ácidos orgânicos que são responsáveis por valores baixos de pH (ex. laranja e pomelo). Por outro lado, outras frutas, tais como melão, melancia, mamão e abacate, possuem valores maiores de pH, semelhante aos valores da maioria dos vegetais.

No processamento mínimo, as barreiras para a eliminação de microrganismos são poucas, constituindo-se as chamadas tecnologias de barreiras ou obstáculos, que incluem, principalmente, a lavagem, o uso de sanificantes, embalagens em atmosfera modificada e refrigeração (Vanetti, 2004).

A sanificação é uma etapa de relevância no processamento mínimo e o cloro, nas suas várias formas, é o sanificante mais usado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares. A efetividade germicida do cloro depende da sua concentração na forma ativa, que é o ácido hipocloroso, não dissociado presente na solução sanificante (Dychdala, 1991 citado por Vilas Boas, 2003).

Minimamente processados são, geralmente, sanitizados com soluções de 50-200ppm de cloro ativo, mas esta lavagem pode não eliminar todos os microrganismos (Watada et al., 1996). Em trabalho realizado por Babic et al. (1996), com espinafre minimamente processado lavado com 50ppm de cloro, foram encontradas bactérias aeróbias mesófilas e psicrotróficas, *Pseudomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Vibrionaceae*, coliformes, *Micrococcaceae* e leveduras. Os autores relatam que esses microorganismos foram encontrados nos tecidos dentro das células injuriadas e nas células adjacentes a estas. Conseqüentemente, embora esses produtos sejam lavados com solução

clorada, os microrganismos podem sobreviver, dentro das células ou nas áreas não atingidas pelo produto químico (Watada et al., 1996).

O controle da atividade de alguns microrganismos pode ser alcançado pelo uso de atmosfera controlada ou embalagens com atmosfera modificada. Ambientes com baixas tensões de oxigênio retardam o crescimento dos principais deterioradores, como bactérias gram-negativas aeróbias estritas do gênero *Pseudomonas* e fungos filamentosos (Vanetti, 2004).

A grande dificuldade é que ainda não existe uma legislação específica para vegetais minimamente processados (Rodrigues, 2005).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), pela Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, estabelece, para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, limite máximo de 5×10^2 NMP/g (2,7 ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25g do produto (Brasil, 2001). Estes valores podem servir como referência para os produtos minimamente processados.

2.7 Controle de temperatura e umidade relativa

As hortaliças são produtos vivos, delicados, geralmente de textura macia e com elevado teor de umidade. Nelas, a respiração, as reações metabólicas e as interações com diversos microrganismos aumentam exponencialmente com a elevação da temperatura (Luengo, 2001).

A temperatura pode influenciar na velocidade de senescência dos produtos minimamente processados (Cantwell, 1992), tendo um grande impacto no tempo de armazenamento dos vegetais (Nunes & Emond, 2003).

Em geral, quanto mais elevada a temperatura, menor o tempo de armazenamento de produtos hortícolas, porque a maioria dos fatores que levam às perdas, quantitativas e qualitativas são acelerados com o aumento da

temperatura. Um dos fatores mais importantes influenciado diretamente pela temperatura é a respiração (Luengo, 2001).

Dentro de uma faixa de temperatura fisiológica, a velocidade de uma reação biológica é incrementada duas a três vezes para cada aumento de 10°C na temperatura (Vilas Boas, 2002); essa faixa de temperatura é de 0°C a 30°C (Cortez et al., 2002). Vant'Hoff, ao final do século XIX, deu a esse aumento nas reações metabólicas com o incremento da temperatura o nome de Q_{10} (Kluge et al., 2002). Acima desta faixa de temperatura, a taxa respiratória começa a diminuir, ocorrendo a morte do produto, pois altas temperaturas afetam diretamente os processos vitais como respiração e produção de calor vital, maturação, produção de etileno e perda de massa (Chitarra & Chitarra, 1990; Chitarra & Prado, 2002).

O uso de refrigeração no armazenamento de produtos hortícolas é um dos mais importantes e simples procedimentos para retardar a deterioração pós-colheita (Nunes & Emond, 2003), pois ela é a barreira mais efetiva para estender a vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas. Temperaturas de refrigeração contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do próprio vegetal. Isso mantém a qualidade do produto e aumenta a segurança para o consumidor (Brackett, 1987; Brecht et al., 2003).

Além de reduzir o metabolismo das hortaliças e também suas taxas de respiração, baixas temperaturas retardam outros processos fisiológicos/bioquímicos, que provocam a deterioração, como o escurecimento e o amolecimento em produtos minimamente processados, e processos microbiológicos causadores da deterioração. Também reduzem os riscos de desenvolvimento de microrganismos patogênicos ao homem (Sigrist, 2002; Cantwell, 2000).

Segundo Chitarra & Prado (2000), a qualidade comestível em produtos perecíveis aumenta após a colheita e decai rapidamente, se não for utilizado o

processo de armazenamento a frio. Sem este, a deterioração é mais rápida devido à produção de calor vital e à liberação de CO₂, decorrente da respiração.

Frutas e hortaliças, depois de colhidas, são freqüentemente expostas a variações de temperaturas durante seu manuseio, transporte, armazenamento e venda. Durante a venda, a temperatura em torno do produto é freqüentemente maior que no armazenamento e transporte (Brecht et al., 2003). Essa quebra da cadeia do frio faz com que o produto vegetal entre em estado de senescência mais rapidamente, diminuindo sua vida útil.

Assim como toda hortaliça, o milho verde requer procedimentos de colheita e distribuição bem dinâmicos, por ser um produto altamente perecível, podendo perder suas características comerciais em poucas horas.

O milho-verde é altamente perecível e perde rapidamente o sabor adocicado em razão da transformação da sacarose em amido nos grãos (Luengo & Calbo, 2001). Baixas temperaturas reduzem as perdas de sacarose do milho verde. Suslow & Cantwell (2006) recomendam que o milho doce seja armazenado em temperatura de 0°C-1,5°C e umidade relativa de 95%-98%, porém, nunca menores que -0,6°C, pois se pode correr o risco de congelamento da espiga. Luengo & Calbo (2001) recomendam o mesmo para o milho verde.

Como já mencionado, a qualidade do milho doce depende principalmente, do seu teor de açúcar e umidade. Esta diminui rapidamente após a colheita, se o produto não for armazenado em baixas temperaturas. Estudos com milho doce mostraram que se perde até 60% de açúcar em 24 horas após a colheita, se o produto for armazenado a 30°C. Esta taxa é quatro vezes menor a 0°C (Herber, 1991 citado por Cortbaoui, 2005).

No milho verde comum, a 21°C, o teor de sacarose pode ser reduzido em mais de 30% por dia (Luengo & Calbo, 2001).

De acordo com Moretti & Henz (2003), o milho doce armazenado em temperaturas próximas a 0°C possui, em média, vida útil entre 5 e 8 dias. Os

autores ainda comentam que, à medida que se eleva a temperatura de armazenamento, diminui-se a vida útil do produto. Assim, espigas armazenadas a 5°C possuem conservação de 3 a 5 dias; aumentando-se a temperatura para 10°C a vida útil das espigas é reduzida para 2 dias.

É importante lembrar que as temperaturas das gôndolas dos supermercados, onde se armazenam os produtos minimamente processados, entre eles o milho verde, não ficam em torno de 5°C. Em pesquisa feita por Nascimento et al. (2003), citados por Moretti (2004), verificou-se que a temperatura ideal de manuseio, armazenamento e comercialização de hortaliças minimamente processadas não é, na maioria das vezes, respeitada. Em uma série de estudos realizados no Distrito Federal, os autores verificaram a temperatura de comercialização em 8 equipamentos de varejo. Esses pesquisadores observaram que, em média, a temperatura de comercialização de 6 diferentes tipos de hortaliças minimamente processadas estava sempre acima de 10°C, o dobro da temperatura recomendada. Além de reduzir a vida de prateleira do produto, a comercialização em temperaturas elevadas facilita o desenvolvimento de microrganismos patogênicos ao ser humano, o que torna tal produto uma ameaça potencial à saúde pública.

A remoção rápida do calor de campo, seguida por refrigeração adequada, é essencial para se manter a qualidade do milho doce na pós-colheita. Devido a sua alta taxa respiratória, o milho doce é muito perecível, com taxas variando de 30 a 51 mL.CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ a 0°C e de 282 a 435 mL.CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ a 25°C (taxas para o milho com palha) (Suslow & Cantwell, 2006).

A temperatura de armazenamento afeta a velocidade de degradação da sacarose. O milho doce perde, aproximadamente, 20% do teor inicial de sacarose quando armazenado a 0°C, por um período de quatro dias. Esta velocidade aumenta com a elevação de temperatura, tendo, espigas de milho doce

armazenadas a 10°C e 20°C perderam 60 e 80% do teor de sacarose inicial, respectivamente (Moretti & Henz, 2003).

Estudando diferentes temperaturas para a conservação de genótipos de milho doce, Olsen et al. (1990) observaram que genótipos de milho doce determinados pelos genes *sh2* são mais doces que *su*, mesmo em refrigeração mínima (10°C), retendo maior teor de açúcares totais, tornando este material interessante para o mercado *in natura*.

Segundo Olsen et al. (1990), o tempo para que o milho doce, armazenado a 1°C, seja considerado inaceitável, após a colheita, é de 8 dias para ‘Aussie Gold 12’ (*sugary*), de 4 dias para ‘Rosella 425’ (*sugary*) e de mais de 10 dias para ‘Sucro’ (*shrunk-2*). Quando a temperatura de armazenamento é de 18°C, este intervalo de tempo, após a colheita, se reduz a 2-3 dias para as cultivares do tipo *sugary* e para 7,5 dias, para as do tipo *shrunk-2*. Considerando que o milho doce é comercializado 7 dias após a colheita, na Flórida (EUA) e entre 6 a 11 dias, em Queensland (EUA), somente a cultivar Sucro atenderia às condições locais e de manuseio pós-colheita (Olsen et al., 1990).

Segundo Evensen & Boyer (1986), a quantidade de sacarose e de açúcares redutores em milho doce diminui mais rapidamente no armazenamento a 10°C do que a 1°C nas seis cultivares estudadas.

Brecht et al. (1990) relatam que cultivares americanas de milho superdoce conservam-se bem, a 5°C, por até nove dias.

De acordo com Marcos et al. (1999), o milho deve ser transportado e comercializado rapidamente, sempre sob refrigeração. Sem refrigeração, o produto precisa ser comercializado muito rapidamente e em um único dia. Com o uso de refrigeração, o milho-verde comum pode permanecer de um a três dias em balcões refrigerados sob umidade elevada.

Baixas temperaturas contribuem para a redução da velocidade de crescimento da maioria das bactérias e fungos. Porém, vale ressaltar que estas mesmas condições selecionarão e favorecerão a multiplicação dos microrganismos psicrotróficos, como *Pseudomonas*, que freqüentemente estão associados à deterioração de alimentos refrigerados e podem estar presentes em grandes números nos produtos vegetais (Brackett, 1987). Mesmo em temperaturas próximas a 0°C, algumas bactérias causadoras de infecção alimentar crescem lentamente, como *Listeria monocytogenes* e *Yersinia enterocolitica*, que também são psicrotróficas (Vanetti, 2004).

Um outro fator a ser considerado é a umidade relativa do ar, sob a qual está armazenado o produto. Como perda de água é uma das principais causas de deterioração de frutas e hortaliças após a colheita, a umidade relativa durante o armazenamento deve ser controlada, pois exerce efeito sobre a qualidade do produto minimamente processado. Baixos percentuais de umidade relativa no ambiente de armazenamento causam a transpiração do produto e murchamento. Por outro lado, elevada umidade relativa no armazenamento, com flutuações na temperatura, devem ser evitadas, por causarem condensação de água com formação de gotículas na superfície da embalagem ou do produto, o que facilita o crescimento de microrganismos, além de depreciar a aparência do mesmo (Chitarra, 2000b; Cortez et al., 2002).

As espigas de milho verde recobertas de folhas têm boa proteção contra a perda de água. A umidade relativa do ar no armazenamento das espigas sem as folhas é mais importante e, neste caso, deve ser superior a 95%, para manter o frescor e a turgescência dos grãos. Para conseguir este objetivo, o milho sem palha é freqüentemente comercializado em embalagens plásticas. A venda do milho verde em embalagens plásticas só deverá ser efetuada em ambiente refrigerado. Este produto não pode ficar fora de refrigeração nem por pequenos intervalos de tempo. O envolvimento das espigas em bandejas de isopor com

filme de PVC tem sido a forma mais usual de embalagem do milho verde (Luengo & Calbo, 2001).

2.8 Armazenamento sob Atmosfera Controlada e Modificada

A conservação de produtos hortícolas em condições de atmosfera modificada (AM) e controlada (AC) pode ser definida como o armazenamento realizado sob condições de composição da atmosfera diferente daquela presente na atmosfera do ar normal (Lana & Finger, 2000).

A atmosfera modificada pode ser passiva (criada pelo próprio produto) ou ativa, dependendo do método pelo qual se estabelece a atmosfera no interior da embalagem.

A AM passiva é aquela resultante da atmosfera que é criada passivamente dentro da embalagem pela respiração do produto, traduzida pelo consumo de oxigênio e liberação de dióxido de carbono. Esse processo ocorre porque as características do produto estão adequadamente equilibradas com as características da permeabilidade do filme da embalagem (Chitarra & Prado, 2002).

Na atmosfera modificada ativa, após colocar o produto na embalagem, é criado vácuo parcial, seguido pela injeção da mistura gasosa desejada dentro da embalagem. A mistura de gases pode conter níveis adequados de CO₂, O₂ ou nitrogênio, para se produzir o efeito desejável dentro da embalagem. A atmosfera modificada ativa também inclui a utilização de adsorvedores ou absorvedores de CO₂, O₂, etileno e vapor de água dentro da embalagem (Zagory & Kader, 1988).

A AM ativa permite um ajuste ideal ou, pelo menos, adequado da atmosfera no interior da embalagem, em relação às necessidades do produto e, apesar de implicar em custos adicionais, sua principal vantagem é permitir o rápido ajuste da atmosfera desejável (Chitarra & Prado, 2002).

No armazenamento em AM, a atmosfera ambiental é geralmente alterada, passivamente, pelo uso de filmes plásticos, permitindo que a concentração de CO₂ proveniente do próprio produto aumente e a concentração de O₂ diminua, à medida que o mesmo é utilizado pelo processo respiratório. Neste tipo de armazenamento, as concentrações de O₂ e CO₂ não são controladas e variam com o tempo, a temperatura, o tipo de filme e a taxa respiratória do produto (Chitarra & Chitarra, 2005).

A AC se estabelece por meio da modificação e do controle dos gases no meio de armazenamento. Como a composição normal da atmosfera se encontra em torno de 78% de nitrogênio (N₂), 21% de oxigênio (O₂), 0,03% de gás carbônico (CO₂) e pequenas porcentagens de outros gases, a AC baseia-se, principalmente, no controle das concentrações de O₂ e CO₂, visto que o N₂ é um gás inerte. O uso de produtos químicos não é necessário para o estabelecimento da AC. O princípio básico é diminuir a porcentagem de O₂ e aumentar a de CO₂ (Chitarra & Chitarra, 2005). A mistura gasosa desejada é injetada nas câmaras hermeticamente fechadas nas quais os produtos estão armazenados (Lana & Finger, 2000).

A diferença entre AM e AC está no grau de controle das concentrações de gases que a AC permite. Na atmosfera controlada, os níveis dos gases da atmosfera são monitorados periodicamente e ajustados para manter as concentrações desejadas (Zagory & Kader, 1988).

De acordo com Wiley (1994), pesquisas realizadas com frutas e hortaliças frescas têm demonstrado que a redução nos níveis de O₂, o aumento nos níveis de CO₂ e a redução do etileno na atmosfera de armazenamento desses produtos têm sido utilizados para estender a vida útil dos mesmos. Atmosferas controladas e modificadas ótimas para frutas e hortaliças frescas variam de acordo com a espécie e a região de cultivo, o estágio de amadurecimento e a maturação do produto, a temperatura e o tempo de exposição (Larsen & Watkins, 1995 citado

por Moraes, 2005; Brecht et al., 2003). Na maioria das aplicações, essa mistura é uma combinação de dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio (Junqueira & Luengo, 1999).

A composição dos gases na atmosfera de armazenamento pode afetar diretamente a vida pós-colheita de um produto, principalmente alterações na concentração de gases relacionados à respiração (O_2 e CO_2) (Santos, 2003).

Tanto no armazenamento em atmosfera modificada como controlada há redução da concentração de O_2 e aumento do CO_2 . Os limites mínimos para a concentração final de O_2 e máximos para a de CO_2 são determinados pela fisiologia do produto em condições de anaerobiose parcial e sob injúria de CO_2 , que podem se desenvolver durante o armazenamento (Lana & Finger, 2000).

O uso da atmosfera controlada e modificada deve ser considerado como um suplemento da temperatura de refrigeração apropriada e do controle de umidade relativa, tanto no armazenamento como durante o transporte de diversos produtos hortícolas (Kader, 2002; Zagory & Kader, 1988).

De acordo com Cantwell (1992) baixos níveis de oxigênio e índices elevados de gás carbônico, em conjunto, retardam o crescimento microbiano. Em geral, os efeitos sobre a respiração são considerados fatores determinantes para o prolongamento da vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas sob atmosfera controlada e ou modificada (Lana & Finger, 2000).

A redução da concentração de O_2 e ou o aumento da concentração de CO_2 ao redor de frutas e hortaliças intactas ou minimamente processadas podem reduzir sua taxa respiratória e a produção de etileno, inibir ou retardar reações enzimáticas, reduzir desordens fisiológicas e desacelerar várias alterações metabólicas que resultam em deterioração pós-colheita (Lana & Finger, 2000; Soliva-Fortuny & Martín-Belloso, 2003).

Chitarra & Chitarra (2005) relatam que, entre os principais benefícios da AC, podem ser citados a inibição do início do amadurecimento e o retardamento do processo do amadurecimento, bem como, do início da senescência.

A atividade do etileno é inibida com altas concentrações de CO₂, pois, apesar de ele não afetar diretamente a síntese de etileno, tem efeito competitivo com ele no seu sítio de ligação, por ser um análogo estrutural. A ação inibidora pode ser também por *feed-back*, uma vez que o etileno é rapidamente oxidado a CO₂ nos tecidos (Chitarra & Chitarra, 2005). Em alguns frutos, ocorre um acúmulo de CO₂ nos espaços intercelulares e este funciona como um antagonista natural do etileno (Moura, 1997).

Atmosferas enriquecidas com CO₂ inibem a atividade da ACC sintase (responsável pela síntese do ACC e chave reguladora do sítio da biosíntese de etileno), enquanto a atividade da ACC oxidase é estimulada pelo baixo CO₂ e inibida por altas concentrações de CO₂ e ou baixas concentrações de O₂ (Kader, 2003).

Níveis elevados de CO₂ inibem a síntese de etileno induzida por injúria mecânica, o que indica que esse tratamento pode ser utilizado durante o transporte, o armazenamento e a comercialização de frutas e hortaliças minimamente processadas, uma vez que cortes, abrasão e amassamento resultam em considerável aumento da respiração e produção de etileno (Mathooko, 1996, citado por Lana & Finger, 2000).

A AC pode provocar desordens fisiológicas, principalmente aquelas provenientes da deficiência de O₂ e excesso de CO₂, aumento na suscetibilidade a doenças e desenvolvimento de *flavor* desagradável (Chitarra & Chitarra, 2005).

Geralmente, a concentração de O₂ deve ser reduzida a menos de 10% para a obtenção de efeito positivo na redução da respiração. No entanto, a manutenção de um mínimo de 1% a 3% de O₂ é necessária para evitar mudança de respiração aeróbica para anaeróbica, produzindo o desenvolvimento de aroma e

sabores desagradáveis, pois, nessas condições, a rota glicolítica substitui o ciclo de Krebs como fonte primária de energia para a célula. Assim, o ácido pirúvico deixa de ser oxidado, para ser descarboxilado a acetaldeído, CO_2 e, eventualmente, etanol, e ocorre a quebra de componentes estruturais dos tecidos, o que provoca perda de firmeza do produto. Apesar de a respiração anaeróbica ocorrer quando os níveis de O_2 interno dos tecidos são da ordem de 0,2% ou menos, níveis da ordem de 1% a 3% ao redor do produto são requeridos, dependendo da taxa respiratória e das características de difusão gasosa dos tecidos epidérmico e subepidérmico de cada produto específico (Chitarra & Chitarra, 2005; Kader, 1986 citado por Lana & Finger, 2000).

A maioria dos frutos e vegetais tolera níveis de O_2 entre 1%-5% e de CO_2 entre 5%-10% (Zagory & Kader, 1988).

Segundo Cantwell (1992), atmosferas com 2%-8 % de O_2 e 5-15% de CO_2 têm potencial para conservar a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas, embora, para cada produto, exista uma atmosfera específica que maximiza sua durabilidade.

De acordo com Kader (2002), as porcentagens mínima de O_2 e máxima de CO_2 em que o milho doce pode ser armazenado são de 2,0% e 15%, respectivamente. Porém, a recomendada é de 2%-4% de O_2 e 5%-10% de CO_2 , sob temperatura de 0°C e umidade relativa entre 95%-98% (Cantwell, 2002; Salveit, 2003).

Spalding et al. (1978), citados por Salunkhe & Desai (1984), encontraram maiores teores de sacarose em milho doce armazenado por 3 semanas em atmosferas com 2% de O_2 , quando comparada à atmosfera ambiente (21% O_2). Os mesmos autores relatam que, mesmo após 3 semanas, as concentrações de frutose, glicose e sacarose no milho doce foram maiores no armazenamento com atmosfera controlada (2% de O_2 com 0%, 15% e 25% CO_2) quando comparadas às concentrações desses açúcares, após 1 semana em

atmosfera ambiente. A quantidade de sacarose diminuiu ao longo do armazenamento, para ambas as atmosferas, sendo menor no armazenamento com 2% de O₂ e 0% de CO₂.

Makino & Hirata (1997) propõem atmosfera controlada contendo 4% de O₂ e 9,4% de CO₂, para a extensão da vida de prateleira do milho doce, à temperatura de 25°C. A recomendação dos autores é geral, não se condicionando às variantes genéticas e edafoclimáticas de um dado sistema de produção.

Para Rodov et al. (2000), atmosfera contendo de 5% a 10% de CO₂ pode reduzir o desenvolvimento de patógenos e inibir a perda de açúcares e de clorofila, em espigas de milho doce. Por outro lado, os autores alertam que concentrações de CO₂ superior a 10% e de O₂ inferior a 2% deterioram o produto devido à produção de sabor e aroma desagradáveis (“off-flavor”). A redução da temperatura de conservação, de 20°C para 10°C, promoveu a redução da carga de microrganismos da ordem de 10⁷ ufc.g⁻¹ para 10⁵.

Para possibilitar a exportação de milho doce de Israel para a Europa, tem sido utilizado filmes de PVC, que possibilitam a redução da perda de água, promovendo atmosfera modificada pela associação do processo respiratório do produto com as propriedades físicas do material (Rodov et al., 2000).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. M. de F. et al. Avaliação de cultivares de milho para o processamento de pamonha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, p.39-43, 2004.

AMIR, J.; WRIGHT R. D.; CHERRY, J. H. Chemical control of sucrose conversion to polysaccharides in sweet corn after harvest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 19, p. 954-957, 1971.

ARIAS, E. R. A. et al. Avaliação de cultivares para produção de milho verde, em diversas épocas de semeadura no município de Campo Grande, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: UNIDERP, 2004. v. 22. p. 1-5.

AUNG, L. H.; FOUSE, D. C.; HARRIS, C. M. Effect of postharvest desiccation at high temperature on soluble sugar changes of two supersweet corn cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.6, p.745-750. 1992.

AZANZA, F.; BAR-ZUR, A.; JUVIK, J. O. A. Variation in sweet corn kernel characteristics associated with stand establishment and eating quality. **Euphytica**, v. 87, p.7-18, 1996.

BABIC, I. et al. Changes in microbial populations on fresh-cut spinach. **International Journal of Food Microbiology**, v. 31, p.107-119, 1996.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 238 p.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 10, n. 3, p. 195-206, June 1987.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº12**, de 2 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resolucoes/12_01.htm>. Acesso em 15 fev. 2007.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hostscience**, Alexandria, v. 30, n.1, p. 18-22, Feb. 1995.

BRECHT J. K. et al. Postharvest quality of supersweet (*sh2*) sweet corn cultivars. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 103, p. 283-288, 1990.

BRECHT, J. K. et al. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 87- 101, 2003.

CAMACHO, C. et al. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz super dulce. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 2, p.180-186, jun. 2001.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2.ed. Oakland: University of California, 1992. Cap. 12, p. 277-281.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh-cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, 2000 p.156-182.

CANTEWEL, M. I. Summary table of optimum handling conditions for fresh produce. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. 3.ed. Oakland: University of California, 2002. p. 511-518 (Publication, 3311).

CANTEWEL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Oakland: University of California, 2002. Cap. 36, p. 445-464. (Publication, 3311).

CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. de O. Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, 2002.

CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. **Utilização de atmosfera modificada e controlada em frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 62p. (Textos Acadêmicos).

CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. **Tecnologia de armazenamento pós-colheita para frutos e hortaliças in natura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 112p. (Textos Acadêmicos).

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

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliça**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000a. 68p. Apostila.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000b. 113 p. Apostila.

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

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

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

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

CONAB. **Primeiro levantamento de intenção de plantio safra 2006/2007 – Outubro / 2006**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1safragraos2006_07.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2007.

CORTBAOUI, P. **Assessment of precooling technologies for sweet corn**. 2005. 90 f. Thesis (Master of Science)-Department of Bioresource Engineering, McGill University, Montreal, 2005. Disponível em: <<http://www.agrenv.mcgill.ca/agreng/theses/theses/319PatrickCortbaoui2005/319PatrickCortbaoui2005.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2007.

CREECH, R.G. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm **Genetics**, v.52, p. 1175-1185, 1965.

DAMASCENO, K. S. F. da S. C.; STAMFORD, T. L.M.; ALVES, M. A. Vegetais minimamente processados: uma revisão. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 85, p. 20-25, jun. 2001.

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

DURIGAN, F. Processamento mínimo de frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS, 2., 2000. Viçosa, MG. **Palestras...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000a. p. 86-88.

DURIGAN, F. O processamento mínimo de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Palestras...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/SBF, 2000b. p. 244-253.

EVENSEN, K. B.; BOYER, C. D. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. **Journal of The American Society For Horticultural Science**, v. 111, n. 5, p.734-738, 1986.

FORNASIERE FILHO, D.; CASTELLANE, P. D.; CIPOLLI, J. R. Efeitos de cultivares e épocas de semeadura na produção de milho verde. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 1, p.22-24, maio 1988.

FREIRE JUNIOR, M. **Efeito da temperatura de armazenamento e influência da atmosfera modificada na qualidade do alface hidropônico cv. Regina minimamente processado**. 1999. 120 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GORNY, J. R. (Ed.). **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4th.ed. Alexandria: International Fresh-cut Produce Association, 2001. 213p.

HALLAUER, A. R. Specialty corns. In: SMITH, C. W.; BETRÁN, J.; RUNGE, E. C. A. (Ed.). **Corn origin, history, technology, and production**. New Jersey: J.Wiley, Hoboken, 2004. Cap. 4.4, p. 897-933. (Wiley Series in Crop Science).

HALE, T. A. et al. Taste panel perception of sweetness and sweetness acceptability compared to high pressure liquid chromatography analysis of sucrose and total sugars among three phenotypes (*su*, *se*, and *sh2*) at varying maturities of fresh sweet corn. **HortTechnology**, v. 15, n. 2, p. 313-317, Apr./June 2005a.

HALE, T. A.; HASSELL, R. L.; PHILLIPS, T. Refractometer measurements of soluble solid concentration do not reliably predict sugar content in sweet corn. **HortTechnology**, v. 15, n. 3, p. 668-672, July/Sept. 2005b.

INABA, R.M.; PASIN, L.E.V. Análises comparativa da rentabilidade da comercialização do milho grão e milho verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, 4., 1999. **Anais...** Taubaté, SP, 1999. Disponível em: <<http://www.unitau.br/prppg/inicent/iveic/resubioc/bioc09.htm#ANÁLISES%20COMPARATIVA%20DA%20RENTABILIDADE%20DA>>, Acesso em: 08 set. 2005.

JUNQUEIRA, A. H.; LUENGO, R. de F.A. **Mercados diferenciados de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 1999. 7p. (Circular Técnica, 17).

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Oakland: University of California, 2002. p.135-148. (Publication, 3311).

KADER, A. A. Physiology of CA treated produce. **Acta Horticulturae**, n.600, p.349-354, mar. 2003. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 8., 2003, Rotterdam, Netherland.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Connecticut, v.10, n.3, 1987.

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

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. 34p.

LUENGO, R.F.A. Princípios de pós-colheita para aumentar a conservação das hortaliças. In: LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. (Ed.). **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p.15-32.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p.201-203.

MAKINO, Y.; HIRATA, T. Modified atmosphere packaging of fresh produce with a biodegradable laminate of chitosan-cellulose and polycaprolactone. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, p.247-254, 1997

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Efeito da saponificação na extração dos carotenóides em milho verde minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 10., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: SBCTA, 2006. p. 1185.

MARCOS, S.K. et al. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.41-44, 1999.

MORAES, I. V. M. **Conservação de morango minimamente processado no armazenamento sob atmosfera controlada e refrigeração**. 2005. 96p. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

MORETTI, C. L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...**Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 1-8.

MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. Manuseio pós-colheita de milho doce. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap. 12, p. 195-204.

MOURA, L. M. **Efeitos de níveis de O₂ e CO₂ na conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Agriset colhido em estágio intermediário de maturidade**. 1997. 62p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP.

NASCIMENTO, E. F.; MOLICA, E. M.; MORAES, J. S. **Hortaliças minimamente processadas** (mercado e produção). Brasília: EMATER-DF, 2000. 53p.

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

NIIZU, P. Y. **Fontes de carotenóides importantes para a saúde humana.** 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

NUNES, M. C. do N.; EMOND, J. P. Storage temperature. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables.** New York: M. Dekker, 2003. Cap. 8, p. 209-228.

OLIVEIRA JR., L. F. G. et al. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 159-166, 2006a.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; PEREIRA, M. G.; BRESSAN-SMITH, R. Caracterização e avaliação agrônômica de híbridos e linhagens de milho doce (*su1*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p.283-288, jun./set. 2006b.

OLSEN, J. K.; GILES, J. E.; JORDAN, R. A. Post-harvest carbohydrate changes and sensory quality of three sweet corn cultivars. **Scientia Horticulturae**, n.44, p.179-189, 1990

PAES, M. C. D.; MODESTA, R. C. D.; GAMA, E. E. G. Textura em grãos de híbridos experimentais destinados à produção de milho verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2004. p. 513.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Cultivares de milho para o consumo verde.** Sete Lagoas, MG, 2002. (Circular Técnica, 15). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul15.pdf>>, acesso em 08/10/2006. Acesso em 15 dez. 2006.

PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho verde.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 15-16.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Cultivares de milho para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap. 1, p. 17-30.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Colheita, transporte e comercialização. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap. 11, p. 183-194.

- RIGON, Liana et al. **Anuário brasileiro do milho 2006**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2006. 136 p.
- RODOV, V. et al. Nested modified-atmosphere packages maintain quality of trimmed sweet corn during cold storage and the shelf life period. **Postharvest Biology and Technology**, v.18, p.259-266. 2000.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington: ILSI, 2001. 64 p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Training course for harvestplus**. Campinas, SP: Unicamp, 2004.
- RODRIGUES, L. J. **O pequi (Caryocar brasiliense Camb.): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo**. 2005. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- RODRIGUES, V. N.; VON PINHO, R. G. **Produção de milho verde**. Lavras: UFLA. Pró-Reitoria de Extensão, 2002. 36 p. (Boletim de Extensão, v. 11, n. 99).
- SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of vegetables**. Boca Raton, FL: CRC, 1984. Cap. 9, p. 107-116.
- SALVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁZ-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.). **Phytochemistry of fruit and vegetables**. London: Oxford University, 1997. p.205-220.
- SALVEIT, M. E. A summary of CA requirement and recommendations for vegetables. **Acta Horticulturae**, n. 600, p. 723-727, mar. 2003. INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 8., 2003, Rotterdam, Netherland.
- SANTOS, C. M. S. **Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de banana 'Prata Anã'**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SAWAZAKI, E.; POMMER, C. V.; ISHIMURA, I. Avaliação de cultivares de milho para utilização no estádio de verde. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 31,

n. 11, p.1297-1302, nov. 1979.

SCAPIM, C. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, J. M. Cruzamentos dialélicos entre sete cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p.19-21, maio 1995.

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p.551-559, 2005.

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas**. 2002. 112 p. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p. 341-353, 2003.

SOUZA, É. C. **Qualidade de alface americana minimamente processada cv. Raider: efeito do hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico**. 2005. 83 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SUSLOW, T. V.; CANTWELL, M. **Sweet corn: recommendations for maintaining postharvest quality**. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/corn.shtml>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. New York: CRC, 1994. p. 147-187.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2000. Cap. 6, p. 156-197.

TSAI, C.Y.; SALAMINI, F.; NELSON, O. E. Enzymes of carbohydrate metabolism in developing endosperm of maize. **Plant Physiology**, v.46, p.299-336, 1970.

VALENTINI, L.; SHIMOYA, A.; COSTA, C. C. S. **Milho doce: viabilidade técnica de produção em Campos dos Goytacazes - RJ**. Niterói, RJ: PESAGRO-RIO, 2002. (Comunicado Técnico, 275).

VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p. 30-32.

VILAS BOAS, B. M. **Avaliação da qualidade de mangas Tommy Atkins minimamente processadas e tratadas quimicamente**. 2003. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

VITTI, M. C. D. et al. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, 2003.

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A. Prontos para o consumo. **Revista Frutas & Legumes**, p. 24-28, ago./set. 2002.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 50, p. 116-122, May 1990.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2. p. 115-125. Nov. 1996.

WILEY, R. C. Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: Wiley, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. Cap. 3, p. 66–134.

WONG, A. D. et al. *Shrunken-2* sweet corn yield and the chemical components of quality. **Journal of the American Society for Horticultural**, v.119, n.4, p.747-755, 1994.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packing of fresh produce. **Food Technology**, v.42, n.9, p.70-77, 1988.

ZHU, S.; MOUNT, J. R.; COLLINS, J. L. Sugar and soluble solids changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays* L). **Journal of Food Science**, v. 57, n. 2, p.454-457, Mar. 1992.

CAPÍTULO 2

MILHO VERDE MINIMAMENTE PROCESSADO: CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. Milho verde minimamente processado: conservação pós-colheita em diferentes temperaturas. In: _____. **Qualidade e vida útil de milho verde minimamente processado**. 2007. Cap. 2, p. 52-87. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Frutas e hortaliças minimamente processadas devem apresentar características de frescor, qualidade sensorial e nutricional adequadas, conveniência e segurança aos consumidores. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de três diferentes temperaturas ($5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $11\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) na qualidade do milho verde do tipo normal minimamente processado, durante oito dias de armazenamento, quanto aos aspectos físicos, físico-químicos e químicos. As análises foram realizadas a cada dois dias. Foram utilizadas espigas de dois híbridos de milho verde do tipo normal, sendo um comercial da empresa Agroceres (Ag 1051) e outro do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa HT1). A temperatura de 5°C foi a que melhor preservou a qualidade dos híbridos de milho verde do tipo normal estudados, por proporcionar perda de massa reduzida e maiores teores de sólidos solúveis, frutose e glicose. A temperatura de 11°C foi a que proporcionou maiores perdas de massa, menor valor médio para os sólidos solúveis e maiores quedas nos valores iniciais de frutose e glicose, não sendo, então, indicada para o armazenamento dos milhos verdes minimamente processados. O genótipo Ag 1051 apresentou menor perda de massa, maiores valores de umidade e maior teor de frutose. O genótipo Embrapa HT1 apresentou maiores valores iniciais e finais para os sólidos solúveis e maior valor b^* , indicando coloração amarela mais intensa. A acidez titulável aumentou durante o armazenamento, enquanto que o pH diminuiu, independente do híbrido e da temperatura. O valor L^* também diminuiu ao longo do armazenamento, refletindo escurecimento das espigas ao longo do armazenamento.

* Comitê Orientador: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (orientador), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (co-orientador).

ABSTRACT

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. Fresh cut green corn: post-harvest conservation under different temperatures. In: _____. **Quality and shelf life of fresh-cut green corn**. 2007. Cap. 2, p. 52-87. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Fresh cut fruits and vegetables should present adequate characteristics of freshness, sensorial and nutritional quality, convenience and safety to consumers. This work was designed to evaluate the effect of three different temperatures ($5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ and $11\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) on the quality of the fresh-cut normal corn, for 8 days' storage as regards the physical, physicochemical, chemical aspects. The analyses were accomplished every two days. Ears of two green corn hybrids of the normal type, one being commercial of Agrocere (Ag 1051) and the other of the breeding program of Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa HT1) were utilized. The temperature of 5°C was more efficient in the maintenance the quality of normal corn for providing to loss mass reduced higher values of soluble solids, fructose and glucose. The temperature of 11°C was the one which presented higher mass losses, lower average value for the soluble solids and higher fall in the initial values of fructose and glucose, its not being indicated for the storage of fresh cut green corns. The genotype Ag 1051 presented lower mass loss, higher values of moisture and higher content of fructose. The genotype Embrapa HT1 presented greater initial and final values for soluble solids and greater value b^* , indicating more intense yellow coloration. Independent of the temperature and normal corn hybrid titrable acidity increased during storage, while pH decreased. The value L^* also decreased along storage, presenting browning of the corns along storage.

Guidance Committee: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (Adviser), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (Co-Adviser).

1 INTRODUÇÃO

O milho verde *in natura*, devidamente limpo e embalado, está sendo cada vez mais ofertado no mercado de produtos minimamente processados. No entanto, os cuidados necessários para a manutenção de características adequadas, o que proporcionaria a comercialização de um produto de alta qualidade, não estão sendo observados (Marcos et al., 1999).

Têm-se utilizado, para o consumo do milho verde, cultivares comumente recomendadas para a produção de grãos. Entretanto, esse tipo de milho não satisfaz às exigências do mercado comprador de milho verde em saca com palha e nem do comercializado sem palha, em bandejas com filme plástico. Dessa forma, a crescente demanda por milho verde de qualidade obrigou as empresas produtoras de sementes de milho para grãos a desenvolverem cultivares que atendam às exigências do mercado consumidor quanto às seguintes características: grãos dentados amarelos, espigas grandes e cilíndricas, sabugo claro e fino, pericarpo delicado e espigas bem empalhadas, com longevidade de colheita, devendo apresentar também boa resistência à lagarta-da-espiga (*Heliothis zea*) (Arias et al.; 2004; Fornasiere Filho et al., 1988; Pereira Filho et al., 2003).

Como o milho verde é extremamente perecível, devido ao seu alto teor de água (70% a 80% de umidade), desidratando-se rapidamente, é possível preservar sua qualidade pela retenção de seu metabolismo, via redução da temperatura.

O uso de refrigeração no armazenamento de produtos hortícolas é um dos mais importantes e simples procedimentos para retardar a deterioração pós-colheita. Por isso, ela é uma barreira efetiva para estender a vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas (Nunes & Emond, 2003). Baixas

temperaturas retardam o crescimento da maioria dos microrganismos, diminuem a taxa respiratória e a transpiração e são eficazes na redução das atividades enzimáticas (Luengo, 2001).

Como os produtos minimamente processados são muito mais perecíveis do que os que lhe deram origem, eles deveriam ser armazenados em temperaturas menores do que as recomendadas para estes últimos. O ideal seria a 0°C, porém, por razões econômicas, o que se encontra, na prática são temperaturas ao redor de 5°C e, algumas vezes, sob temperaturas mais elevadas como 10°C. No entanto, armazenar a essa temperatura mais elevada pode apressar a deterioração, devido ao quociente de temperatura de respiração (Q_{10}) das reações biológicas (Schlimme, 1995; Kader, 2002).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes temperaturas na qualidade do milho verde do tipo normal minimamente processado, durante 8 dias de armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Foram utilizadas espigas de dois híbridos triplos de milho verde do tipo normal sendo um comercial da empresa Agroceres (Ag 1051) e outro do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa HT1). Os milhos foram cultivados em campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, em condições controladas de adubação e de manejo de pragas e doenças. Cada híbrido foi plantado numa área de 80m², com espaçamento de 0,80m entre fileiras com densidade de 50.000 plantas por hectare.

A colheita foi realizada no dia 15 de fevereiro de 2006 e o milho foi colhido no ponto em que os grãos apresentavam fase leitosa, conhecido como “ponto de milho verde”. As espigas empalhadas foram acondicionadas e transportadas, no dia seguinte, para a Planta Piloto de Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ, para a realização do processamento mínimo.

2.2 Processamento mínimo

O processamento mínimo das espigas de milho verde, separadamente, por híbrido, foi realizado no dia 16/02/2006.

O processamento foi realizado na sala de Processamento Mínimo da Planta Piloto de Pós-Colheita, adotando-se as condições higiênicas necessárias dos balcões e utensílios, que foram previamente lavados com detergente neutro e sanificados com solução de hipoclorito de sódio a 200mg.L⁻¹. Os manipuladores usaram aventais, máscaras, touca e luvas descartáveis, sempre higienizando as mãos com etanol 70%(v/v).

As espigas foram processadas seguindo-se o fluxograma da Figura 1, segundo o qual, primeiramente, retirou-se delas a palha superficial, por terem

vindo sujas do campo, eliminando-se aquelas atacadas por lagartas. Posteriormente, realizou-se uma pré-lavagem das espigas com água corrente, para a retirada da sujidade restante da palha. Esta etapa foi feita na área suja do processamento.

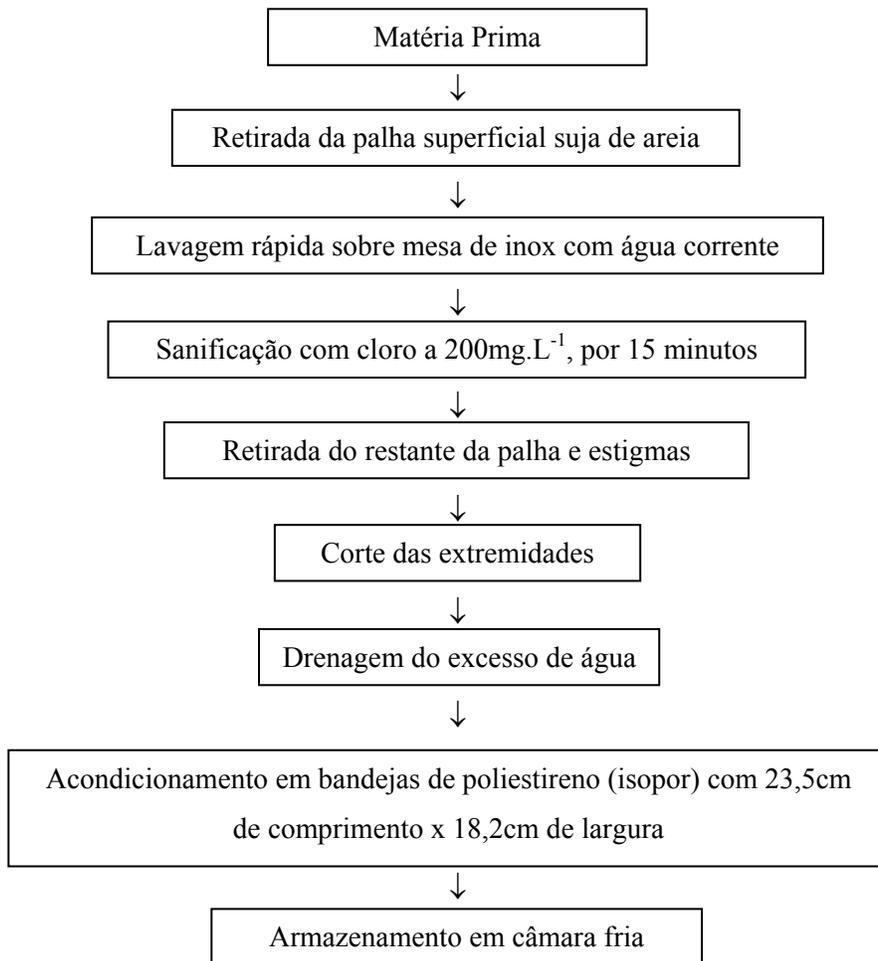


FIGURA 1 Adequação do fluxograma do processamento mínimo de milho verde, para o experimento de determinação de temperatura ideal de conservação. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Em seguida, em sala climatizada a $15\pm 3^{\circ}\text{C}$, realizou-se a sanificação das espigas. As mesmas foram imersas em água a $5^{\circ}\pm 2\text{C}$, contendo $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloro ativo, por 15 minutos. Em seguida, removeu-se o restante da palha e dos estigmas, efetuou-se o corte das extremidades das espigas com facas de aço inox e drenagem do excesso de água em bancada coberta com papel-toalha. Nesta etapa, promoveu-se nova seleção das espigas retirando-se aquelas mal granadas e as atacadas por lagartas que, por ventura, não foram detectadas na etapa anterior. As espigas foram acondicionadas em bandejas de poliestireno, com dimensões de 23,5cm de comprimento x 18,2cm de largura, cada uma com duas unidades (Figura 2). O armazenamento das embalagens foi feito em câmaras de refrigeração com umidade relativa (UR) de $90\pm 5\%$, em três temperaturas diferentes: $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $11\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, por 8 dias. As bandejas foram armazenadas aleatoriamente no interior da câmara fria, com três repetições para cada híbrido em cada temperatura, aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias.



FIGURA 2 Milho verde acondicionado em bandejas de poliestireno, no armazenamento em câmara fria. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

2.3 Análises físicas, químicas e físico-químicas

As espigas de milho foram avaliadas, aos dias 0, 2, 4, 6 e 8, para as características descritas a seguir.

2.3.1 Determinação de perda de massa

A determinação da porcentagem de perda de massa foi calculada pela diferença entre a massa inicial das bandejas de milho verde e aquela obtida em cada data de avaliação, utilizando-se balança HD-12K pela seguinte equação:

$$PM = (mi-mf)/(mi) \times 100$$

Em que:

PM = perda de massa (%);

mi = massa inicial da bandeja com as espigas;

mf = massa final da bandeja com as espigas.

2.3.2 Determinação instrumental da cor (L*, b*)

A análise instrumental de cor foi realizada por reflectância no S & M Colour Computer modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 13mm de diâmetro. Os parâmetros de cor foram medidos em relação à placa branca. O valor L* representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). O valor b* indica variação de coloração do azul ao amarelo, variando entre -100 a +70.

As leituras foram feitas próximo às duas extremidades e na região central da espiga, num total de duas espigas por repetição. As amostras foram as mesmas no decorrer do armazenamento.

2.3.3 Determinação de firmeza

A firmeza dos grãos foi determinada por compressão em texturômetro modelo TA-Hdi, da Stable Micro System, acoplado com sonda Kramer Shear

Cell HDP/K35, usando célula carga de 5kg. O equipamento foi previamente configurado com velocidade do pré-teste: $2,00\text{mm s}^{-1}$, velocidade de compressão de $2,00\text{mm.s}^{-1}$ e velocidade de retorno de 10mm.s^{-1} . Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Para a análise, as espigas de milho foram debulhadas, com auxílio de facas de inox bem afiadas, e utilizaram-se 10g dos grãos de milho verde inteiro e sem cozimento, seguindo metodologia de Paes et al. (2004), adaptada por Mamede et al. (2006).

As análises descritas a seguir foram realizadas após a trituração e filtragem, em liquidificador, dos grãos de milho debulhados das duas espigas que compunham cada repetição.

2.3.4 Determinação dos sólidos solúveis

Determinaram-se os sólidos solúveis (SS) diretamente na polpa de milho filtrada, por leitura em refratômetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd, Tokyo, Japão), com compensação de temperatura automática a 25°C . Os resultados foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$, de acordo com a ISO 2173 (1978).

2.3.5 Determinação de pH

O pH foi determinado pelo titulador automático Mettler DL70, segundo o método 981.12 da AOAC (2000).

2.3.6 Determinação de acidez titulável

A acidez titulável (AT) foi determinada pelo titulador automático Mettler DL70 segundo o método 942.15 da AOAC (2000). Na preparação da amostra para titulação, 10g do extrato foram pesados e diluídos em 40 mL de água destilada degaseificada e tituladas com solução de NaOH 0,1N, até pH

8,1. O resultado foi expresso em g de ácido málico.(100g de polpa)⁻¹, assumindo ser o ácido orgânico presente em maior quantidade no milho.

2.3.7 Determinação de umidade

Determinou-se a umidade em estufa a 98°C-100°C, segundo o método 934.01 da AOAC (2000).

2.3.8 Determinação de glicose, frutose e sacarose

Os teores de glicose, frutose e sacarose foram determinados segundo Macrae (1998), por cromatografia líquida de alta eficiência. Aproximadamente 1g de amostra foi extraído com, aproximadamente, 10mL de água Milli-Q em ultra-som, por 20 minutos. Logo após, adicionaram-se 5mL de acetonitrila e o volume final foi ajustado para 25mL, com água Milli-Q. O extrato foi centrifugado e transferido diretamente para o frasco de injetor automático (*vial*), de onde 20µL foram injetados no cromatógrafo. As condições cromatográficas utilizadas foram: cromatógrafo líquido Waters Alliance 2695 com detetor de índice de refração Waters 2410, coluna Amino 4,6mm x 250mm (High Performance Carbohydrate), com temperatura 30°C, fase móvel acetonitrila 75% em água Milli-Q, com fluxo de 1,3mL/min.

2.3.9 Delineamento experimental

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com a temperatura na parcela e arranjo fatorial 2 x 5 nas subparcelas (2 híbridos e 5 tempos de armazenamento), com 3 repetições.

A parcela experimental foi constituída por uma bandeja de poliestireno (isopor) contendo duas espigas de milho verde.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Após a análise de variância, as médias,

quando significativas, dos fatores qualitativos (temperatura e híbrido) foram comparadas utilizando-se teste F e ou Tukey, adotando-se probabilidade de 1% e 5%. Para o fator quantitativo (tempo de armazenamento), os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado, adotando-se probabilidade de 1% e 5%, e também pelo coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

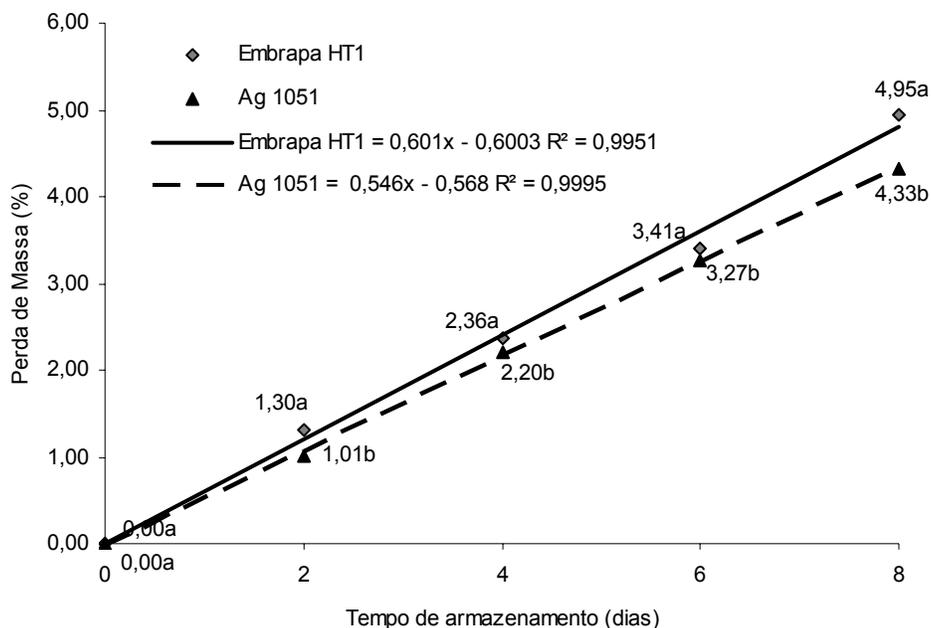
Perda de massa

Ocorreram diferenças significativas de perda massa para as interações híbrido-tempo de armazenamento e temperatura-tempo de armazenamento ($p<0,01$), e também para os fatores isolados temperatura, híbrido, tempo de armazenamento ($p<0,01$).

Observou-se aumento da perda de massa ao longo do armazenamento para os dois híbridos de milho verde, em todos os períodos estudados. O híbrido Embrapa HT1 apresentou maior perda de massa que o Ag 1051 durante o período de armazenamento (Figura 3).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o principal fator responsável pela perda de massa, durante o armazenamento de frutas e hortaliças, é a transpiração, que está intimamente relacionada com a respiração do produto. Perdas na ordem de 3% a 6% são suficientes para causar marcante declínio na qualidade, porém, alguns produtos são ainda comercializáveis, com perdas de umidade de até 10%.

Considerando-se que perdas de massa na ordem de 3% sejam suficientes para o declínio da qualidade das espigas de milho verde, pode-se observar, na Figura 3, que o híbrido Embrapa HT1 poderia ser comercializado até o 5º dia de armazenamento. Já o Ag 1051 manteve a sua qualidade por mais tempo, com vida útil de ± 6 dias de armazenamento.



*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

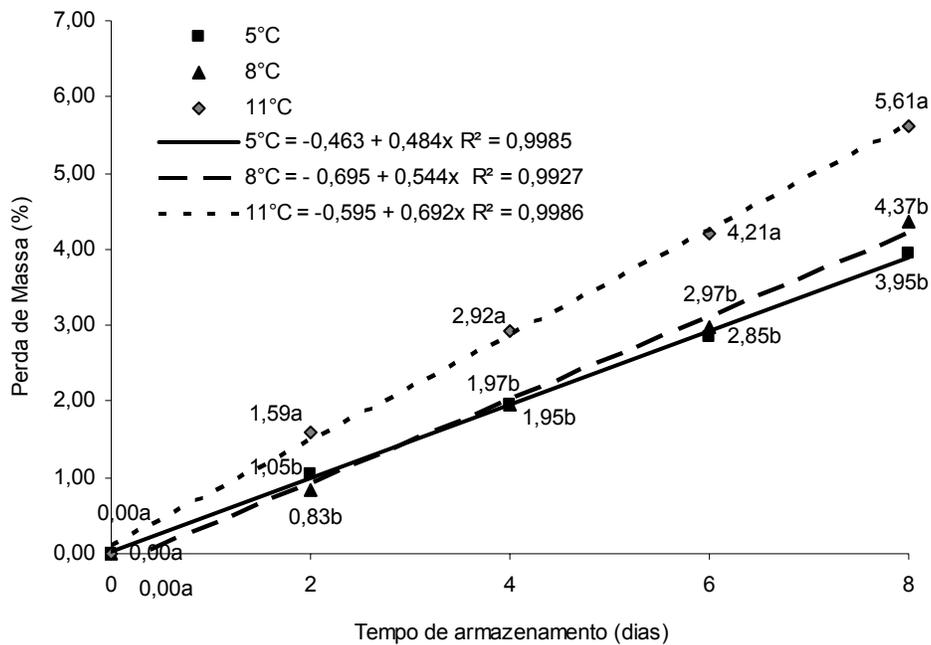
FIGURA 3 Estimativa da perda percentual de massa de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Produtos minimamente processados são altamente suscetíveis à perda de massa por causa da exposição dos tecidos internos e da ausência da casca protetora (Watada & Qi, 1999), principalmente em altas temperaturas (Watada et al., 1996).

Sabe-se que quanto menor a temperatura de armazenamento, menor é a taxa respiratória, logo, menor será a transpiração e, conseqüentemente, menor a perda de massa. Damiani (2005) observou, em pequis minimamente

processados, armazenados por 9 dias, perdas de massa de 1,0%, 1,7% e 3,0%, sob temperatura de 0°C, 5°C e 10°C, respectivamente.

Em milhos verdes minimamente processados as maiores perdas de massa foram encontradas no armazenamento a 11°C (Figura 4). Os valores de perda de massa para as temperaturas de 5°C e 8°C não diferiram estatisticamente entre si.



*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 4 Estimativa da perda percentual de massa de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Considerando-se as perdas de massa na ordem de 3%, a vida útil dos milhos verdes minimamente processados armazenados a 11°C foi até \pm o 4º dia de armazenamento, enquanto que, para as temperaturas de 5°C e 8°C, a vida útil foi de \pm 6 dias de armazenamento.

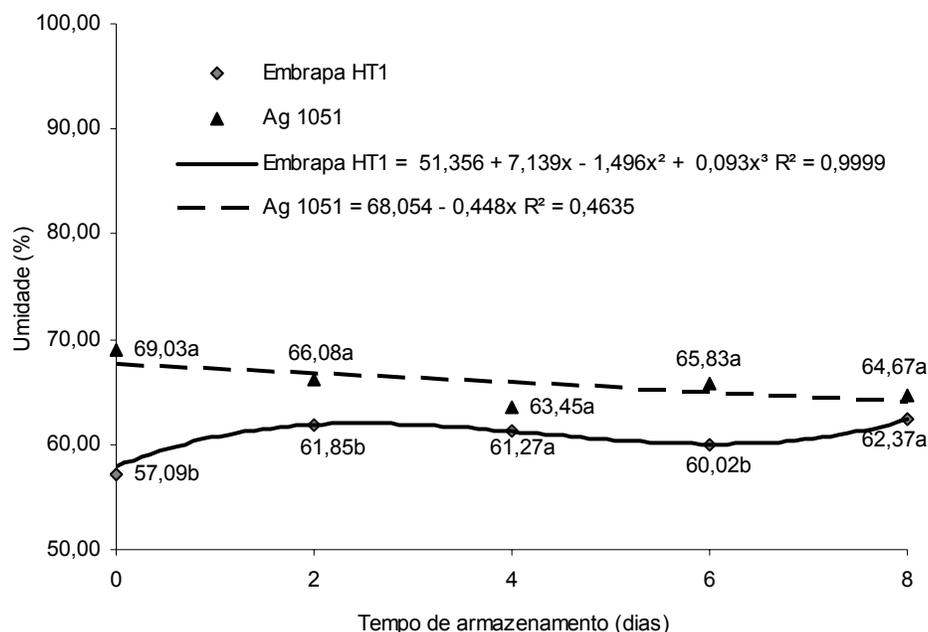
Com 8 dias de armazenamento, as espigas de milho verde minimamente processadas apresentavam-se muito ressecadas, principalmente as armazenadas sob 11°C. Por essa razão, o experimento foi interrompido com 8 dias de armazenamento.

Umidade

A porcentagem de umidade do milho verde foi influenciada significativamente pela interação híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelo híbrido ($p < 0,01$).

A porcentagem de umidade foi maior para o híbrido Ag 1051, em relação ao Embrapa HT1, com média de 65,81% e 60,52% de umidade, respectivamente.

Ocorreram flutuações nas porcentagens de umidade, para os dois híbridos estudados, ao longo do armazenamento (Figura 5). Essas variações podem ser atribuídas à variabilidade entre os milhos de um mesmo híbrido numa mesma colheita. Fato semelhante foi observado em estudo feito por Camacho et al. (2001) com híbridos de milho doce armazenados a 4°C, durante 28 dias.



*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 5 Estimativa da umidade (%) em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Firmeza

Ocorreram diferenças significativas de firmeza para a interação temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e para os fatores isolados temperatura ($p < 0,05$), híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O híbrido Embrapa HT1 apresentou valores médios de firmeza maiores que o Ag 1051, com 340,71N e 298,06N, respectivamente.

Para os híbridos de milho verde estudados, quanto maior a umidade dos grãos menor a firmeza, pois o Embrapa HT1 apresentou menores valores de umidade (Figura 4) e uma firmeza maior. Hale et al. (2004), estudando a firmeza

em cultivares de milho em épocas de colheita diferentes, 14 dias após a polinização (DAP), 19 DAP (maturidade comercial - “ponto de milho verde”) e 24 DAP, encontraram maiores valores de firmeza nos milhos verdes com menores teores de umidade, colhidos após a maturidade comercial, com valores de 1,21; 1,29 e 1,48(g/inch²), para cv. Rustler, a 14, 19 e 24 DAP, respectivamente.

Outro processo que pode estar associado com a firmeza em milho verde é a perda de massa. Como o principal fator de perda de massa é a transpiração, quanto maior a perda de água nos grãos de milho, maior a perda de massa, aumentando, assim, a firmeza. O híbrido Embrapa HT1 apresentou maiores perdas de massa e maior valor de firmeza nos grãos, em comparação ao Ag 1051.

Em relação à interação temperatura-tempo de armazenamento, os valores de firmeza foram estatisticamente diferentes somente na última data de avaliação. Milhos armazenados a 5°C apresentaram valores de firmeza maiores (396,57N), quando comparados às temperaturas de 8°C e 11°C, com valores de 273,81N e 276,81N, respectivamente (Tabela 1).

Esta diferença pode ser devido aos milhos armazenados em temperaturas mais elevadas e que já estavam entrando no estado de senescência, no qual já começam a ocorrer modificações na estrutura da parede celular, pela ação de enzimas (Chitarra, 2001), e ou a perda excessiva de água dos tecidos, com diminuição na turgescência. Por isso, a sonda Kramer não consegue realizar a força de compressão necessária para romper as células e medir a firmeza e, no movimento “bate e volta”, não executa a medição correta.

TABELA 1 Valores médios de firmeza (N) em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Firmeza (N)		
	5°C	8°C	11°C
0	319,61a	319,61a	319,61 ^a
2	292,57a	267,47a	311,45 ^a
4	282,53a	265,68a	286,91 ^a
6	389,35a	416,93a	371,81 ^a
8	396,57a	273,81b	276,81b

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

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

O teor de umidade tem relação direta com a textura, pois é um dos fatores responsáveis pelo turgor e pela firmeza do tecido (Chitarra & Chitarra, 2005).

Pode-se observar, pelo gráfico da Figura 6, que, nos primeiros dias de armazenamento, a firmeza diminuiu, devido a perda de água dos grãos de milho, ocorrendo a diminuição do turgor celular e, conseqüentemente, o decréscimo nos valores de firmeza. Porém, a partir do 4º dia de armazenamento, os valores de firmeza sofreram um aumento, seguido por um leve decréscimo no 8º dia. Este

aumento pode ter ocorrido pela maior resistência ao rompimento das células, pois com a perda de água dos tecidos, ocorre um “emborrachamento” das células do grão de milho.

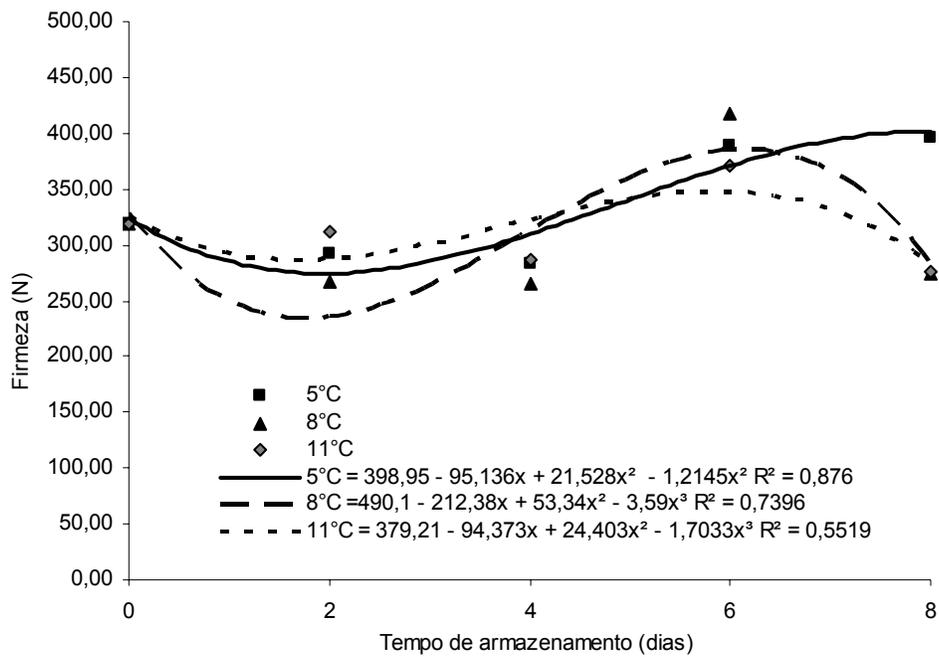


FIGURA 6 Estimativa de firmeza (N) de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

pH e Acidez titulável (AT)

As variáveis acidez titulável e pH foram influenciadas pelos fatores isolados híbrido ($p < 0,01$) e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O híbrido Embrapa HT1 apresentou menor valor médio de pH (6,42) e maior valor médio para a acidez (0,26mg ác. málico.100g⁻¹). Os valores de pH e acidez para híbrido Ag 1051 foram de 6,56 e 0,23mg ác. málico.100g⁻¹, respectivamente.

Durante o armazenamento, verificou-se uma diminuição no pH, seguida pelo aumento da acidez, com exceção do 6° para o 8° diaa de armazenamento, quando ocorreu um ligeiro decréscimo no valor da acidez (Figura 7 e 8).

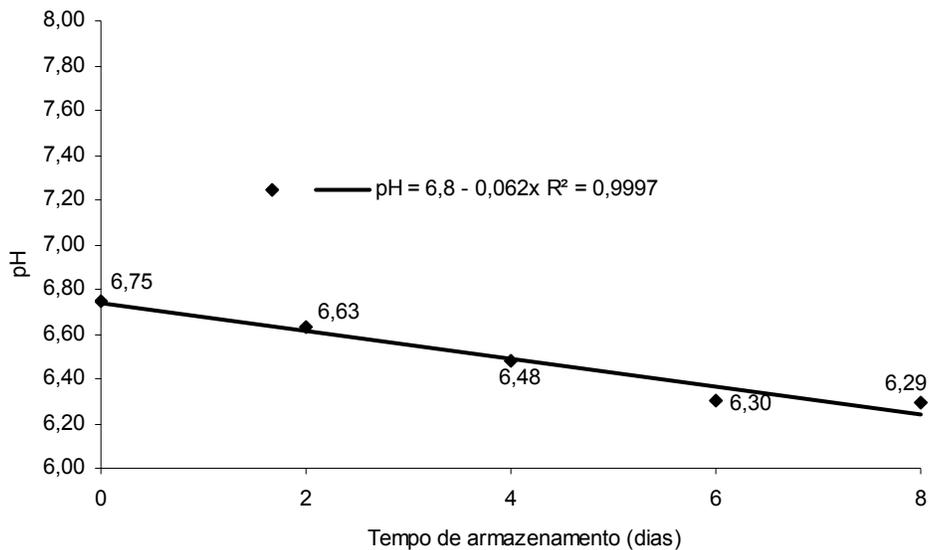


FIGURA 7 Estimativa do pH de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

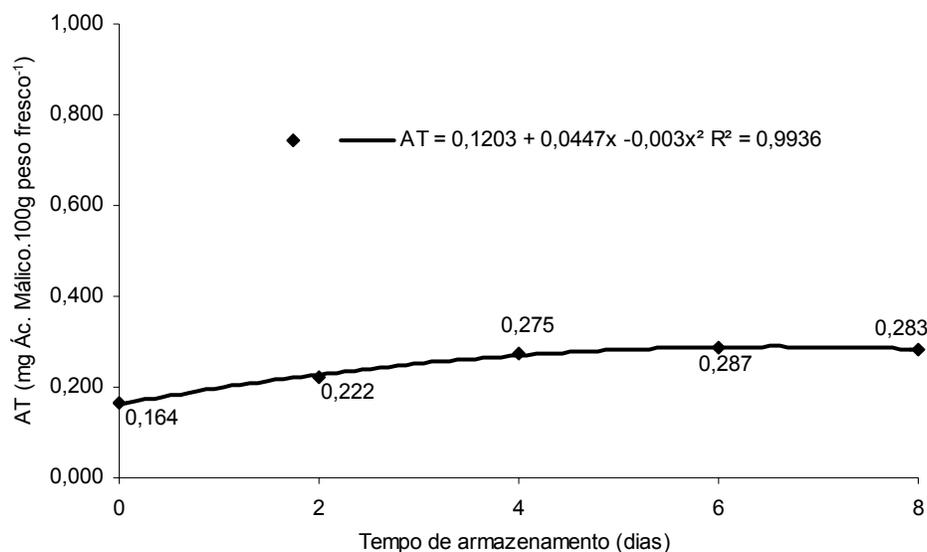


FIGURA 8 Estimativa de AT de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Deák et al. (1987) também evidenciaram queda nos valores de pH em milhos doces de cultivares amarela e branca, com e sem palha, respectivamente, durante o armazenamento a 10°C e 20°C.

Camacho et al. (2001) encontram diminuição nos valores de pH, com conseqüente aumento da AT em cultivares de milho doce armazenadas a 4°C, durante 28 dias. Neste trabalho, o milho encontrava-se com as duas primeiras palhas e embalado em bandejas de poliestireno cobertas com polietileno. Para a cv. 324 o valor pH caiu de 6,42 para 6,19 e a %AT aumentou de 0,23 para 0,41.

Sólidos solúveis (SS)

Os sólidos solúveis foram influenciados significativamente pela interação híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelos fatores isolados temperatura ($p < 0,01$) e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

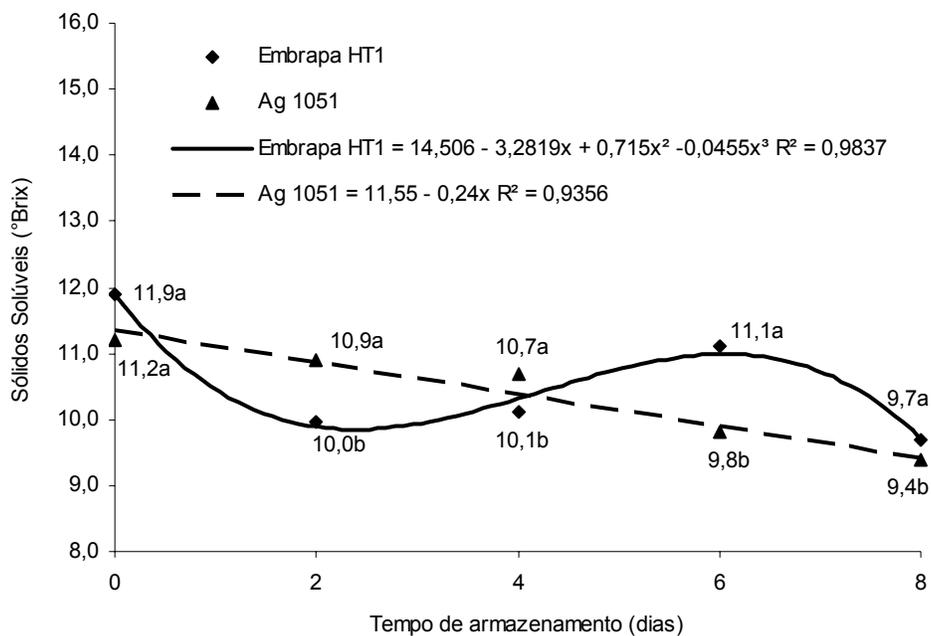
Os teores de SS foram significativamente maiores nas espigas armazenadas sob temperatura de 5°C (10,95°Brix) em relação a 8°C (10,35°Brix) e 11°C (10,08°Brix). Estas tiveram valores de SS estatisticamente iguais (Tabela 2).

TABELA 2 Valores médios dos SS em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Temperatura (°C)	SS (°Brix)
5	10,95a
8	10,35b
11	10,08b

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para o híbrido Ag 1051, observou-se, ao longo do armazenamento, redução nos SS de 11,2% para 9,4% (Figura 9). Já o híbrido Embrapa HT1 apresentou oscilações nos SS ao longo do armazenamento, com valores inicial e final de 11,9% e 9,7%, respectivamente. Zhu et al. (1992) encontraram redução nos SS de milho doce (16,8 para 15,8 °Brix) armazenado a 6°C por 5 dias. Esses valores sofreram oscilações semelhantes ao híbrido Embrapa HT1.



*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 9 Estimativa dos teores de sólidos solúveis (SS) de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

O teor de sólidos solúveis (SS) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que estes vão se acumulando no fruto. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas como ácidos orgânicos, vitaminas, fenólicos, pectina, etc (Chitarra, 2000).

A redução dos SS e dos açúcares, em milho verde, pode estar associada ao seu consumo no metabolismo respiratório, bem como na transformação dos

açúcares em amido ao longo do armazenamento, sendo maior em temperaturas mais elevadas, devido ao aumento da taxa metabólica.

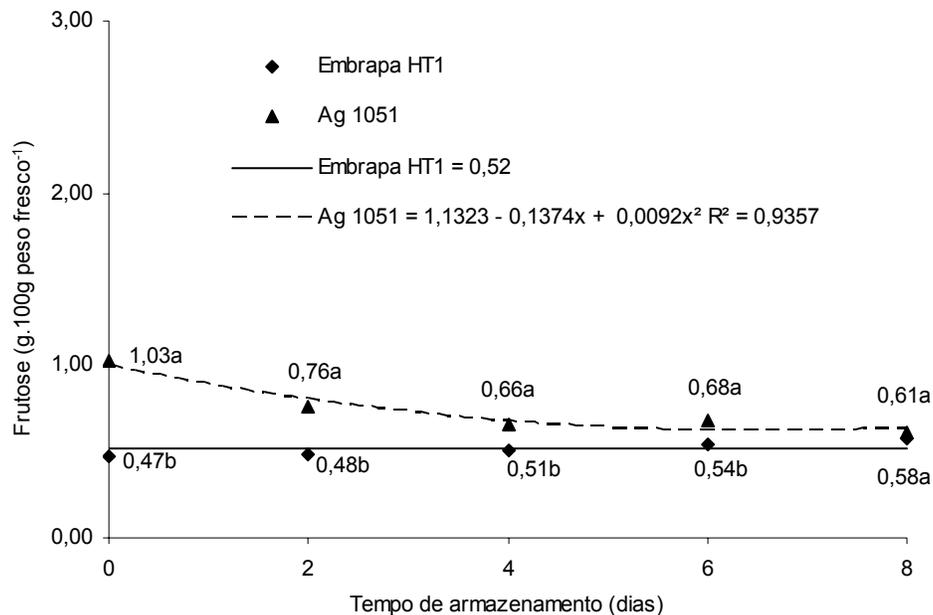
Marcos et al. (1999) verificaram aumento no teor de amido em híbridos de milho verde Ag 1051 armazenados 10°C e 20°C. O valor inicial encontrado pelos autores foi de 11,57%; após 48 horas de armazenamento o teor de amido subiu para 13,90% e 15,92%, a 10°C e 20°C, respectivamente.

Glicose, frutose e sacarose

A sacarose não foi detectada nos híbridos de milho verde estudados, em nenhum dos tempos avaliados. De acordo com Luengo & Calbo (2001), no milho verde armazenado a 21°C, o teor de sacarose pode ser reduzido em mais de 30% por dia. Como a colheita foi feita num dia e o transporte e processamento mínimo no dia seguinte, a sacarose pode ter sido invertida em glicose e frutose e parte pode ter sido usada para a síntese de amido.

Ocorreram diferenças significativas de frutose para as interações híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,05$) e para os fatores isolados híbrido e tempo de armazenamento.

Os teores de frutose foram maiores para o híbrido Ag 1051, até o 6º dia de armazenamento, decrescendo ao longo do armazenamento. Somente no 8º dia, os teores de frutose foram estatisticamente iguais, para ambos os híbridos. Para o híbrido Embrapa HT1, ao contrário do ocorrido com o 'Ag 1051', os teores de frutose apresentaram padrão estatisticamente constante, ao longo do armazenamento (Figura 10).



*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 10 Estimativa dos teores de frutose (g.100g⁻¹) de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

O teor de frutose no dia zero foi de 0,75g.100g de peso fresco⁻¹. Este foi significativamente semelhante nas três temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), no 2° e 8° dias de armazenamento. No 4° dia, a temperatura de 5°C apresentou maior teor de frutose, com 0,77g.100g de peso fresco⁻¹. No 6° dia de armazenamento a temperatura de 8°C apresentou maior teor de frutose que a de 11°C; a temperatura de 5°C foi apresentada teor de frutose significativamente semelhante à de 8°C e à de 11°C (Tabela 3).

TABELA 3 Valores médios dos teores de frutose ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C , 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Frutose ($\text{g}\cdot 100\text{g}$ de peso fresco $^{-1}$)		
	5°C	8°C	11°C
0	0,75a	0,75a	0,75a
2	0,64a	0,71a	0,53a
4	0,77a	0,49b	0,50b
6	0,63ab	0,72a	0,49b
8	0,63a	0,63a	0,53a

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

Os teores de frutose apresentaram padrão estatisticamente constante para as temperaturas de 5°C e 8°C , ao longo do armazenamento. No armazenamento a 11°C os teores de frutose diminuíram ao longo do armazenamento, apresentando um ligeiro aumento no 8º dia (Figura 11).

As flutuações na quantidade de frutose ao longo do armazenamento podem ser atribuídas à variabilidade entre os milhos de um mesmo híbrido, numa mesma colheita.

O decréscimo nos teores de frutose ao longo do armazenamento pode estar associado ao consumo desse açúcar no processo respiratório e ao seu uso na síntese de amido; a frutose é fosforilada, com auxílio de uma hexoquinase, a frutose-6-P, sendo, então utilizada como substrato na respiração e na síntese de amido.

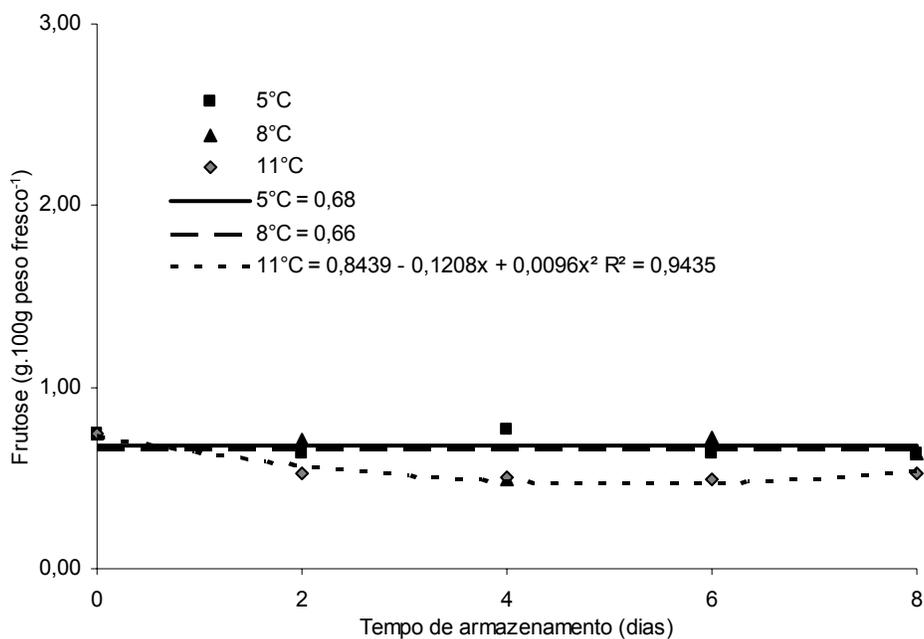


FIGURA 11 Estimativa dos teores de frutose de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

A glicose foi influenciada significativamente pela tripla temperatura-híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,05$), pelas interações híbrido-tempo de armazenamento, temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelos fatores isolados genótipo e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O híbrido Embrapa HT1 apresentou teores de glicose estatisticamente semelhantes até o 6º dia de armazenamento. No 8º dia, a temperatura de 8°C proporcionou teor de glicose significativamente igual aos da temperaturas de 5°C e 11°C, com maior teor de glicose para 5°C, comparado à de 11°C (Tabela 4).

Para o híbrido Ag 1051, os teores de glicose foram semelhantes para os dias zero, 6 e 8. No 2º dia de armazenamento, a temperatura de 5°C proporcionou teor de glicose estatisticamente igual a 8°C e 11°C, com maior teor de glicose para 8°C, comparado à de 11°C. No 4º dia, o teor de glicose foi maior para a temperatura de 5°C, seguida por 11°C e 8°C (Tabela 4).

TABELA 4 Valores médios dos teores de glicose em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Glicose (g.100g de peso fresco ⁻¹)					
	Ag 1051			Embrapa HT1		
	5°C	8°C	11°C	5°C	8°C	11°C
0	1,62a	1,62a	1,62a	0,96a	0,96a	0,96a
2	1,03ab	1,20a	0,74b	0,96a	0,85a	0,70a
4	1,26a	0,52c	0,91b	0,93a	0,81a	0,75a
6	0,90a	0,99a	0,78a	0,75a	1,03a	0,72a
8	0,77a	1,00a	0,88a	1,12a	0,81ab	0,70b

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, para cada genótipo, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na avaliação inicial dos teores de glicose, o híbrido Ag 1051 apresentou maiores valores que o Embrapa HT1, nas três temperaturas estudadas. A partir do segundo dia de armazenamento, não se observaram mais diferenças estatísticas entre os teores de glicose nos milhos verdes minimamente processados, sob armazenamento a 11°C (Tabela 5).

No quarto dia de armazenamento, sob temperatura de 5°C, o teor de glicose também foi superior para híbrido de Ag 1051. No oitavo dia, este teor foi significativamente inferior, para o mesmo híbrido (Tabela 5).

Para a temperatura de 8°C, o teor de glicose no híbrido Ag 1051 foi significativamente superior até o segundo dia de armazenamento, sendo inferior no quarto dia. Os teores de glicose foram estatisticamente iguais no sexto e oitavo dias para ambos os genótipos estudados.

TABELA 5 Valores médios dos teores de glicose em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Glicose (g.100g de peso fresco ⁻¹)					
	5°C		8°C		11°C	
	Ag 1051	Embrapa HT1	Ag 1051	Embrapa HT1	Ag 1051	Embrapa HT1
0	1,62a	0,96b	1,62a	0,96b	1,62a	0,96b
2	1,03a	0,96a	1,20a	0,85b	0,74a	0,70a
4	1,26a	0,93b	0,52b	0,81a	0,91a	0,75a
6	0,90a	0,75a	0,99a	1,03a	0,78a	0,72a
8	0,77b	1,12a	1,00a	0,81a	0,88a	0,70a

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, para cada temperatura, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O teor de glicose do híbrido Ag 1051 diminuiu ao longo do armazenamento a 5°C. Nas demais temperaturas, houve redução até, aproximadamente, o quarto dia, com aumento posterior. Para o híbrido Embrapa HT1, o teor de glicose não se alterou durante o armazenamento nas três temperaturas estudadas (Figura 12), sendo maior para a temperatura de 5°C.

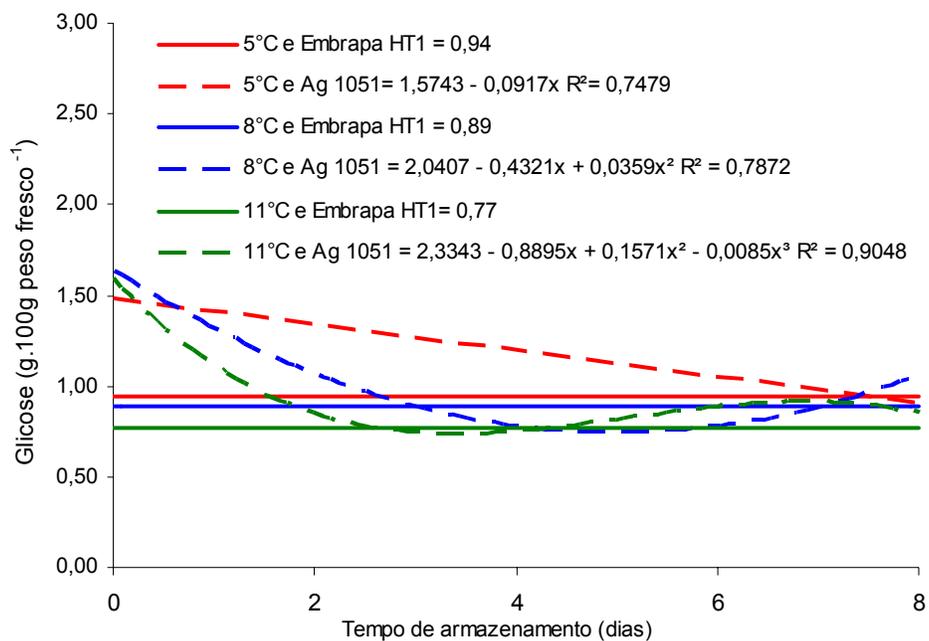


FIGURA 12 Estimativa dos teores de glicose de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Essas flutuações nos teores de glicose podem ser atribuídas à variabilidade entre os milhos de um mesmo híbrido, numa mesma colheita. O decréscimo nos teores de glicose ao longo do armazenamento, como na frutose, pode estar associado ao seu consumo no processo respiratório e como substrato para a síntese de amido.

Na síntese de amido, no milho verde, ocorre a formação de polissacarídeos solúveis em água (Myers et al., 2000). Estes são medidos como sólidos solúveis, por isso, os teores de SS são bem maiores que os de açúcares.

Hale et al. (2005b) e Zhu et al. (1992) encontraram correlações negativas para milho doce entre os valores de SS e açúcares totais.

Determinação da cor instrumental (L* e b*)

Valor L*

O valor L* foi afetado significativamente pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pela interação temperatura-híbrido ($p < 0,01$).

O valor L* diminuiu linearmente ao longo do armazenamento de 74,04 para 72,28 (Figura 13). Deák et al. (1987) também encontraram decréscimo nos valores de L* para milhos doces armazenados a 10°C e 20°C, durante 16 dias. Segundo os autores, geralmente, ocorre um escurecimento da cor do milho ao longo do armazenamento. Como o valor L* é um indicador do escurecimento, variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco), o resultado encontrado indica que houve escurecimento da epiderme dos milhos durante o armazenamento.

Este escurecimento, não visível a olho nu, pode ter ocorrido pela ação das enzimas polifenoloxidasas e peroxidase que estão associadas a modificações na coloração (Chitarra, 2001).

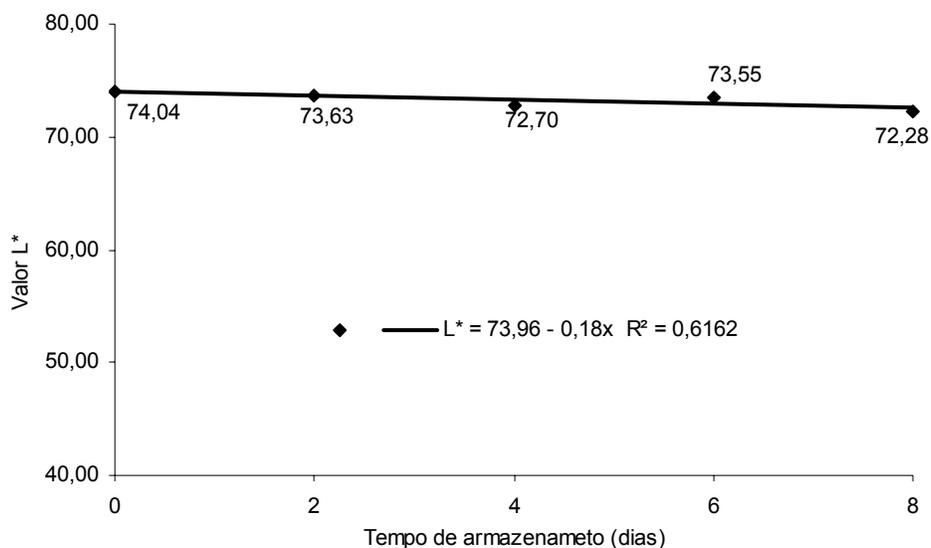


FIGURA 13 Estimativa do valor L* de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Na Tabela 6, pode-se constatar que as médias encontradas entre os híbridos foram significativamente diferentes somente para a temperatura de 8°C, pois o híbrido Ag 1051 apresentou maior valor L* (74,10) em relação ao Embrapa HT1 (72,74). Para um mesmo híbrido, não ocorreram diferenças com a variação das temperaturas de armazenamento.

TABELA 6 Valores médios de valor de L* em milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Temperatura (°C)	Valor L*	
	Embrapa HT1	Ag 1051
5	73,48Aa	73,21Aa
8	72,74Aa	74,10Ab
11	73,07Aa	72,82Aa

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

-Valor b*

Para o valor b*, ocorreu diferença significativa entre os híbridos (p<0,01).

O híbrido Embrapa HT1 apresentou maior valor b* (36,46) em relação ao Ag 1051 (35,49). Isto já era de se esperar porque, visualmente, o híbrido de milho verde Embrapa HT1 mostrou amarelo mais intenso que o Ag 1051. Verificou-se, portanto, haver uma relação direta entre carotenóides e valor b*, o que está de acordo com os resultados encontrados.

Os carotenóides são responsáveis pela coloração amarela do milho (Scott & Eldridge, 2005). Mamede et al. (2005), estudando os mesmos híbridos de milho verde, encontraram maiores valores de carotenóides totais para o genótipo Embrapa HT1, em comparação ao ‘Ag 1051’, com valores de 496,14 e 168,19µg carotenóides.(100g produto fresco)⁻¹, respectivamente.

4 CONCLUSÃO

A temperatura de 5°C foi a que melhor preservou a qualidade dos híbridos de milho verde do tipo normal minimamente processado estudados, por apresentar perda de massa reduzida e maiores teores de sólidos solúveis, frutose e glicose.

O híbrido Ag 1051 pode ser considerado mais apropriado para o processamento mínimo de milho verde do tipo normal, com base nos resultados de menor perda de massa, maior teor de umidade e frutose. Apesar de o híbrido Embrapa HT1 ter apresentado maiores teores de sólidos solúveis, este teor não pode ser considerado como índice adequado de qualidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, E. R. A. et al. Avaliação de cultivares para produção de milho verde, em diversas épocas de semeadura no município de Campo Grande, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: UNIDERP, 2004. v. 22. p. 1-5.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists.** 15th. ed. Washington, 2000. 2v.

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliça.** Lavras: UFLA/ FAEPE, 2000a. 68p. Apostila.

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

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

CAMACHO, C. et al. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz super dulce. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 2, p.180-186, jun. 2001.

DEÁK, T. et al. Extending the shelf life of fresh sweet corn by shrink-wrapping, refrigeration, and irradiation. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 6, p. 1625–1631, Nov. 1987.

DAMIANI, C. **Qualidade e perfil volátil de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) minimamente processado, armazenado sob diferentes temperaturas.** 2005. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

FORNASIERE FILHO, D.; CASTELLANE, P. D.; CIPOLLI, J. R. Efeitos de cultivares e épocas de semeadura na produção de milho verde. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 1, p.22-24, maio 1988.

Hale, T.A. et al. Penetrometer and taste panel perception of pericarp tenderness in *su*, *se*, and *sh2* sweet corn at three matrices. **HortTechnology**, v. 15, n. 2, p. 521-524, 2004.

HALE, T. A. et al. Taste panel perception of sweetness and sweetness acceptability compared to high pressure liquid chromatography analysis of sucrose and total sugars among three phenotypes (*su*, *se*, and *sh2*) at varying maturities of fresh sweet corn. **HortTechnology**, v. 15, n. 2, p. 313-317, Apr./June 2005a.

HALE, T. A.; HASSELL, R. L.; PHILLIPS, T. Refractometer measurements of soluble solid concentration do not reliably predict sugar content in sweet corn. **HortTechnology**, v. 15, n. 3, p. 668-672, Jul./Sept. 2005b.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2173**: fruit and vegetable products: determination of soluble solids content: refractometric method. Genève, 1978.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Oakland: University of California, 2002. Cap. 4, p. 39-47. (Publication, 3311).

LUENGO, R.F.A. Armazenamento refrigerado. In: LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. (Ed.). **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p.60-65.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p.201-203.

MACRAE, R. **Food science and technology**: a series of monographs: HPLC in food analysis. 2nd ed. New York: Academic, 1998. p. 77.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Determinação da firmeza de grãos de milho verde minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 1., 2006, São Pedro. **Resumos...** São Pedro-SP, 2006. p. 192-192.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Efeito da saponificação na extração dos carotenóides em milho verde minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 10., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: SBCTA, 2006. p. 1185.

MARCOS, S.K. et al. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.41-44, 1999.

MYERS, A. M. Recent progress toward understanding biosynthesis of the amylopectin crystal. **Plant Physiology**, v. 122, p. 989–997, April 2000.

NUNES, M. C. do N.; EMOND, J. P. Storage temperature. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 2003. Cap. 8, p. 209-228.

PAES, M. C. D.; MODESTA, R. C. D.; GAMA, E. E. G. Textura em grãos de híbridos experimentais destinados à produção de milho verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2004. p. 513.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. e. Cultivares de milho para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap. 1, p. 17-30.

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

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p.551-559, 2005.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2. p. 115-125. Nov. 1996.

WATADA, A.E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology Technology**, v.15, p.201-205, 1999.

ZHU, S.; MOUNT, J. R.; COLLINS, J. L.. Sugar and Soluble Solids Changes in Refrigerated Sweet Corn (*Zea mays* L). **Journal Of Food Science**, v. 57, n. 2, p.454-457, Mar. 1992.

CAPÍTULO 3

MILHO DOCE MINIMAMENTE PROCESSADO: CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. Milho doce minimamente processado: conservação pós-colheita em diferentes temperaturas. In: _____. **Qualidade e vida útil de milho verde minimamente processado**. 2007. Cap. 2, p. 91-130. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

O milho doce é um tipo especial de milho, de alto valor nutricional. Ele é mais rico em açúcares simples que o milho verde comum, pois possui como característica gene(s) que provoca(m) a redução da síntese de amido, o que causa acúmulo de açúcares solúveis no endosperma do grão. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de três diferentes temperaturas ($5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $11\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) na qualidade do milho verde com endosperma normal minimamente processado, durante 8 dias de armazenamento. As análises foram realizadas a cada 2 dias. Foram utilizadas espigas de dois híbridos de milho verde com endosperma doce *shrunk-2 (sh2)*, sendo um comercial da empresa Syngenta (Doce Tropical) e outro do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa HT1). A temperatura de 5°C foi mais eficiente na manutenção da qualidade de milho doce minimamente processado, pois proporcionou perda de massa reduzida, maiores teores de sólidos solúveis e sacarose. Sendo a sacarose a principal responsável pela qualidade em milho doce, conclui-se que a temperatura de 5°C foi a mais recomendada para o armazenamento de milho doce minimamente processado. A temperatura de 11°C foi a menos indicada para o armazenamento dos milhos doces minimamente processados, pois proporcionou maiores perdas de massa, menor teor de sacarose e sólidos solúveis ao longo do armazenamento, e maior acidez titulável. O híbrido Doce Tropical apresentou melhores resultados, sendo a mais indicada para processamento mínimo, pela menor perda de massa, menor acidez titulável e maiores teores de umidade e sacarose.

* Comitê Orientador: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (orientador), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (co-orientador).

ABSTRACT

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. Fresh cut sweet corn: post-harvest conservation under different temperatures. In: _____. **Quality and shelf life of fresh-cut green corn**. 2007. Cap. 3, p. 91-130. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Sweet corn is a special kind of corn with high nutritional value. It is richer in simple sugars than normal corn, since it possesses as a characteristic genes which provoke starch synthesis, which causes the accumulation of soluble sugars in the grain endosperm. This work was intended to evaluate the effect of 3 different temperatures ($5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $11\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) on the quality of the fresh-cut green corn with normal endosperm, for 8 days of storage. The analyses were performed every two days. Ears of two green corn hybrids with sweet endosperm *shrunken-2* (*sh2*) were utilized, one being commercial of the enterprise Syngenta (Doce Tropical) and the other of the breeding program of Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa Corn and Sorghum) (Embrapa HT1). The temperature of 5°C was the most efficient in the maintenance of the quality of fresh cut sweet corn for it presented mass loss reduced, higher contents of soluble solids and sucrose. Sucrose being the main responsible for the quality in sweet corn, it follows that the temperature of 5°C was the most recommended for the storage of fresh cut sweet corn. The temperature of 11°C was the least convenient for the storage of fresh cut sweet corns, for it presented higher mass losses, lower content of sucrose and soluble solids along storage and higher titrable acidity. The hybrid Doce Tropical showed better results, its being the most convenient for minimal processing, standing out the lowest mass losses, lowest titrable acidity and highest contents of moisture and sucrose.

Guidance Committee: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (Adviser), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

O milho doce é um tipo especial de milho, de alto valor nutricional, mais rico em açúcares simples que o milho verde comum, pois possui como característica genes que provocam a redução da síntese de amido, o que causa acúmulo de açúcares solúveis no endosperma do grão. Este baixo teor de amido o torna mais perecível que o milho normal, não sendo indicado para a elaboração de pratos como pamonha e curau (Valenti et al., 2002).

O milho doce é um dos mais populares vegetais nos Estados Unidos e Canadá. Seu consumo tem crescido na Ásia, Europa e América do Sul (Tracy, 2000; Hallauer, 2004), possuindo grande importância econômica.

Os dois genótipos de milho doce que dominam, atualmente, o mercado norte-americano são sugary enhancer (*se*) e shrunken-2 (*sh2*), responsáveis pelo aumento do seu consumo fresco (Hale et al., 2005).

O *su* é um mutante recessivo do milho normal e a sua mutação afeta o último passo da síntese de amido, resultando em acúmulo de amido muito reduzido, com maior acúmulo de açúcares no endosperma. Porém, ocorre um grande aumento nos polissacarídeos solúveis em água (cerca de 30 vezes) e um menor aumento na quantidade de sólidos solúveis (cerca de 2 vezes). Híbridos homocigotos *su* são caracterizados pela perda rápida da qualidade após a colheita, devido à perda de umidade e à conversão dos açúcares em amido no endosperma (Brecht et al., 1990; Wong et al., 1994; Azanza, Bar-Zur & Juvik, 1996).

O *se* é um mutante do *su* que produz altos níveis de açúcar sem comprometer os níveis de fitoglicogênio, um polissacarídeo solúvel em água, que contribui para a textura cremosa (em creme) (Hale et al., 2005).

O *sh2* é comumente chamado de “superdoce”. A sua mutação afeta os primeiros passos da síntese do amido, e também a síntese da enzima ADP-glicose fosforilase, chave na síntese do amido, causando acúmulo de sacarose. Este gen possui menores níveis de polissacarídeos solúveis em água e amido, e grande aumento na quantidade de sacarose. Os níveis de sacarose aumentam de 5 a 6 vezes e de 2 a 3 vezes, quando comparados aos milho normal e do *su*, respectivamente (Brecht et al., 1990; Hale et al., 2005; Camacho et al., 2001).

Appleman e Arthur (1919), citado por Oslen et al. (1990), relatam que a taxa da perda de açúcares em milho doce verde durante o armazenamento pós-colheita, aproximadamente dobra para cada aumento de 10°C na temperatura, entre a faixa de 0°C e 30°C.

Suslow e Cantwell (2006) recomendam que o milho doce seja armazenado em temperatura de 0°-1,5°C, com umidade relativa de 95%-98%, porém, a temperatura nunca deve ser menor que -0,6°C, pois pode-se correr o risco de congelamento da espiga.

Como os produtos minimamente processados são muito mais perecíveis do que os que lhe deram origem, eles deveriam ser armazenados em temperaturas menores do que as recomendadas para estes últimos. O ideal seria a 0°C, porém, por razões econômicas, o que se encontra na prática são temperaturas ao redor de 5°C e, algumas vezes, sob temperaturas mais elevadas como 10°C. No entanto, armazenar a essa temperatura mais elevada pode acelerar a deterioração, devido ao quociente de temperatura de respiração (Q10) das reações biológicas, que oscila de 3 a 7 acima de 10°C (Schlimme, 1995; Kader, 2002).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito diferentes temperaturas de armazenamento na qualidade do milho verde do tipo doce minimamente processado, durante 8 dias de armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Foram utilizadas espigas de dois híbridos de milho verde do tipo doce *shrunk-2 (sh2)*, sendo um comercial da empresa Syngenta (Doce Tropical) e outro do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa HT1 doce). Os milhos foram cultivados nos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, em condições controladas de adubação e de manejo de pragas e doenças. Cada híbrido foi plantado numa área de 80m², com espaçamento de 0,80 m entre fileiras, com densidade de 50.000 plantas por hectare.

A colheita do milho verde foi realizada no dia 15 de fevereiro de 2006. O milho foi colhido no ponto em que os grãos apresentavam fase leitosa, conhecido como “ponto de milho verde”. As espigas empalhadas foram acondicionadas e transportadas, no dia seguinte, para a Planta Piloto de Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ, para a realização do processamento mínimo.

2.2 Processamento mínimo

O processamento mínimo das espigas de milho verde, separadamente, por híbrido, foi realizado no dia 16/02/2006.

O processamento foi realizado na sala de Processamento Mínimo da Planta Piloto de Pós-Colheita, adotando-se as condições higiênicas necessárias dos balcões e utensílios, que foram previamente lavados com detergente neutro e sanificados com solução de hipoclorito de sódio a 200mg.L⁻¹. Os manipuladores usaram aventais, máscaras, touca e luvas descartáveis, sempre higienizando as mãos com etanol 70%(v/v).

As espigas foram processadas seguindo-se o fluxograma da Figura 1, segundo o qual, primeiramente, retirou-se delas a palha superficial, por terem vindo sujas do campo, eliminando-se aquelas atacadas por lagartas. Posteriormente, realizou-se uma pré-lavagem das espigas com água corrente, para a retirada da sujidade restante da palha. Esta etapa foi feita na área suja do processamento.

Em seguida, em sala climatizada a $15\pm 3^{\circ}\text{C}$, realizou-se a sanificação das espigas. As mesmas foram imersas em água a $5^{\circ}\pm 2\text{C}$, contendo 200mg.L^{-1} de cloro ativo, por 15 minutos. Em seguida, removeu-se o restante da palha e dos estigmas, efetuou-se o corte das extremidades das espigas com facas de aço inox e drenagem do excesso de água em bancada coberta com papel-toalha. Nesta etapa, promoveu-se nova seleção das espigas retirando-se aquelas mal granadas e as atacadas por lagartas que, porventura, não foram detectadas na etapa anterior. As espigas foram acondicionados em bandejas de poliestireno, com dimensões de 23,5cm de comprimento x 18,2cm de largura, cada uma com duas unidades. O armazenamento das embalagens foi feito em câmaras de refrigeração com umidade relativa (UR) de $90\pm 5\%$, em três temperaturas diferentes: $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $11\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, por 8 dias. As bandejas foram armazenadas aleatoriamente no interior da câmara fria, com três repetições para cada híbrido em cada temperatura, aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias.

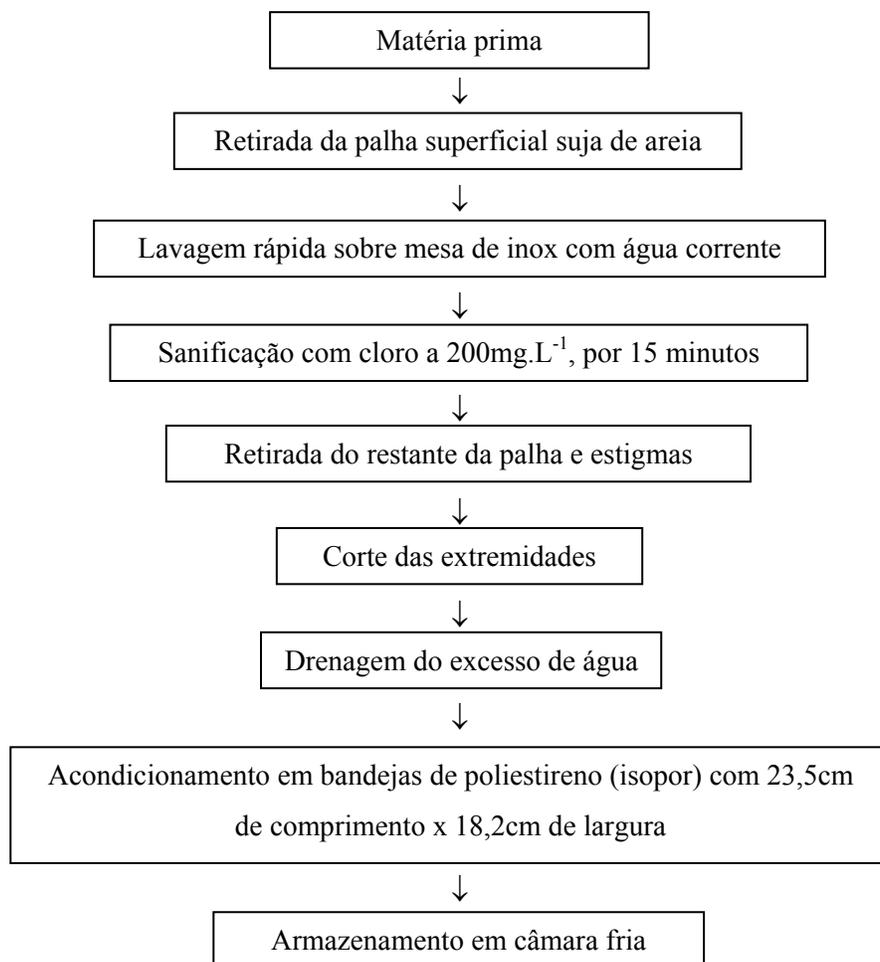


FIGURA 1 Adequação do fluxograma do processamento mínimo de milho verde, para o experimento de determinação de temperatura ideal de conservação. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

2.3 Análises físicas, químicas e físico-químicas

As espigas de milho foram avaliadas, aos dias 0, 2, 4, 6 e 8, para as características descritas a seguir.

2.3.1 Determinação de perda de massa

A determinação da porcentagem de perda de massa foi calculada pela diferença entre a massa inicial das bandejas de milho verde e aquela obtida em cada data de avaliação, utilizando-se balança HD-12K pela seguinte equação:

$$PM = (mi-mf)/(mi) \times 100$$

Em que:

PM = perda de massa (%);

mi = massa inicial da bandeja com as espigas;

mf = massa final da bandeja com as espigas.

2.3.2 Determinação instrumental da cor (L*, b*)

A análise instrumental de cor foi realizada por reflectância no S & M Colour Computer modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 13mm de diâmetro. Os parâmetros de cor foram medidos em relação à placa branca. O valor L* representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). O valor b* indica variação de coloração do azul ao amarelo, variando entre -100 a +70.

As leituras foram feitas próximo às duas extremidades e na região central da espiga, num total de duas espigas por repetição. As amostras foram as mesmas no decorrer do armazenamento.

2.3.3 Determinação de firmeza

A firmeza dos grãos foi determinada por compressão em texturômetro modelo TA-Hdi, da Stable Micro System, acoplado com sonda Kramer Shear Cell HDP/K35, usando célula carga de 5kg. O equipamento foi previamente configurado com velocidade do pré-teste: 2,00mm s⁻¹, velocidade de compressão de 2,00mm.s⁻¹ e velocidade de retorno de 10mm.s⁻¹. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Para a análise, as espigas de milho foram debulhadas, com auxílio de facas de inox bem afiadas, e utilizaram-se 10g dos grãos de milho verde inteiro e sem cozimento, seguindo metodologia de Paes et al. (2004), adaptada por Mamede et al. (2006).

As análises descritas a seguir foram realizadas após a trituração e filtragem, em liquidificador, dos grãos de milho debulhados das duas espigas que compunham cada repetição.

2.3.4 Determinação dos sólidos solúveis

Determinaram-se os sólidos solúveis (SS) diretamente na polpa de milho filtrada, por leitura em refratômetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd, Tokyo, Japão), com compensação de temperatura automática a 25°C. Os resultados foram expressos em °Brix, de acordo com a ISO 2173 (1978).

2.3.5 Determinação de pH

O pH foi determinado pelo titulador automático Mettler DL70, segundo o método 981.12 da AOAC (2000).

2.3.6 Determinação de acidez titulável

A acidez titulável (AT) foi determinada pelo titulador automático Mettler DL70 segundo o método 942.15 da AOAC (2000). Na preparação da amostra para titulação, 10g do extrato foram pesados e diluídos em 40 mL de água destilada degaseificada e tituladas com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,1. O resultado foi expresso em g de ácido málico.(100g de polpa)⁻¹, assumindo ser o ácido orgânico presente em maior quantidade no milho.

2.3.7 Determinação da umidade

Determinou-se a umidade em estufa a 98°C-100°C, segundo o método 934.01 da AOAC (2000).

2.3.8 Determinação de glicose, frutose e sacarose

Os teores de glicose, frutose e sacarose foram determinados segundo Macrae (1998), por cromatografia líquida de alta eficiência. Aproximadamente 1g de amostra foi extraído com, cerca de, 10mL de água Milli-Q em ultra-som, por 20 minutos. Logo após, adicionaram-se 5mL de acetonitrila e o volume final foi ajustado para 25mL, com água Milli-Q. O extrato foi centrifugado e transferido diretamente para o frasco de injetor automático (*vial*), de onde 20µL foram injetados no cromatógrafo. As condições cromatográficas utilizadas foram: cromatógrafo líquido Waters Alliance 2695 com detetor de índice de refração Waters 2410, coluna Amino 4,6mm x 250mm (*High Performance Carbohydrate*), com temperatura 30°C, fase móvel acetonitrila 75% em água Milli-Q, com fluxo de 1,3mL/min.

2.3.9 Delineamento experimental

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com a temperatura na parcela e arranjo fatorial 2 x 5 nas subparcelas (2 híbridos e 5 tempos de armazenamento), com 3 repetições.

A parcela experimental foi constituída por uma bandeja de poliestireno (isopor) contendo duas espigas de milho verde.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Após a análise de variância, as médias, quando significativas, dos fatores qualitativos (temperatura e híbrido) foram comparadas utilizando-se teste F e ou Tukey, adotando-se probabilidade de 1% e 5%. Para o fator quantitativo (tempo de armazenamento), os modelos de

regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado, adotando-se probabilidade de 1% e 5%, e também pelo coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perda de massa

Ocorreram diferenças significativas de perda massa para as interações temperatura-híbrido e temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e para os fatores isolados temperatura, híbrido ($p < 0,05$) e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Observou-se maior perda de massa no híbrido Embrapa HT1 doce sob temperaturas de armazenamento de 5°C (2,73%) e 8°C (2,57%). Para a temperatura de 11°C, não houve diferença significativa entre os híbridos estudados (Tabela 1).

Para o híbrido Embrapa HT1doce não ocorreram diferenças estatísticas para a perda de massa nas três temperaturas estudadas. O híbrido Doce Tropical apresentou maior perda de massa para a temperatura de 11°C (Tabela 1).

TABELA 1 Valores médios do percentual de perda massa em milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Temperatura (°C)	Perda de massa (%)	
	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce
5	2,12Bb	2,73Aa
8	2,11Bb	2,57Aa
11	3,86Aa	3,55Aa

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Türk et al. (2001) verificaram maiores valores para a perda massa em cultivares de milho doce armazenadas, a 0°C, por 7 dias (8,22% e 6,22% para as cultivares ‘Merit’ e ‘Bonanza’, respectivamente).

Maiores valores de perda de massa foram observados a 11°C em relação às temperaturas de 5°C e 8°C, ao longo do período de armazenamento (Figura 2), independente dos híbridos estudados. Os valores de perda de massa para 5°C e 8°C não apresentaram diferenças significativas durante todo o período de armazenamento (Tabela 2).

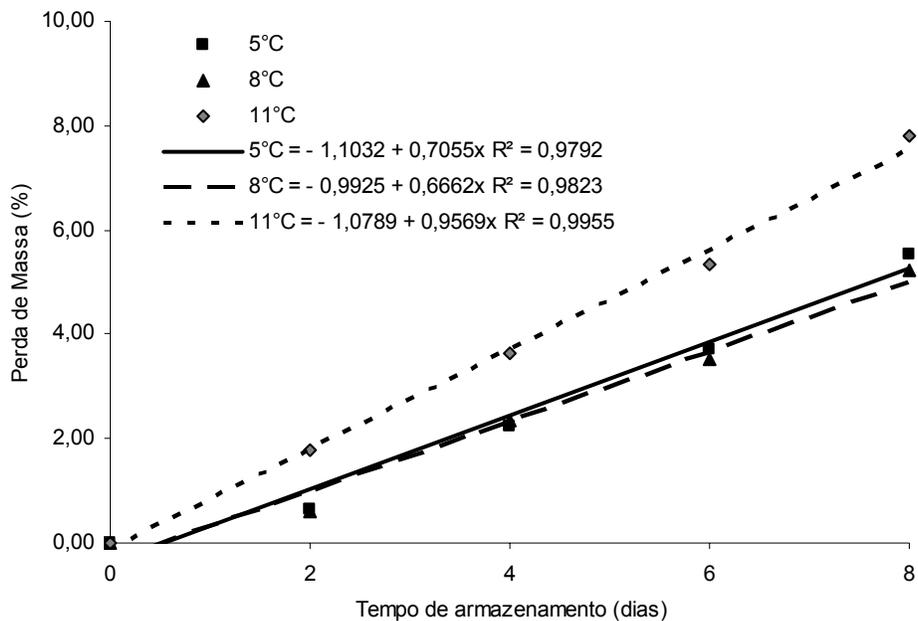


FIGURA 2 Estimativa da perda percentual de massa em milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

TABELA 2 Valores médios do percentual de perda massa em milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Perda de massa (%)		
	5°C	8°C	11°C
2	0,66ab	0,62b	1,77a
4	2,22b	2,34b	3,63a
6	3,71b	3,52b	5,34a
8	5,53b	5,21b	7,79a

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

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o principal fator responsável pela perda de massa durante o armazenamento de frutas e hortaliças é a transpiração, que está intimamente relacionada com a respiração do produto. Perdas na ordem de 3% a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, porém, alguns produtos são ainda comercializáveis com perdas de umidade de até 10%.

No presente estudo, as temperaturas de 5°C e 8°C não apresentaram perdas de massa acima de 6%. No entanto, a 11°C, no oitavo dia de armazenamento, a perda de massa foi de 7,79% e os milhos armazenados nesta temperatura apresentavam-se com a aparência muito ressecada, razão pela qual o experimento foi interrompido com 8 dias de armazenamento.

Umidade

A porcentagem de umidade do milho doce foi influenciada significativamente pela interação tripla temperatura-híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,01$), pelas interações duplas híbrido-tempo de

armazenamento e temperatura-tempo de armazenamento e ($p < 0,01$) pelos fatores isolados temperatura, híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O teor de umidade na avaliação inicial, dia zero, das espigas de milho doce minimamente processado foi estatisticamente superior para o híbrido Doce Tropical em relação ao Embrapa HT1 doce, com teores de umidade de 74,55% e 73,27%, respectivamente.

No segundo e quarto tempo de armazenamento a 5°C, os teores de umidade também foram superiores para o híbrido Doce Tropical. No sexto e oitavo dia, a umidade foi estatisticamente igual para ambos os híbridos. Sob armazenamento a 8°C, os teores de umidade tiveram flutuações durante todo o período de armazenamento. Para a temperatura de 11°C, os valores foram maiores para híbrido Doce Tropical, nos dias 0 e 2 de armazenamento; nos dias 6 e 8, a umidade foi estatisticamente igual para ambos os híbridos (Tabela 3).

TABELA 3 Valores médios de umidade (%) em milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Umidade (%)					
	5°C		8°C		11°C	
	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce
2	76,69a	69,89b	76,25a	74,77a	77,91a	73,91b
4	75,62a	72,27b	77,78a	75,14b	76,42a	74,35a
6	72,90a	72,81a	73,28b	75,85a	75,15a	74,49a
8	73,29a	74,49a	73,73a	69,47b	74,22a	75,20a

*Médias seguidas da mesma letra na linha, para cada híbrido, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os teores de umidade do híbrido Doce Tropical não diferiram estatisticamente entre si durante todo o tempo de armazenamento. Para o híbrido Embrapa HT1 doce, as temperaturas de 8°C e 11°C tiveram maiores teores de umidade ao longo do armazenamento (Tabela 4).

TABELA 4 Valores médios de umidade (%) em milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Umidade (%)					
	Doce Tropical			Embrapa HT1 doce		
	5°C	8°C	11°C	5°C	8°C	11°C
2	76,69a	76,25a	77,91a	69,89b	74,77a	73,91a
4	75,62a	77,78a	76,42a	72,27b	75,14a	74,35ab
6	72,90a	73,28a	75,15a	72,81b	75,85a	74,49ab
8	73,29a	73,73a	74,22a	74,49a	69,47b	75,20a

*Médias seguidas da mesma letra na linha, para cada temperatura, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Figura 3, pode-se observar que os valores de umidade foram diferentes para cada híbrido estudado, independente da temperatura de armazenamento. O híbrido Doce Tropical apresentou maiores teores de umidade que o híbrido Embrapa HT1 doce, ao longo do período de armazenamento.

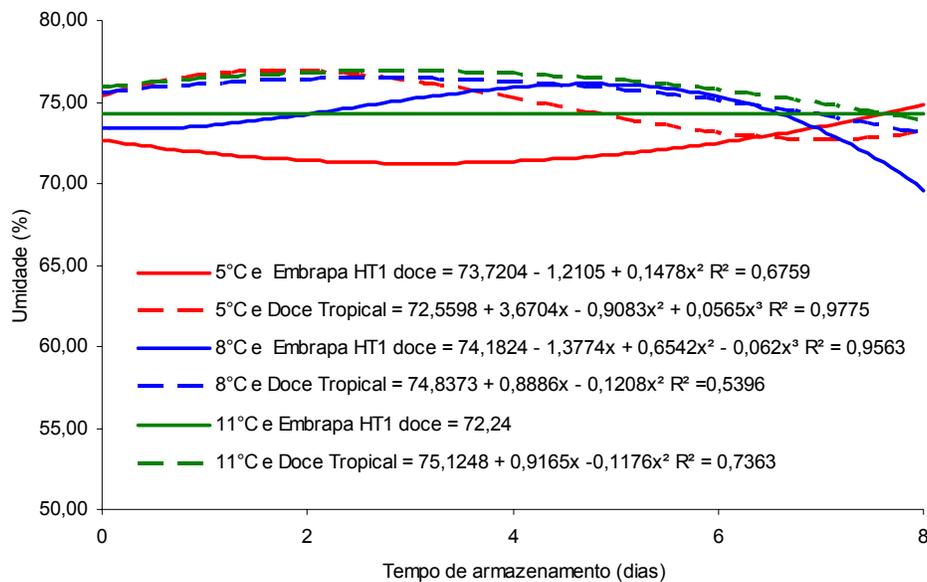


FIGURA 3 Estimativa da umidade (%) de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

As flutuações que ocorreram nas porcentagens de umidade nos dois híbridos estudados ao longo do armazenamento, em todas as três temperaturas estudadas (Figura 3), pode ser atribuída à variabilidade entre os milhos de um mesmo híbrido numa mesma colheita. Fato semelhante foi observado em estudo feito por Camacho et al. (2001) com híbridos de milho doce armazenados a 4°C durante 28 dias. Nesse trabalho, em que os milhos encontravam-se embalados com polietileno e com as duas primeiras palhas, a umidade aumentou e depois diminuiu, com flutuações de 75,64%, 78,12%, 77,56% e 76,87% ao longo do período de armazenamento para uma mesma cultivar. Evensen & Boyer (1986) também encontraram flutuações similares durante o armazenamento de milho doce a 0°C e 10°C, por 14 dias.

Firmeza

Ocorreram diferenças significativas de firmeza para os fatores isolados híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O híbrido Doce Tropical apresentou valor médio de firmeza maior que o Embrapa HT1 doce, com 334,63N e 292,37N, respectivamente.

A firmeza de milho doce minimamente processado apresentou um comportamento cúbico ao longo do armazenamento, com uma ligeira queda seguida por um aumento. A valor da firmeza no milho doce minimamente processado aumentou do dia 0 para o 8º dia de armazenamento (Figura 4).

A firmeza nos milhos doces minimamente processados apresentou comportamento inverso ao da umidade, isto é, quanto maior a umidade, menor a firmeza. Observando-se a Figura 3, pode-se afirmar que, no comportamento “geral”, a umidade aumentou até o quarto dia de armazenamento, correspondendo aos menores valores de firmeza (Figura 4). A partir do quarto dia de armazenamento, ocorreu uma redução no teor “geral” de umidade (Figura 3), correspondendo ao aumento da firmeza (Figura 4).

Resultados semelhantes foram encontrados por Hale et al. (2004), em cultivares de milho em épocas de colheita diferente, 14 dias após a polinização (DAP), 19 DAP (maturidade comercial - “ponto de milho verde”) e 24 DAP, verificando maiores valores de firmeza nos milhos verdes com menores teores de umidade, colhidos após a maturidade comercial, com valores de 1,21; 1,29 e 1,48(g/inch²) para cv. Rustler a 14, 19 e 24 DAP, respectivamente.

Deák et al. (1987) também verificaram valores crescentes de firmeza para milhos doces armazenados por 8 dias, a 10°C e 20°C, com valores de 7,47 e 8,75 Jx10⁻³, no início e no final do período experimental, respectivamente.

Este aumento de firmeza com o decréscimo do teor de umidade ao longo do armazenamento pode estar relacionado com a síntese de amido, que é um polímero de cadeia longa e confere certa rigidez ao grão de milho.

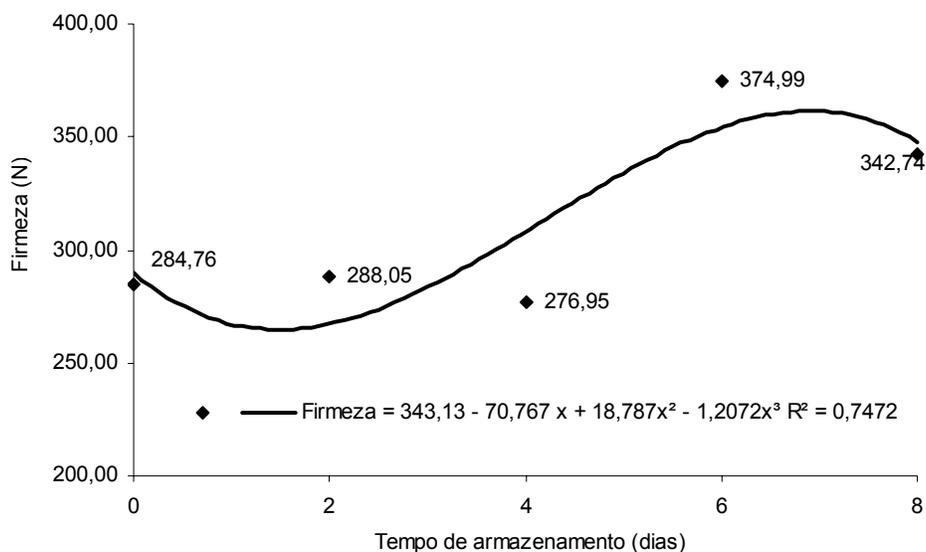


FIGURA 4 Estimativa da firmeza (N) de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

pH e Acidez titulável (AT)

As variáveis acidez titulável e pH foram influenciadas pela interação tripla temperatura-híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelas interações duplas híbrido-tempo de armazenamento e temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelos fatores isolados temperatura, híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Para o híbrido Embrapa HT1 doce, os valores de pH apresentaram comportamento cúbico para as temperaturas de 5°C e 11°C, em que o pH diminuiu até ± o sexto dia de armazenamento, seguido por um leve aumento até o oitavo dia. A temperatura de 8°C apresentou comportamento linear, com diminuição dos valores de pH durante o armazenamento (Figura 5).

No híbrido Doce Tropical, o valor de pH apresentou comportamento cúbico para todas as temperaturas de armazenamento, com aumento até ± o dia 1,5. A partir deste dia, o pH diminuiu até o sexto dia de armazenamento, voltando a aumentar até o oitavo dia (Figura 5).

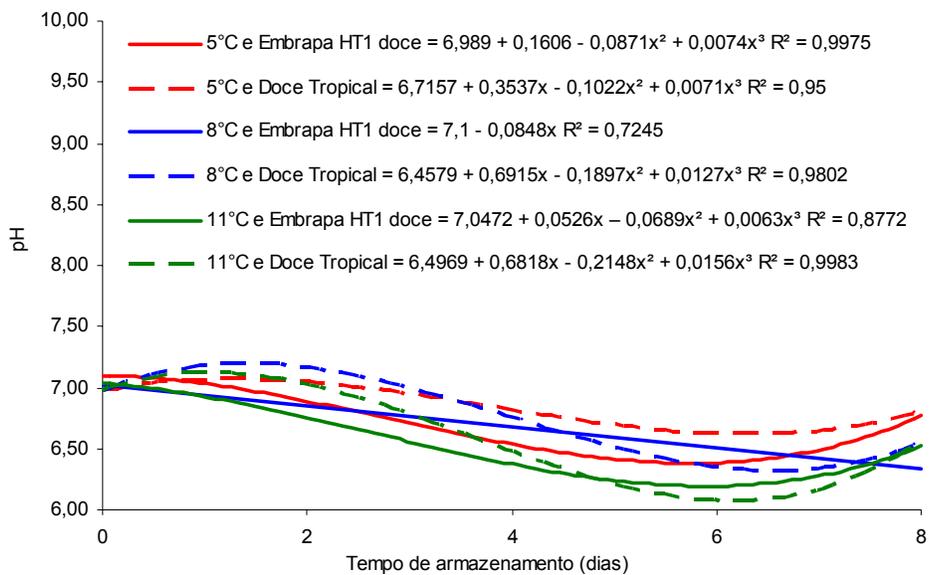


FIGURA 5 Estimativa de pH de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

A AT apresentou comportamento inversamente proporcional ao pH, isto é, à medida que o pH diminuiu ocorreu aumento da acidez.

A AT apresentou comportamento cúbico para o híbrido Embrapa HT1 doce armazenado a 5°C e 11°C, com aumento da AT até ± o sexto dia de

armazenamento, com um leve decréscimo da AT do sexto para o oitavo dia. A temperatura de 8°C proporcionou comportamento linear, com aumento da AT durante o armazenamento (Figura 6).

No híbrido Doce Tropical, a AT apresentou um leve decréscimo em todas as temperaturas de armazenamento, até ± o dia 1,5. A partir deste dia, a AT aumentou até o sexto dia de armazenamento, voltando a diminuir até o oitavo dia (Figura 6).

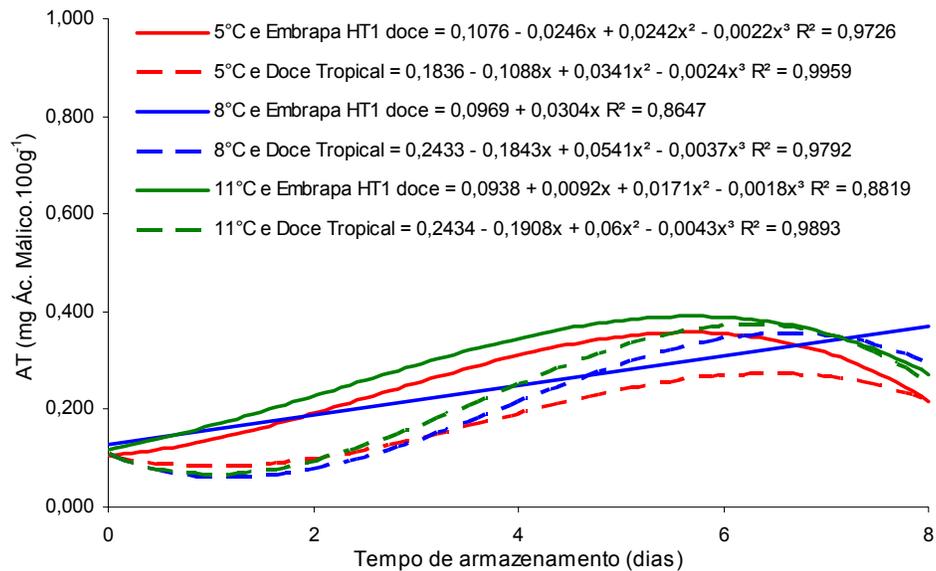


FIGURA 6 Estimativa de AT de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Deák et al. (1987) também evidenciaram queda nos valores de pH em milhos doces de cultivares amarela e branca, com e sem palha, respectivamente, durante o armazenamento a 10°C e 20°C.

Camacho et al. (2001) verificaram diminuição nos valores de pH, com conseqüente aumento da AT em cultivares milho doce armazenadas a 4°C durante 28 dias. Neste estudo, os milhos encontravam-se com as duas primeiras palhas e embalados em bandejas de isopor cobertas com polietileno. Para a cv. 324, o valor pH caiu de 6,42 para 6,19 e a %AT aumentou de 0,23 para 0,41. Segundo os autores, esse aumento na acidez pode estar relacionado com o aumento dos microrganismos aeróbios mesófilos nos milhos doces durante o armazenamento.

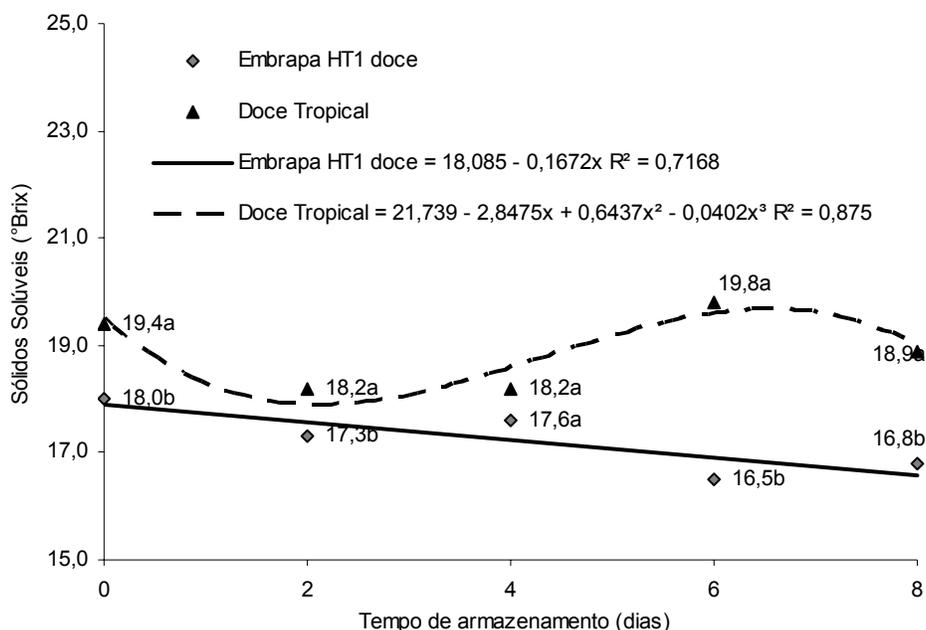
Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis (SS) foram influenciados significativamente pelas interações híbrido-tempo de armazenamento e temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelos fatores isolados temperatura, híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O híbrido Doce Tropical apresentou maiores teores de SS ao longo de todo o período experimental, no entanto, estes sofreram oscilações, tendo valores inicial e final de 19,4% e 18,9%, respectivamente (Figura 7).

Para o híbrido Embrapa HT1 doce, observou-se, ao longo do armazenamento, redução linear nos teores de SS de 18,0% a 16,8% (Figura 7).

Zhu et al. (1992) estudaram o comportamento de cultivares de milho doce *sh2*, cultivadas em duas regiões diferentes e armazenadas a 6°C, por 5 dias. Esses autores verificaram oscilações semelhantes à observada nos grãos do híbrido Doce Tropical, com valores iniciais e finais de 16,8° e 15,8°Brix para Knoxville, TN e 15,2° e 15,6°Brix para Crossville, TN, complementando, ainda, que ocorreram diferenças entre os locais de plantio.

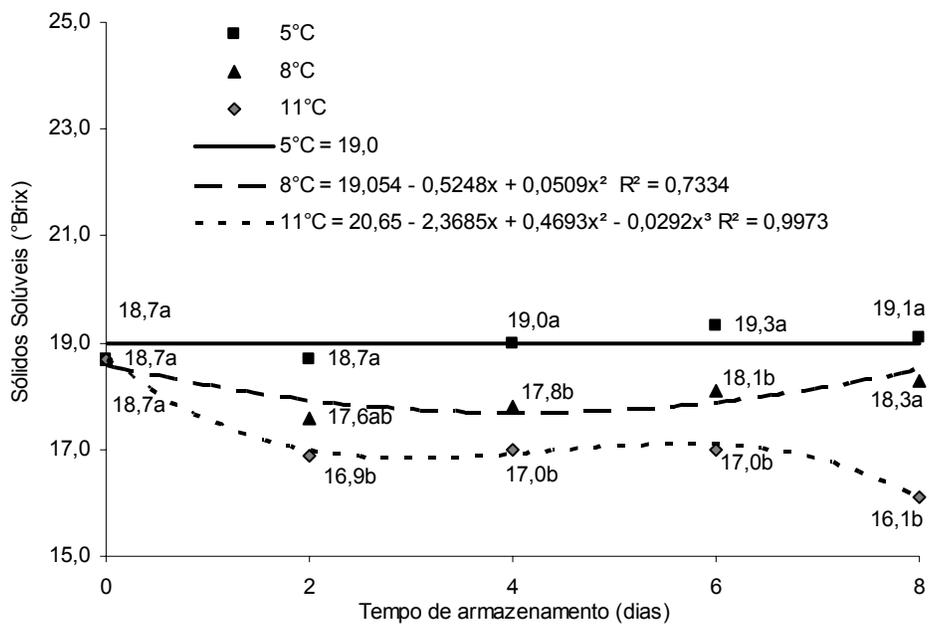


*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 7 Estimativa dos sólidos solúveis (SS) de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

A redução dos SS e dos açúcares nos milhos doces minimamente processados pode estar associada ao seu consumo no metabolismo respiratório e na transformação dos açúcares em amido ao longo do armazenamento, sendo maior em temperaturas mais elevadas devido ao aumento da taxa respiratória. Independente do híbrido estudado, os teores de SS foram maiores quando armazenados à temperatura de 5°C, seguida pela de 8°C e 11°C. Esta última apresentou menores teores de SS durante todo o período de armazenamento (Figura 8).

Camacho et al. (2001), estudando híbridos de milho doce *sh2* armazenado a 4°C, durante 28 dias, também verificaram redução nos teores de SS ao longo do armazenamento, com valores de 18,63%, 17,18% e 16,18% para os dias 0, 7 e 28, respectivamente, para a cv. Krispy king.



*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 8 Estimativa dos sólidos solúveis (SS) de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

O teor de sólidos solúveis (SS) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que estes vão se

acumulando no fruto. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas como ácidos orgânicos, vitaminas, fenólicos, pectinas, etc (Chitarra, 2000).

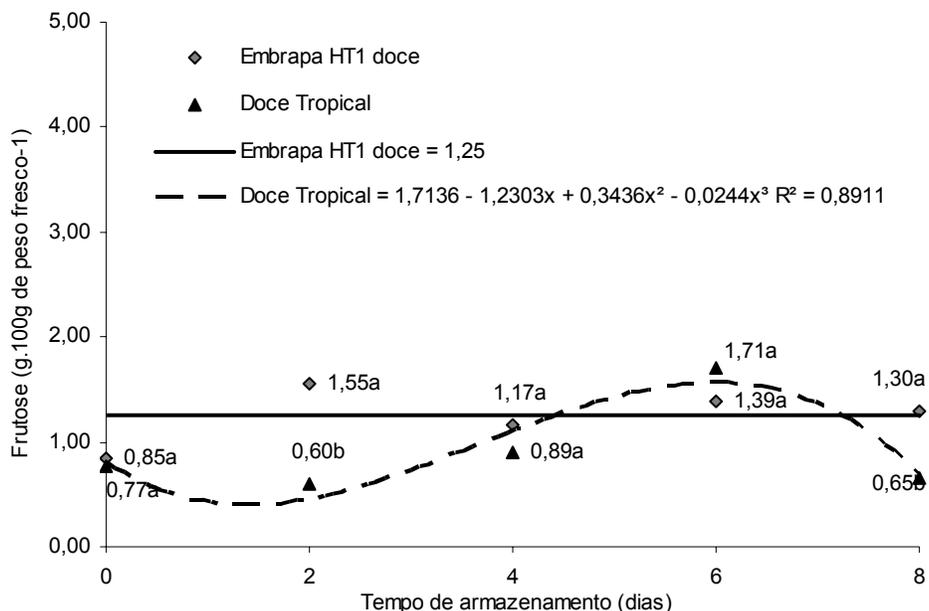
Devido à grande quantidade de polissacarídeos solúveis em água, que são formados na síntese e na degradação do amido (Myers et al., 2000), os teores de sólidos solúveis em milho doce são bem mais elevados que os açúcares totais, por isso não reflete adequadamente os níveis de açúcares simples no endoperma.

Frutose, glicose e sacarose

Ocorreram diferenças significativas de frutose para as interações híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,05$) e para os fatores isolados híbrido e tempo de armazenamento.

Os teores de frutose foram maiores para o híbrido Embrapa HT1 doce apenas no dia 2 e ao final do período experimental (Figura 9). Esses teores foram estatisticamente constantes ao longo do período de armazenamento (Figura 9).

O híbrido Doce tropical apresentou uma redução inicial, com posterior aumento nos teores de frutose até o sexto dia de armazenamento. Houve uma queda no 8º dia (Figura 9).



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

FIGURA 9 Estimativa dos teores de frutose de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

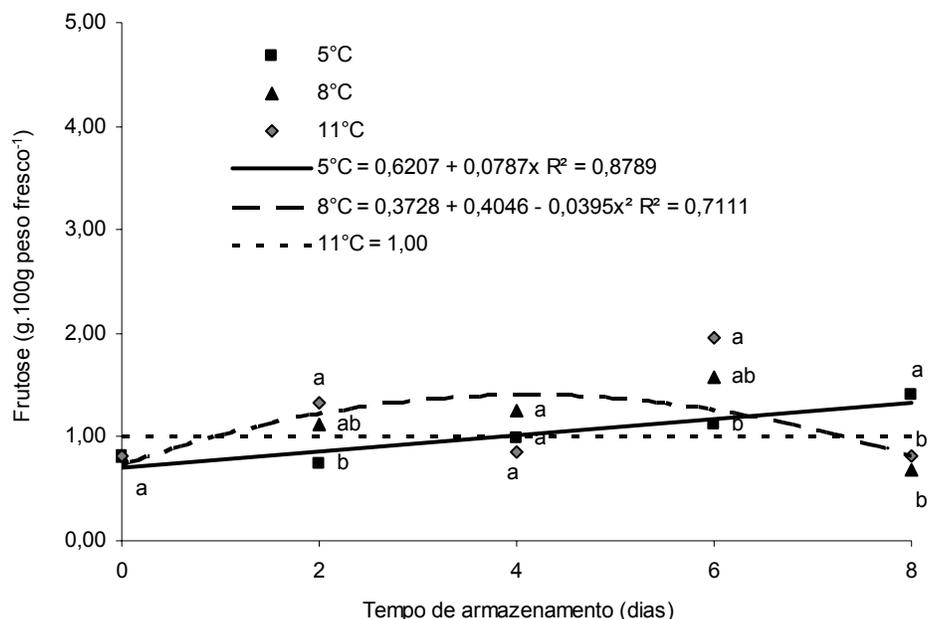
Os teores de frutose nos híbridos estudados foram maiores que os verificados por Zhu et al. (1992) para a cultivar ‘How Sweet it is’ com gen *sh2*, armazenadas a 6°C, por 5 dias, em dois locais de plantio distintos, com 0,21 a 0,17g frutose.(100g de peso fresco⁻¹), em Knoxville, TN e 0,25 a 0,23g frutose.(100g de peso fresco⁻¹), em Crossville, TN, nos dias 0 e 5, respectivamente.

Olsen et al. (1990) também verificaram menores teores de frutose para a cv. Suco (*sh2*), a 4°C, de 0,33; 0,30 e 0,37g.(100g de peso fresco⁻¹), para os dias

0, 7 e 18, respectivamente. No armazenamento a 10°C, o teor de frutose aumentou de 0,33 para 0,37, e diminuindo para 0,14g.(100g de peso fresco⁻¹), nos dias 0, 7 e 18, respectivamente

No presente estudo, observou-se aumento linear nos teores de frutose ao longo do período experimental nos grãos de milho doce minimamente processado, armazenados à temperatura de 5°C. O teor de frutose nos grãos armazenados a 8°C, apresentaram um comportamento quadrático, com aumento até ± o quarto dia de armazenamento, seguido por um decréscimo até o final do período experimental. Na temperatura de 11°C não ocorreu ajuste de regressão, tendo sido observado um comportamento estatisticamente constante ao longo do armazenamento (Figura 10).

A elevação dos teores de frutose observada nos híbridos e nas temperaturas estudados ao longo do armazenamento pode estar associada a inversão da sacarose em frutose e glicose, e as flutuações na quantidade de frutose durante o armazenamento podem ser atribuídas à variabilidade entre os milhos de um mesmo híbrido numa mesma colheita.



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

FIGURA 10 Estimativa dos teores de frutose de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

A glicose foi influenciada significativamente pela interação tripla temperatura-híbrido-tempo de armazenamento ($p < 0,05$) e também pelas interações híbrido-tempo de armazenamento, temperatura-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelos fatores isolados híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O teor de glicose na avaliação inicial, dia zero, nos grãos de milho doce minimamente processado, foi estatisticamente superior para o híbrido Embrapa HT1 doce em relação ao Doce Tropical, com teores de glicose de 1,547 e 1,360g.100g de peso fresco⁻¹, respectivamente.

Os teores de glicose foram superiores para o híbrido Embrapa HT1 doce armazenado nas temperaturas de 5°C e 11°C, nos dias 2 e 8 de armazenamento. Para a temperatura de 8°C, esses teores foram superiores nos dias 2 e 4. Nas demais avaliações, o teor de glicose foi estatisticamente semelhante (Tabela 6).

TABELA 6 Valores médios dos teores de glicose de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Glicose (g.100g de peso fresco ⁻¹)					
	5°C		8°C		11°C	
	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce
0	1,360a	1,547a	1,360a	1,547a	1,360a	1,547a
2	0,957b	1,733a	1,337b	2,053a	1,223b	2,553a
4	1,090a	1,443a	1,157b	1,920a	0,940a	1,280a
6	1,823a	1,297a	1,680a	1,933a	1,493a	1,530a
8	0,973b	2,477a	0,917a	1,017a	0,627b	1,390a

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, para cada temperatura, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os teores de glicose para a cv. Doce Tropical foram estatisticamente iguais em todos os tempos de armazenamento, para as três temperaturas estudadas (Tabela 7)

No híbrido Embrapa HT1 doce, os teores de glicose apresentaram flutuações durante o armazenamento. Nos dias 0, 4 e 6, esses teores foram estatisticamente iguais entre si (Tabela 7).

TABELA 7 Valores médios dos teores de glicose de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Glicose (g.100g de peso fresco ⁻¹)					
	Doce Tropical			Embrapa HT1 doce		
	5°C	8°C	11°C	5°C	8°C	11°C
0	1,360a	1,360a	1,360a	1,547a	1,547a	1,547a
2	0,957a	1,337a	1,223a	1,733b	2,053ab	2,553a
4	1,090a	1,157a	0,940a	1,443a	1,920a	1,280a
6	1,823a	1,680a	1,493a	1,297a	1,933a	1,530a
8	0,973a	0,917a	0,627a	2,477a	1,017b	1,390b

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, para cada temperatura, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Como na frutose, os teores de glicose apresentaram flutuações durante o armazenamento, podendo também ser atribuída à variabilidade entre os milhos de um mesmo híbrido numa mesma colheita.

No híbrido Embrapa HT1 doce, armazenado à temperatura de 5°C, após breve elevação, os teores de glicose tiveram seus valores reduzidos até o 5º dia, aproximadamente, quando voltaram a aumentar, até o 8º dia. Para 8°C, os teores aumentaram durante o armazenamento até o 4º dia, com diminuição no 8º e, para 11°C, observaram-se flutuações durante todo o armazenamento (Figura 11).

Para o híbrido Doce Tropical armazenado a 5°C, os teores de glicose diminuíram até o 2º dia, aproximadamente, quando começaram a aumentar até o 6º dia, com diminuição no 8º. As temperaturas de 8°C e 11°C apresentaram padrão constante para os teores de glicose, ao longo do armazenamento.

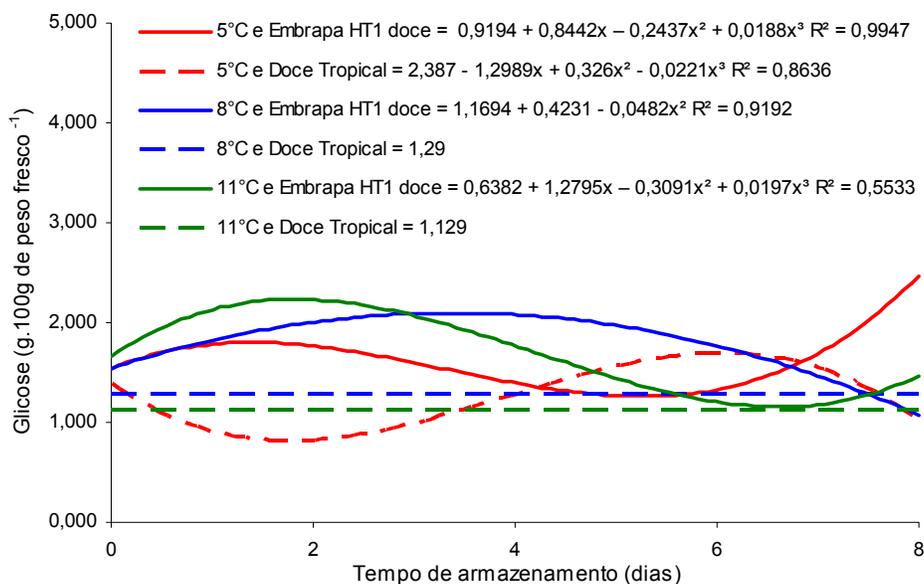


FIGURA 11 Estimativa dos teores de glicose de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Os híbridos de milho doce estudados apresentaram maiores teores de glicose que os estudados por Zhu et al. (1992) para a cultivar ‘How Sweet it is’, também com gen *sh2*, armazenada a 6°C, por 5 dias, em dois locais de plantio distintos, com 0,42 a 0,27(g glicose.100g de peso fresco⁻¹), para Knoxville, TN e 0,0,45 a 0,33(g glicose.100g de peso fresco⁻¹), para Crossville, TN, nos dia 0 e 5, respectivamente.

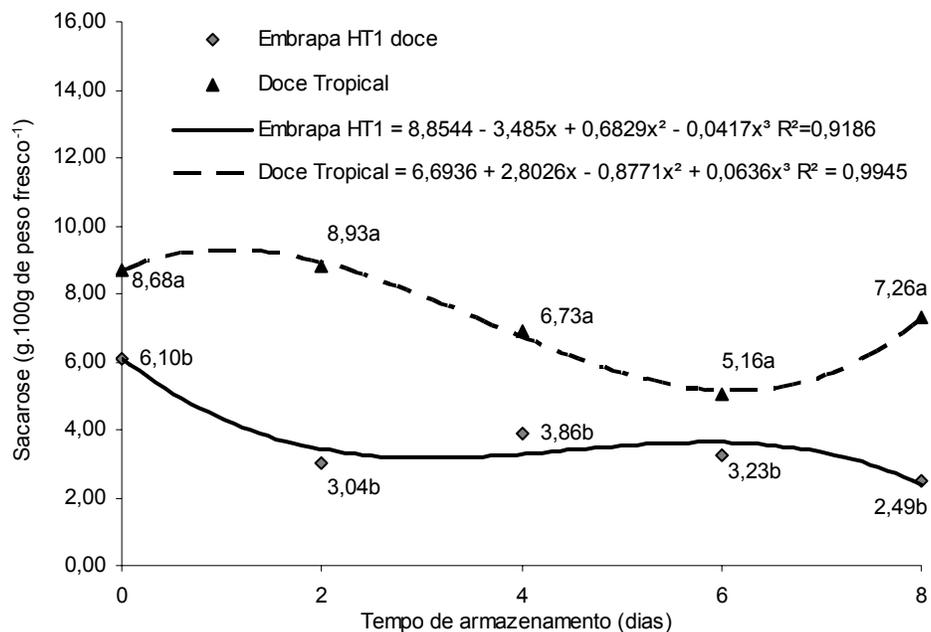
Olsen et al. (1990) relatam menores teores de glicose para a cv. Sucro (*sh2*), armazenada sob temperatura de 4°C e 10°C, durante 18 dias. Nesse estudo, o teor de glicose inicial foi de 0,43 (g.100g de peso fresco⁻¹). No sétimo dia de armazenamento, sob temperatura de 4°C, a glicose decresceu para 0,34(g.100g de peso fresco⁻¹). No armazenamento a 10°C, esse decréscimo foi

menor, passando de 0,43 para 0,39(g.100g de peso fresco⁻¹). Também foram observadas flutuações na glicose da cv. Sucro, ao longo dos 18 dias de armazenamento.

Ocorreram diferenças significativas de sacarose para as interações híbrido-tempo de armazenamento e temperatura-tempo de armazenamento ($p<0,01$) e para os fatores isolados temperatura, híbrido e tempo de armazenamento ($p<0,01$).

O híbrido Doce Tropical apresentou maiores teores de sacarose em relação ao híbrido Embrapa HT1, em todo o tempo de armazenamento. Para o híbrido Doce Tropical, a sacarose diminuiu até o 6º dia, aproximadamente, com um ligeiro aumento no 8º dia, com teores de sacarose inicial e final de 8,68 e 7,26g.(100g de peso fresco⁻¹), respectivamente. Para o Embrapa HT1, os teores de sacarose diminuíram de 6,10 para 2,49g.(100g de peso fresco⁻¹), do dia 0 para o dia 8 (Figura 12).

Zhu et al. (1992) encontraram maiores teores da sacarose para a cultivar 'How sweet it is', em dois locais de plantio distintos e armazenada a 6°C, por 5 dias, com média de 10,23 e 10,21g sacarose.(100g de peso fresco⁻¹), para Knoxville, TN e Crossville, TN, respectivamente.



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

FIGURA 12 Estimativa dos teores de sacarose de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Os teores de sacarose foram maiores para a temperatura de 5°C aos 2, 6 e 8 dias (Tabela 8). Em todas as três temperaturas, a sacarose diminuiu ao longo do armazenamento (Figura 13).

Os resultados de sacarose estão de acordo com os de Olsen et al. (1990) que verificaram queda nos teores de sacarose nas duas temperaturas estudadas, 4°C e 10°C, sendo esta queda mais acentuada na temperatura de 10°C.

Evensen & Boyer (1986) também verificaram diminuição nos teores de sacarose nas cultivares estudadas ao longo de 14 dias de armazenamento, sob

temperatura de 0°C e 10°C. Os autores ainda relataram que, em algumas cultivares, houve aumento da sacarose na temperatura de 0°C, atribuindo o fato à síntese da sacarose pela frutose e glicose, pela sacarose sintase.

TABELA 8 Valores médios dos teores de sacarose de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Sacarose (g.100g de peso fresco ⁻¹)		
	5°C	8°C	11°C
0	7,41a	7,41a	7,41a
2	6,96a	5,98ab	4,83b
4	5,84a	4,96a	5,35a
6	6,55a	3,81b	2,07c
8	5,70a	4,99ab	3,98b

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, para cada temperatura, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Comparando-se o comportamento do teor de sacarose com o da frutose e da glicose nos milhos minimamente processados ao longo do tempo, pode-se observar que, à medida que a sacarose diminui, a frutose e glicose aumentam. Isto ocorre devido à inversão da sacarose em frutose e em glicose ao longo do armazenamento.

No entanto, ao longo do armazenamento, houve diminuição dos açúcares no milho doce, o que pode estar associado ao seu consumo no metabolismo, respiratório bem como na transformação dos açúcares em amido ao longo do armazenamento. Ambos são maiores em temperaturas mais elevadas, conforme pode ser observado na Figura 13, na qual observa-se,

também, menor teor de sacarose no milho verde do tipo doce submetido às maiores temperaturas, principalmente 11°C, nos dias 2, 6 e 8 de armazenamento (Tabela 8).

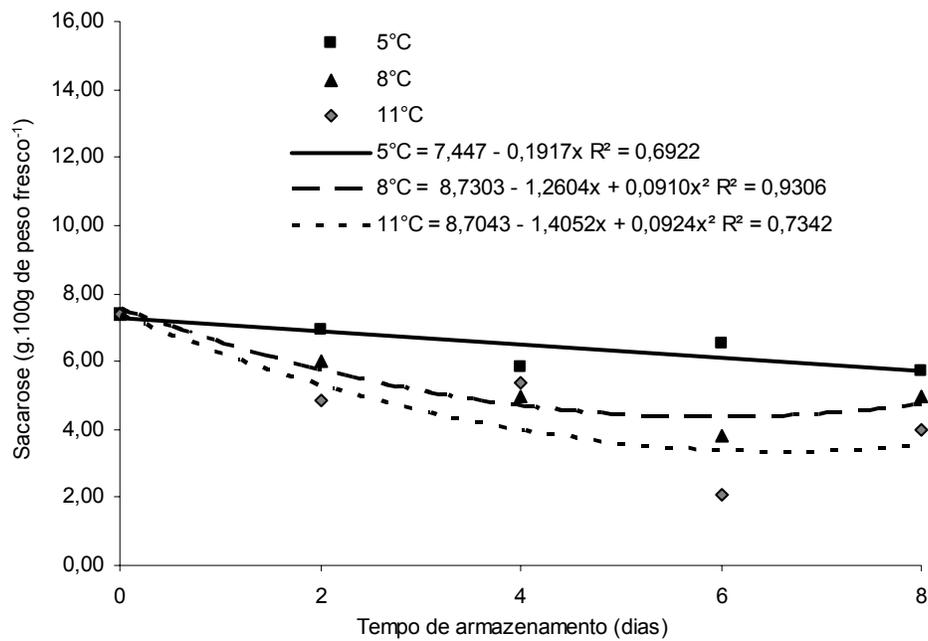


FIGURA 13 Estimativa dos teores de sacarose de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Determinação da cor instrumental (L^* e b^*)

Valor L*

O valor L* foi afetado significativamente pelos fatores isolados híbrido e tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pela interação temperatura-híbrido ($p < 0,01$).

O valor L* que representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco), diminui linearmente ao longo do armazenamento de 69,04 para 66,39 (Figura 14). Isso indica que houve leve escurecimento da epiderme dos milhos durante o armazenamento.

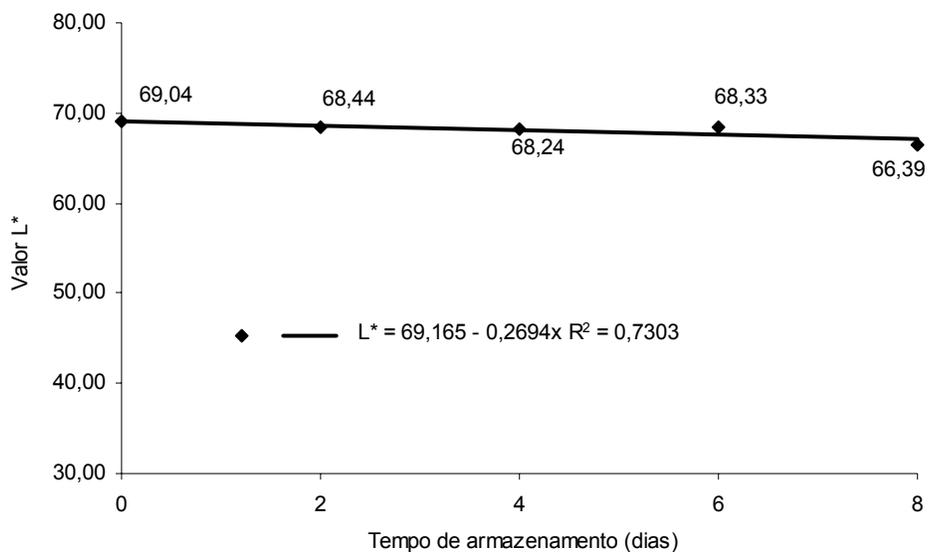


FIGURA 14 Estimativa do valor L* de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Deák et al. (1987) também encontraram decréscimo nos valores de L* para milhos doces armazenados a 10°C e 20°C, durante 16 dias. Segundo os autores, geralmente, ocorre um escurecimento da cor do milho ao longo do armazenamento.

O híbrido Embrapa HT1 doce apresentou maior valor L* nas temperaturas de 8°C e 11°C, quando comparado ao híbrido Doce Tropical. Para um mesmo híbrido, não ocorreram diferenças com a variação das temperaturas de armazenamento (Tabela 9).

TABELA 9 Valores médios de valor de L* de milhos doces ‘Embrapa HT1 doce’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processados, armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C), por 8 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Temperatura (°C)	Valor L*	
	Doce Tropical	Embrapa HT1 doce
5	68,03Aa	68,57Aa
8	66,14Ab	69,02Aa
11	67,47Ab	69,29Aa

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Valor b*

Para o valor b*, ocorreu diferença significativa entre os híbridos (p<0,01).

O valor b* indica variação de coloração do azul ao amarelo, variando entre -100 a +70.

O híbrido Doce Tropical apresentou maior valor b* que o Embrapa HT1 doce, com valores de b* de 36,19 e 35,53, respectivamente.

Os carotenóides são responsáveis pela coloração amarela do milho (Scott & Eldridge, 2005). Então, para maiores valores de carotenóides deve-se ter maior valor b*. Mamede et al. (2006b), estudando os mesmos híbridos de milho doce em época de plantio diferente, verificaram resultado contrário, com maior teor de carotenóides totais para o híbrido Embrapa HT1 em comparação ao Doce Tropical. Assim, pode-se concluir que a época de plantio afeta o teor dos carotenóides nos híbridos estudados.

4 CONCLUSÃO

A temperatura de 5°C foi mais eficiente na manutenção da qualidade de milho doce minimamente processado, pois estes apresentaram maiores teores de sólidos solúveis e sacarose. Sendo a sacarose a principal responsável pela qualidade em milho doce, conclui-se que a temperatura de 5°C foi a mais recomendada para o armazenamento de milho doce minimamente processado.

As temperaturas de 5°C e 8°C proporcionaram menores perdas de massa.

O híbrido Doce Tropical apresentou melhores resultados, sendo o mais indicado para processamento mínimo, destacando-se menores perdas de massa, menor acidez titulável, maiores teores de umidade, de sacarose e de sólidos solúveis.

A melhor combinação para o processamento mínimo de milho verde do tipo doce é utilizar o híbrido Doce Tropical e acondicioná-lo a 5°C, por até 8 dias, nas condições de plantio de Sete Lagoa, MG.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. Washington, 2000. 2v.

AZANZA, F. et al. Variation in sweet corn kernel characteristics associated with stand establishment and eating quality. **Euphytica**, v. 87, p.7-18, 1996.

BRECHT J. K. et al. Postharvest quality of supersweet (*sh2*) sweet corn cultivars. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 103, p. 283-288, 1990.

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliça**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2000a. 68p. Apostila.

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

CAMACHO, C. et al. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz super dulce. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 2, p.180-186, jun. 2001.

DEÁK, T. et al. Extending the shelf life of fresh sweet corn by shrink-wrapping, refrigeration, and irradiation. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 6, p. 1625–1631, Nov. 1987.

EVENSEN, K. B.; BOYER, C. D. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. **Journal of The American Society For Horticultural Science**, v. 111, n. 5, p.734-738, 1986.

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

HALE, T.A. et al. Penetrometer and taste panel perception of pericarp tenderness in su, se, and sh2 sweet corn at three matrices. **HortTechnology**, v. 14, n. 4, p. 521-524, Oct./Dec. 2004.

HALE, T. A.; HASSELL, R. L.; PHILLIPS, T. Refractometer measurements of soluble solid concentration do not reliably predict sugar content in sweet corn. **HortTechnology**, v. 15, n. 3, p. 668-672, Jul./Sept. 2005.

HALLAUER, A. R. Specialty corns. In: SMITH, C. W.; BETRÁN, J.; RUNGE, E. C. A. (Ed.). **Corn origin, history, technology, and production**. New Jersey: J. Wiley, Hoboken, 2004. Cap. 4.4, p. 897-933. (Wiley Series in Crop Science).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2173**: fruit and vegetable products: determination of soluble solids content: refractometric method. Genève, 1978.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Oakland: University of California, 2002. p. 39-47. (Publication, 3311).

MACRAE, R. **Food science and technology**: a series of monographs: HPLC in food analysis. 2nd ed. New York: Academic, 1998. p. 77.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Determinação da firmeza de grãos de milho verde minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. 4., SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 1., 2006, São Pedro. **Resumos...** São Pedro, SP, 2006. p. 192-192.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Efeito da saponificação na extração dos carotenóides em milho verde minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 10., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: SBCTA, 2006b. p. 1185.

MYERS, A. M. Recent progress toward understanding biosynthesis of the amylopectin crystal. **Plant Physiology**, v. 122, p. 989-997, April 2000.

OLSEN, J.K.; GILES, J.E.; JORDAN, R.A. Post-harvest carbohydrate changes and sensory quality of three sweet corn cultivars. **Scientia Horticulturae**, n.44, p.179-189, 1990.

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

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p.551-559, 2005.

SUSLOW, T. V.; CANTWELL, M. **Sweet corn**: recommendations for maintaining postharvest quality. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/corn.shtml>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2000. Cap. 6, p. 156-197.

TÜRK, R.; TURGUT, I.; AYDINCIOGLU, S. Quality changes of sweet corn cultivars during cold storage. **Acta Hort.**, p.553:759-760, 2001. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/553/553_192.htm>. Acesso em: 15 dez. 2006.

VALENTINI, L.; SHIMOYA, A.; COSTA, C. C. S. **Milho doce**: viabilidade técnica de produção em Campos dos Goytacazes - RJ. Niterói, RJ: PESAGRO-RIO, 2002. (Comunicado Técnico, 275).

WONG, A. D. et al. *Shrunken-2* sweet corn yield and the chemical components of quality. **Journal of the American Society for Horticultural**, v.119, n.4, p.747-755, 1994.

ZHU, S.; MOUNT, J. R.; COLLINS, J. L. Sugar and Soluble Solids Changes in Refrigerated Sweet Corn (*Zea mays* L). **Journal Of Food Science**, v. 57, n. 2, p.454-457, Mar. 1992.

CAPÍTULO 4

QUALIDADE DO MILHO DOCE MINIMAMENTE PROCESSADO: CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA SOB ATMOSFERA CONTROLADA E REFRIGERAÇÃO

RESUMO

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. Qualidade do milho doce minimamente processado: conservação pós-colheita sob atmosfera controlada e refrigeração. In: _____. **Qualidade e vida útil de milho verde minimamente processado**. 2007. Cap. 2, p. 134-178. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

A conservação de produtos hortícolas em condições de atmosfera controlada pode ser definida como armazenamento sob condições de composição da atmosfera diferente daquela presente na atmosfera do ar normal. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de três atmosferas diferentes (2%O₂ + 8% CO₂, 4%O₂ + 8%CO₂ e atmosfera ambiente) na qualidade de milho verde do tipo doce minimamente processado, durante nove dias de armazenamento, a 5°C. Foram utilizadas espigas de milho verde do tipo doce de híbrido do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo com gene mutante *sh2* (Embrapa HT1). As variáveis glicose, frutose, β-criptoxantina, firmeza e valor L* não sofreram interferência da atmosfera de armazenamento, somente do tempo de armazenamento. Todas as amostras de milho doce minimamente processado analisadas, independente do tratamento, encontravam-se dentro dos limites microbiológicos aceitáveis especificados pela legislação. No entanto, a atmosfera de 2%O₂ e 8%CO₂ apresentou menores populações de coliformes a 35°C, de bactérias aeróbias psicrotólicas e fungos filamentosos e leveduras, sendo, então, a mais indicada para a conservação pós-colheita dos milhos doces minimamente processados, durante os 9 dias do experimento. A atmosfera de 2%O₂ e 8%CO₂ também foi mais eficiente na manutenção dos carotenóides totais e da zeaxantina, apresentando maiores valores de b* e de firmeza. Ambas as atmosferas controladas, 2%O₂ e 8%CO₂ e 4%O₂ e 8%CO₂, apresentaram menores perda de massa e acidez titulável. A sacarose apresentou comportamento irregular durante o armazenamento, com maiores teores na atmosfera ambiente até o terceiro dia.

* Comitê Orientador: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (orientador), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (co-orientador).

ABSTRACT

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes. Quality of fresh cut sweet corn: post-harvest conservation under controlled atmosphere and refrigeration. In: _____. **Quality and shelf life of fresh-cut green corn**. 2007. Cap. 3, p. 134-178. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

The conservation of vegetable produces under controlled atmosphere conditions can be defined as storage accomplished under conditions of composition of the atmosphere different from that present in the atmosphere of the normal air. This work was intended to evaluate the use of three different atmospheres (2%O₂ + 8% CO₂, 4%O₂ + 8%CO₂ and room atmosphere) under refrigeration at 5°C on the quality of green corn of the fresh cut sweet type for nine days' storage as regards the physical, physicochemical, chemical aspects. Ears of green corn of the hybrid sweet type of the breeding program of Embrapa Milho e Sorgo with mutant gene *sh2* (Embrapa HT1). The variables glucose, fructose, β-cryptoxanthine, firmness, L* did not undergo any interference of the storage atmosphere only of the storage time. All the fresh cut sweet corn samples studied independent of the treatment were within the acceptable microbiologic limits specified by the legislation, nevertheless, the atmosphere of 2%O₂ and 8%CO₂ presented lower populations of coliforms at 35°C, of psychotrophic aerobic bacteria and filamentous fungi and yeasts, increasing the shelf life of the fresh cut sweet corns, its being, then, the most indicated to the post-harvest conservation of the fresh-cut sweet corns for the 9 days' experiment. The atmosphere of 2%O₂ and 8%CO₂ was also more efficient in the maintenance of total carotenoids and zeaxanthine, presenting higher values of b* and firmness. Both the controlled atmospheres, 2%O₂ and 8%CO₂ and 4%O₂ and 8%CO₂, showed lower mass losses and titrable acidity. Sucrose presented inconsistent behavior during storage with higher contents in the controlled atmosphere till the third day.

* Guidance Committee: Adimilson Bosco Chitarra – UFLA (Adviser), Marcos José de Oliveira Fonseca – Embrapa Agroindústria de Alimentos (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

O processamento mínimo tem por objetivo disponibilizar produtos frescos que são comercializados limpos, convenientes, e que podem ser preparados e consumidos em menor tempo (Mattiuz et al., 2004).

O milho verde *in natura*, devidamente limpo e embalado, está sendo cada vez mais ofertado no mercado de produtos minimamente processados. No entanto, os cuidados necessários para a manutenção de características adequadas, o que proporcionaria a comercialização de um produto de alta qualidade, não estão sendo observados (Marcos et al., 1999).

O milho doce é um tipo especial de milho, de alto valor nutricional. Ele é mais rico em açúcares simples que o milho verde comum, pois possui como característica genes que provocam a redução da síntese de amido, o que causa acúmulo de açúcares solúveis no endosperma do grão. Este baixo teor de amido o torna mais perecível que o milho normal (Valenti et al., 2002), e sua conservação torna-se possível via redução da temperatura e da disponibilidade de oxigênio pela adoção de controle da atmosfera.

As porcentagens mínima de O₂ e máxima de CO₂ nas quais o milho doce pode ser armazenado são de 2,0% e 15%, respectivamente (Kader,2002). Porém, a recomendada é de 2%-4% de O₂ e 5%-10% de CO₂ (Cantwell, 2002).

Entre os constituintes do grão do milho doce, a umidade, os carboidratos e a textura são os principais determinantes da qualidade do produto fresco (Aung et al., 1992; Oliveira Junior et al., 2006). O teor de açúcares, notadamente a sacarose, é o principal determinante desta qualidade (Moretti & Henz, 2003).

Spalding et al. (1978), citados por Salunkhe & Desai (1984), encontraram maiores teores de sacarose em milho doce armazenado por 3

semanas em atmosferas com 2% de O₂, quando comparada à atmosfera ambiente (21% O₂).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da atmosfera controlada sob refrigeração na qualidade de milho verde do tipo doce minimamente processado, durante nove dias de armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Foram utilizadas espigas de milho verde do tipo doce de híbrido pertencente ao programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo com gen mutante *sh2* (Embrapa HT1). O milho foi cultivado em campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, em condições controladas de adubação e de manejo de pragas e doenças, plantado numa área de 80m², com espaçamento de 0,80 m entre fileiras, com densidade de 50.000 plantas por hectare.

A colheita do milho doce foi realizada no dia 1º de setembro de 2006, e o milho foi colhido no ponto em que os grãos apresentavam fase leitosa, conhecido como “ponto de milho verde”. As espigas empalhadas foram acondicionadas em sacos de estopa e mantidas sob refrigeração, a 5°C. No dia 04/09/2006 foram enviadas de avião para a Planta Piloto de Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ, para a realização do processamento mínimo.

2.2 Processamento mínimo

O processamento mínimo das espigas de milho doce foi realizado no dia 04/09/2006.

O processamento foi realizado na sala de Processamento Mínimo da Planta Piloto de Pós-Colheita, adotando-se as condições higiênicas necessárias dos balcões e utensílios, que foram previamente lavados com detergente neutro e sanificados com solução de hipoclorito de sódio a 200mg.L⁻¹. Os manipuladores usaram aventais, máscaras, touca e luvas descartáveis, sempre higienizando as mãos com etanol 70%(v/v).

As espigas foram processadas seguindo-se o fluxograma da Figura 1, segundo o qual, primeiramente retirou-se a palha superficial das espigas, que vieram sujas do campo, eliminando-se as espigas atacadas por lagartas. Posteriormente, realizou-se uma pré-lavagem das espigas com água corrente para a retirada da sujeira grosseira restante da palha. Esta etapa foi feita na área suja do processamento.

Em seguida, em sala climatizada a $15\pm 3^{\circ}\text{C}$, as espigas foram imersas em água a $5^{\circ}\pm 2\text{C}$, contendo 200mg.L^{-1} de cloro ativo, por 15 minutos. Logo após, removeu-se o restante da palha e dos estigmas, efetuou-se o corte das extremidades com facas de aço inox e drenagem do excesso de água em bancada coberta com papel toalha. Nesta etapa, promoveu-se uma nova seleção das espigas, retirando-se aquelas mal granadas e as atacadas por lagartas que, porventura, não tenham sido detectadas na etapa anterior. Foram, então, acondicionadas em bandejas de poliestireno, com dimensões de 23,5cm de comprimento x 18,2cm de largura, sendo duas por bandeja, com três repetições para cada atmosfera por data de avaliação, que foram aos 0, 1, 3, 6 e 9 dias. Devidamente processadas e acondicionadas em bandejas, procedeu-se o armazenamento sob refrigeração e atmosfera controlada.

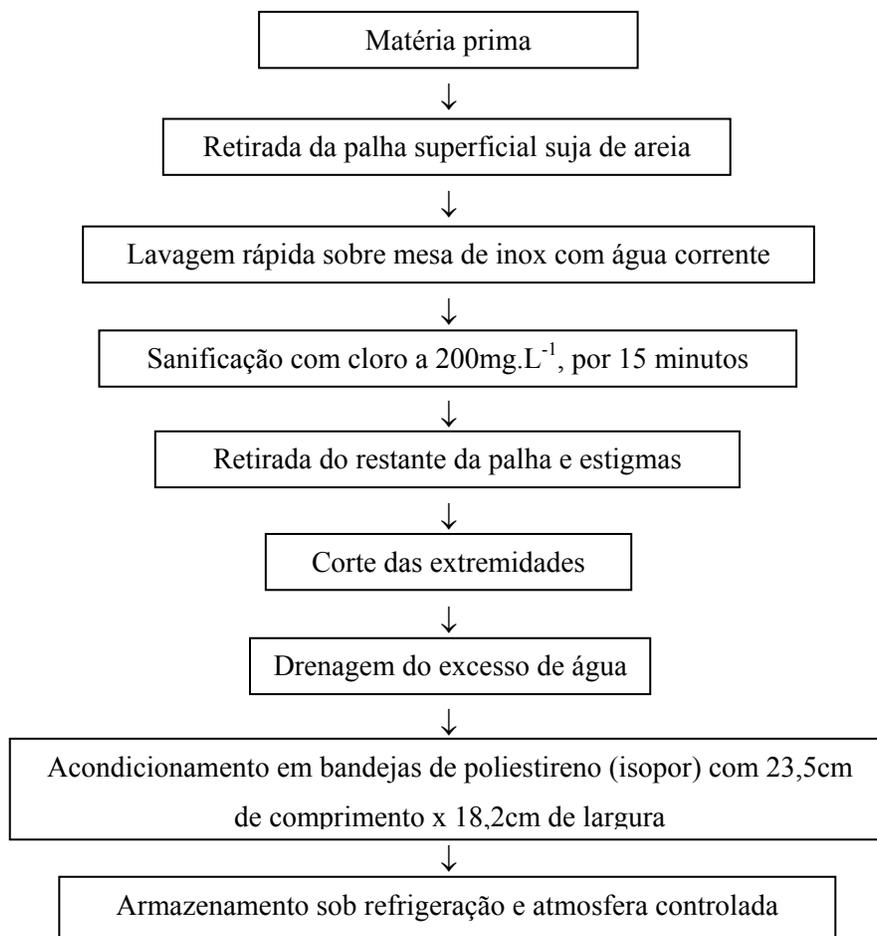


FIGURA 1 Adequação do fluxograma do processamento mínimo de milho verde, para o experimento de determinação de temperatura ideal de conservação. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

2.3 Armazenamento sob refrigeração e atmosfera controlada

As bandejas com o milho verde minimamente processado foram armazenadas por 9 dias sob atmosfera controlada, em câmaras de refrigeração a $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa (UR) de $90\pm 5\%$. Foram utilizadas as seguintes

composições atmosféricas: AC1 = 2%O₂ + 8% CO₂, AC2 = 4%O₂ + 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente.

O controle da atmosfera foi feito em microcâmaras de atmosfera controlada, localizadas dentro das câmaras de refrigeração, monitoradas por analisador de gases, Kronenberger Technik, acoplado a sistema computadorizado de controle de atmosfera. A casualização das atmosferas dentro de cada microcâmara foi garantida por meio de sorteio.

Cada microcâmara com capacidade de 145L e dimensões de 70 x 52 x 40 cm foi hermeticamente fechada para que não houvesse perda da atmosfera. A porta transparente permite que o produto seja visto em seu interior. As microcâmaras encontram-se instaladas dentro de câmaras frias e são conectadas a sistema computadorizado acoplado a três fluxímetros, dois com fluxo de 25 L/min e um com 5 L/min, além de um analisador de O₂ e CO₂, que fornece as concentrações destes gases em porcentagem. O sistema possui um software para monitoramento dos gases de cada microcâmara. O ajuste é baseado na configuração destas concentrações em relação à composição gasosa requerida. Consideraram-se os gases N₂, para abaixar a concentração de O₂ e O₂ e CO₂, para aumentar a concentração deles mesmos gases, além do intervalo de adsorção automática para CO₂, quando este encontrava-se muito acima da concentração desejada.

Para se alcançar as concentrações programadas para os gases de conservação na instalação das atmosferas, realizou-se injeção de N₂ puro até que se baixasse a concentração atmosférica de O₂ para a concentração planejada. Em seguida, injetou-se CO₂ puro, de modo a se elevar a concentração deste componente para os níveis desejados. O monitoramento das concentrações para a determinação do momento de se cessarem as injeções foi realizado por meio de analisador de gases que, durante todo o período de armazenamento, enviou as informações das alterações das concentrações de gases para que o sistema de

controle da atmosfera realizasse as correções, ora injetando ar para elevação do O₂, ora absorvendo CO₂, ao fazer circular a atmosfera da microcâmara por solução 40% de KOH.

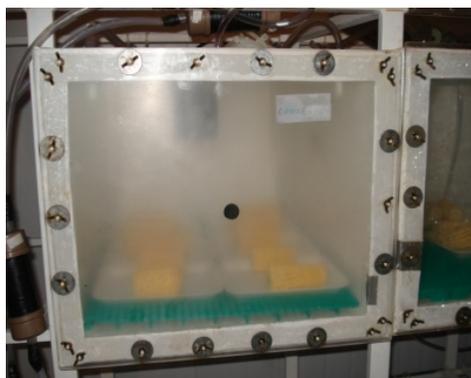


FIGURA 2 Milho doce acondicionado em microcâmaras de controle de atmosfera sob refrigeração. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

2.4 Análises físicas, químicas e físico-químicas

As espigas de milho foram avaliadas nos dias 0, 1, 3, 6 e 9, quanto às características descritas a seguir.

2.4.1 Determinação de perda de massa

A determinação da porcentagem de perda de massa foi calculada pela diferença entre a massa inicial das bandejas de milho verde e aquela obtida em cada data de avaliação, utilizando-se balança HD-12K pela seguinte equação:

$$PM = (mi - mf) / (mi) \times 100$$

Em que:

PM = perda de massa (%);

mi = massa inicial da bandeja com as espigas;

mf = massa final da bandeja com as espigas.

As análises descritas foram realizadas após a trituração e a homogeneização, em blender, dos grãos de milho debulhados das duas espigas que compunham cada repetição (unidade experimental).

2.4.2 Determinação dos sólidos solúveis

Determinaram-se os sólidos solúveis (SS) diretamente na polpa de milho filtrada com auxílio de organza, por leitura em refratômetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd, Tokyo, Japão) com compensação de temperatura automática a 25°C. Os resultados foram expressos em °Brix, de acordo com a ISO 2173 (1978).

2.4.3 Determinação de pH

O pH foi determinado pelo titulador automático Metrohm 794 Basic Titrimo, segundo a ISO 1842 (1991).

2.4.4 Determinação de acidez titulável

A acidez titulável (AT) foi determinada pelo titulador automático Metrohm 794 Basic Titrimo segundo a ISO 750 (1998). Na preparação da amostra para titulação, 10g do extrato foram pesados e diluídos em 50 mL de água destilada desgaseificada e tituladas com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,1. O resultado foi expresso em g de ácido málico.(100g de polpa)⁻¹, assumindo-se ser o ácido orgânico presente em maior quantidade no milho.

2.4.5 Determinação de glicose, frutose e sacarose

Para a realização da quantificação dos açúcares, a polpa de milho doce triturada foi homogeneizada novamente com auxílio de politron.

Os teores de glicose, frutose e sacarose foram determinados segundo Macrae (1998), por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com padronização externa. Aproximadamente 1g de amostra foi extraído com cerca de 10mL de água Milli-Q, em ultra-som por 20 minutos. Logo após, adicionaram-se 5mL de acetonitrila e o volume final foi ajustado para 25mL, com água Milli-Q. O extrato foi centrifugado e a injeção foi manual, com injetor Rheodyne de loop de 20uL.

As condições cromatográficas utilizadas foram: bomba Shimadzu Modelo LC10AD, com detetor de índice de refração Waters 2410, coluna Amino 4,6mm x 250mm (*high performance carbohydrate*) com temperatura 30°C, fase móvel acetonitrila 75% em água Milli-Q, com fluxo de 1,3mL/min.

2.4.6 Quantificação e identificação dos carotenóides

A extração dos carotenóides foi realizada com acetona gelada e em seguida, o extrato obtido foi submetido à partição para éter petróleo. A etapa de saponificação não foi necessária, segundo testes realizados anteriormente (Mamede et al., 2006b).

No extrato etéreo obtido, realizaram-se a determinação dos carotenóides totais por análise espectrofotométrica e a quantificação dos carotenóides por cromatografia líquida de alta eficiência.

Para a determinação dos carotenóides totais, realizou-se leitura das absorbâncias dos extratos em espectrofotômetro de UV-Visível Specord 205, com cubeta de quartzo de caminho ótico de 1 cm, no comprimento de onda de 449nm ($\lambda_{\text{máx}}$ zeaxantina). Os resultados foram expressos em μg zeaxantina. 100g^{-1} de milho doce fresco.

Para análise cromatográfica, concentraram-se 3mL do extrato etéreo por meio da evaporação do éter de petróleo até securo sob fluxo de nitrogênio, e diluição em 1mL de acetona grau HPLC. A solução obtida foi transferida diretamente para o frasco de injetor automático (*vial*), de onde 25µL foram injetados no cromatógrafo.

A quantificação dos carotenóides foi realizada por padronização externa. Os carotenóides identificados foram: luteína, zeaxantina, β-criptoxantina e β-caroteno.

As condições cromatográficas utilizadas foram: coluna C30 3µm 4.6mm x 250mm – YMC Carotenoid Waters, fase móvel com gradiente de metanol/metil t-butil éter - 80:20 para 15:85 em 36 minutos, fluxo de 0,8 mL/min, detetor *photodiode array detector* (DAD) 300 a 550nm e temperatura da coluna de 30°C.

As avaliações a seguir foram realizadas nos dias 0, 1, 6 e 9.

2.4.7 Determinação instrumental da cor (L*, b*)

A análise instrumental de cor foi realizada por reflectância no S & M Colour Computer modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 13mm de diâmetro. Os parâmetros de cor foram medidos em relação à placa branca. O valor L* representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). O valor b* indica variação de coloração do azul ao amarelo, variando entre -100 a +70.

As leituras foram feitas próximo às duas extremidades e na região central da espiga, num total de duas espigas por repetição.

2.4.8 Determinação de Firmeza

A firmeza dos grãos foi determinada por compressão em texturômetro modelo TA-Hdi, da Stable Micro System, acoplado com sonda Kramer Shear Cell HDP/K35, usando célula carga de 5kg. O equipamento foi previamente configurado com velocidade do pré-teste: $2,00\text{mm.s}^{-1}$; velocidade de compressão de $2,00\text{mm.s}^{-1}$ e velocidade de retorno de 10mm.s^{-1} . Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Para a análise, as espigas de milho foram debulhadas com auxílio de facas de inox bem afiadas e utilizaram-se 10g dos grãos de milho verde inteiro e sem cozimento, seguindo metodologia adaptada de Paes et al. (2004), adaptada por Mamede et al. (2006a).

2.4.9 Análises microbiológicas

Os milhos minimamente processados foram avaliados microbiologicamente quanto à presença coliformes a 35°C e a 45°C , contagem total de fungos filamentosos e leveduras e contagem total microrganismos aeróbios psicrotróficos, nos dias 1, 6 e 8 de armazenamento. A análise de presença de *Salmonella* sp foi realizada somente no 6º dia de armazenamento.

Preparo das amostras

Para a diluição 10^{-1} , 10g de milho verde minimamente processado foram retiradas aleatoriamente, de forma asséptica, de cada repetição (bandeja de poliestireno com duas espigas) e, em seguida, homogeneizados em stomacker com 90mL de água peptonada 0,1%. As diluições sucessivas (10^{-2} e 10^{-3}) foram preparadas retirando-se 1mL da diluição anterior e adicionando-se em 9 mL de água peptonada 0,1%.

Quantificação de coliformes a 35°C e a 45°C

Os coliformes a 35°C foram quantificados utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP). O teste presuntivo foi realizado com a inoculação de alíquotas de 1 ml das diluições preparadas de cada amostra, em três séries de três tubos, contendo tubos de Durham invertidos no meio de cultura caldo lauril sulfato triptose (LST), incubados a 35°C, por 24-48 horas. Nos tubos que apresentavam turvação e formação de gás, realizou-se o teste confirmativo, em que, de cada tubo LST positivo, transferiu-se uma alçada para um tubo de caldo brila (verde brilhante), adicionado de tubos de Durham invertidos, incubados a 35°C por 48 horas. Foram considerados tubos positivos para coliformes a 35°C aqueles que apresentavam formação de gás (bolha). Os resultados foram expressos em NMP/g.

Os coliformes a 45°C foram quantificados também pela técnica do número mais provável (NMP). De cada tubo LST, do teste presuntivo de coliformes a 35°C, positivo (com turvação e formação de gás), transferiu-se uma alçada para tubo contendo caldo *Escherichia coli* (EC) adicionado de tubos de Durham invertidos. Os tubos foram incubados em banho-maria, a 45°C, por 24 horas, sendo considerados positivos aqueles que apresentaram turvação e formação de gás. Os resultados foram expressos em NMP/g.

Contagem total de microrganismos aeróbios psicrotróficos

A carga bacteriana de aeróbios psicrotróficos foi quantificada pelo método de plaqueamento em superfície em meio ágar para contagem padrão (PCA). As placas foram incubadas invertidas a 7°C, por 10 dias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g⁻¹).

Quantificação de fungos filamentosos e leveduras

Os fungos e as leveduras foram quantificados pelo método de plaqueamento em superfície em meio ágar dichloran-rose bengal-chloranphenicol (DRBC). As placas foram incubadas invertidas a 25°C, por 5 dias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g⁻¹).

Pesquisa de *Salmonella* sp.

Para a detecção de *Salmonella* sp, realizou-se um pré-enriquecimento, com 25g de amostras, em 225mL de caldo lactosado a 35°C ± 2°C/24h. Em seguida realizou-se o enriquecimento seletivo, transferindo-se da etapa anterior, 0,1mL para 10mL de caldo de enriquecimento Rappaport-Vassiliadis (RVS) incubando a 42°C ± 2°C/24h, em banho-maria e 1mL para 10mL de caldo tetrionato (TT) incubado a 35°C ± 2°C/24h, em estufa. Após esta incubação, realizou-se o plaqueamento seletivo nos meios ágar xilose lisina-desoxicolato (XLD), ágar hektoen (HE) e ágar bismuto-sulfito (BS), incubados a 35°C ± 2°C/24h. As colônias suspeitas são identificadas bioquimicamente por triagem no meio ágar lisina-ferro (Rambach) incubado a 35°C ± 2°C/24h. Após esta triagem, o crescimento característico de *Salmonella* deve ser confirmado por provas bioquímicas específicas, utilizando-se kits comercialmente disponíveis.

2.4.10 Delineamento experimental

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC). O experimento foi dividido em três partes, quando duas para as análises químicas, físicas e físico-químicas, a primeira com cinco datas de avaliação, a segunda com quatro e a terceira para as análises microbiológicas, com três datas de avaliação.

Para as análises de perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, glicose, frutose, sacarose, carotenóides totais, luteína, zeaxantina, β -criptoxantina e β -caroteno o delineamento foi delineamento inteiramente casualizado, com 15 tratamentos provenientes de um um fatorial 3 x 5, sendo 3 atmosferas e 5 tempos de armazenamento (0, 1, 3, 6, 9), com 3 repetições.

Para a determinação intrumental da cor (L^* , b^*) e da firmeza, o delineamento foi delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos provenientes de um fatorial 3 x 4, sendo 3 atmosferas e 4 tempos de armazenamento (0, 1, 6, 9), com 3 repetições.

As análises microbiológicas não foram submetidas à análise estatística, utilizando-se a estatística descritiva, tendo-se 9 tratamentos provenientes de um fatorial 3 x 3, sendo 3 atmosferas e 3 tempos de armazenamento (1,6,8), com 3 repetições.

A parcela experimental foi constituída por uma bandeja de isopor contendo duas espigas de milho verde cada uma.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Após a análise de variância, as médias, quando significativas, dos fatores qualitativos (temperatura e híbrido) foram comparadas utilizando-se teste F e ou Tukey, adotando-se probabilidade de 1% e 5%. Para o fator quantitativo (tempo de armazenamento), os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado, adotando-se o nível de probabilidade de 1% e 5%, e também pelo coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físicas, físico-químicas e químicas

Perda de massa

Ocorreram diferenças significativas de perda massa para a interação atmosfera-tempo de armazenamento e para os fatores isolados atmosfera e tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Não houve diferenças significativas para perda de massa entre os milhos doces nas atmosferas controladas 1 e 2, durante todo o período experimental, as quais foram significativamente menores a partir do terceiro dia de armazenamento (Tabela 1).

TABELA 1 Valores médios da perda percentual de massa de milhos doces minimamente processado, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

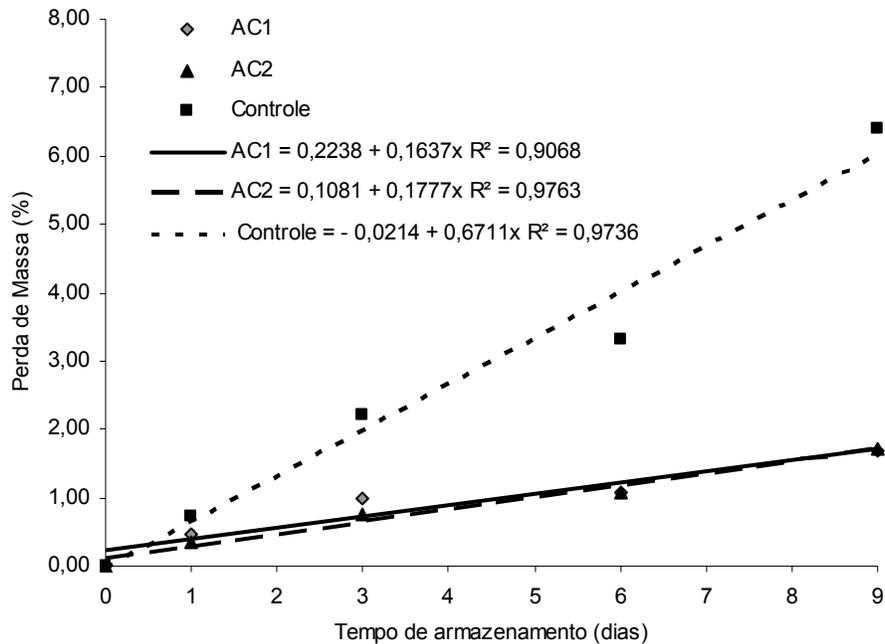
Tempo de armazenamento (dias)	Perda de massa (%)		
	AC1	AC2	Controle
1	0,48a	0,36a	0,72a
3	0,99b	0,76b	2,21a
6	1,08b	1,07b	3,32a
9	1,68b	1,73b	6,40a

AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

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

Observou-se o aumento da perda de massa ao longo do armazenamento em todas as atmosferas, tendo o controle apresentando valores de perda de

massa significativamente maiores em relação às atmosferas controladas 1 e 2 (Figura 3).



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

FIGURA 3 Estimativa da perda percentual de massa de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

A redução da concentração de O₂ e ou o aumento da concentração de CO₂ ao redor de frutas e hortaliças intactas ou minimamente processadas podem reduzir sua taxa respiratória (Lana e Finger, 2000; Soliva-Fortuny & Martín-Belloso, 2003). A redução do metabolismo do milho doce armazenado em

atmosfera controlada propiciou menor transpiração dos tecidos e, conseqüentemente, menor perda de massa.

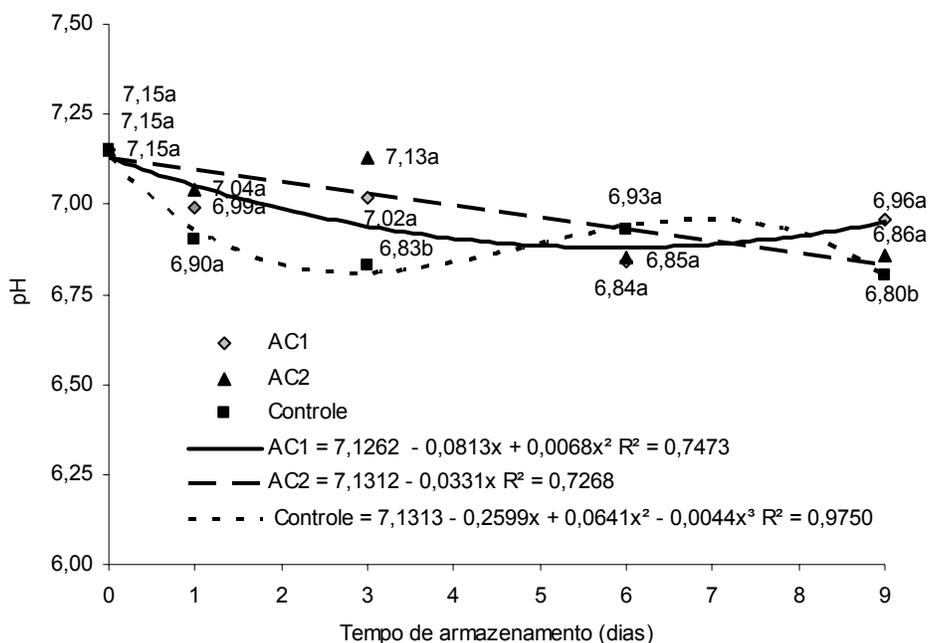
Deák et al. (1987) relatam que o uso de atmosfera modificada no armazenamento de milho doce diminui a perda de água e, conseqüentemente, a perda de massa

pH e acidez titulável (AT)

O pH foi influenciado pela interação atmosfera-tempo de armazenamento ($p < 0,05$) e pelos fatores isolados atmosfera e tempo de armazenamento ($p < 0,01$). A acidez titulável foi influenciada pela interação atmosfera-tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Observou-se, durante o armazenamento, tendência geral de aumento da acidez e de redução do pH nos grãos de milho doce submetidos a todas as atmosferas. A atmosfera ambiente (controle) apresentou menores valores de pH, diminuindo de 7,15 para 6,80 do dia 0 para o 9º dia de armazenamento, respectivamente, e maiores teores de AT, com aumento de 0,081 para 0,215 (mg ácido málico.100g⁻¹ de produto fresco) (Figura 4 e 5).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o pH aumenta com a redução da acidez, isto é, eles são inversamente proporcionais; à medida que o pH diminui ocorre aumento da acidez, o que está de acordo com os resultados encontrados neste experimento.

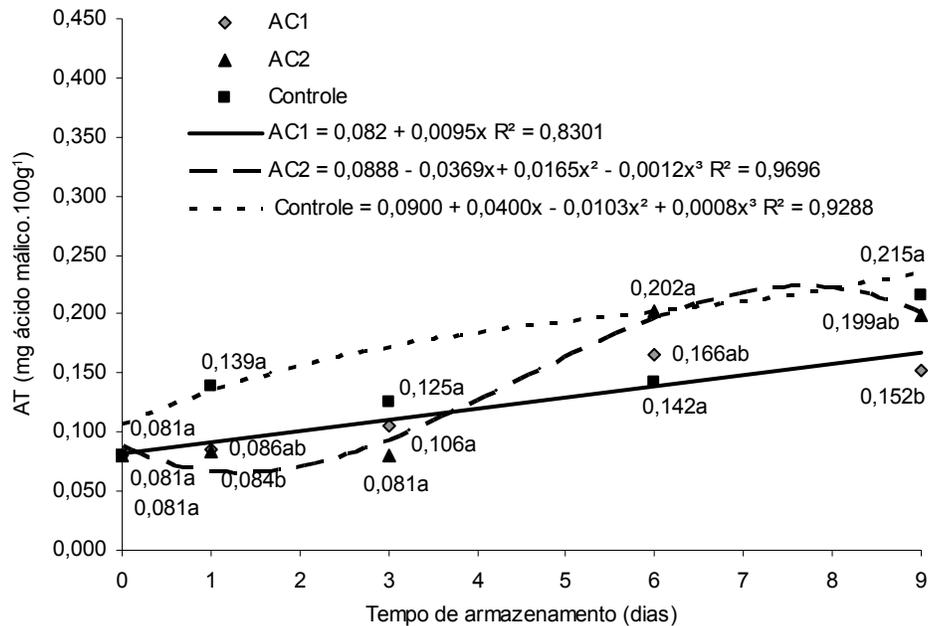


AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e Controle = Atmosfera ambiente

*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 4 Estimativa do pH de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Camacho et al. (2001) relatam diminuição nos valores de pH, com conseqüente aumento da AT em cultivares milho doce armazenadas a 4°C, durante 28 dias, com as duas primeiras palhas e embalados em bandejas de poliestireno cobertas com polietileno. Para a cv. 324, o valor pH caiu de 6,42 para 6,19 e a %AT aumentou de 0,23 para 0,41. Segundo os autores, esse aumento na acidez pode estar relacionado com o aumento dos microrganismos aeróbios mesófilos nos milhos doces, durante o armazenamento.



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e Controle = Atmosfera ambiente

*Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

FIGURA 5 Estimativa da AT de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Sólidos solúveis (SS)

Os SS não apresentaram diferenças significativas ao longo do armazenamento, apresentando teor médio de 15,49°Brix.

Devido à grande quantidade de polissacarídeos solúveis em água, que são formados na síntese e na degradação do amido (Myers et al., 2000), os teores de sólidos solúveis em milho doce são bem mais elevados que os açúcares totais.

Glicose, frutose e sacarose

Ocorreram diferenças significativas nos teores de glicose e frutose para o fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O teor de glicose apresentou padrão estatístico constante ao longo do armazenamento (Figura 6), com teores iniciais e finais de 2,45 e 2,35g glicose.(100g de peso fresco⁻¹), respectivamente.

Os teores de frutose foram estatisticamente constantes ao longo do armazenamento (Figura 7), com teores iniciais e finais de 1,99 e 1,85g glicose.(100g de peso fresco⁻¹), respectivamente.

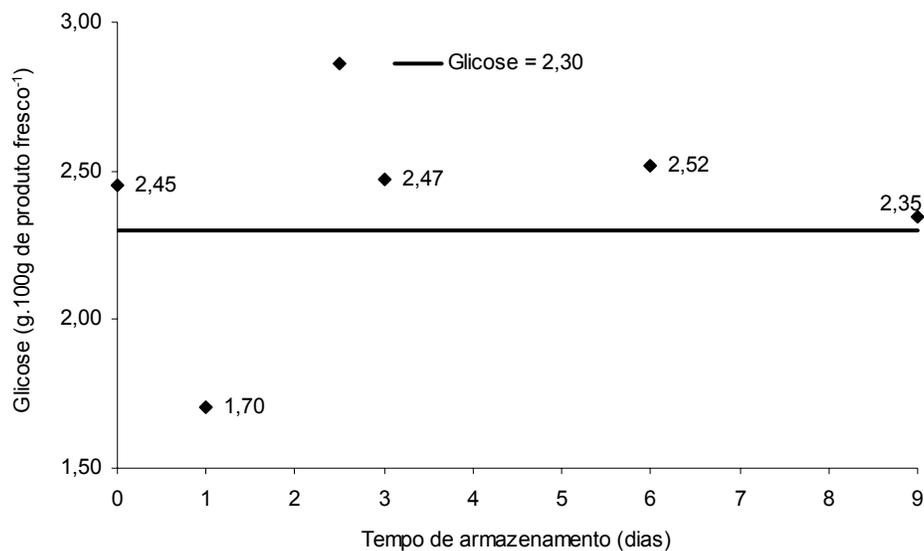


FIGURA 6 Estimativa do teor de glicose de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

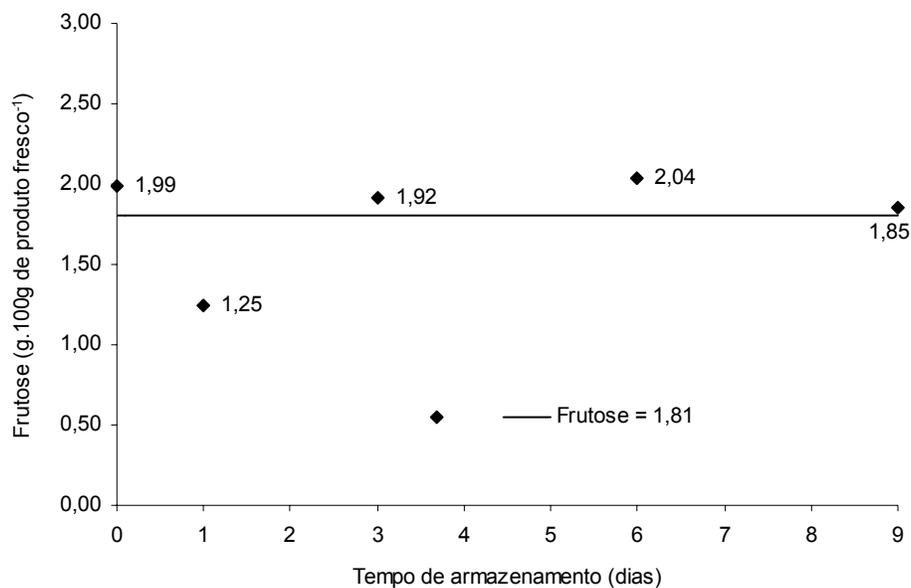


FIGURA 7 Estimativa do teor de frutose de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

A sacarose foi influenciada significativamente pela interação atmosfera-tempo de armazenamento ($p < 0,05$) e pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,01$)

Os teores de sacarose foram estatisticamente iguais para os dias 0, 1 e 6 de armazenamento. Esses não foram detectados no dia 3, para AC2 e no dia 9, para AC1 e controle (Tabela 2).

TABELA 2 Valores médios de sacarose de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Sacarose (g.100g de produto fresco ⁻¹)		
	AC1	AC2	Controle
0	1,09a	1,09a	1,09a
1	1,75a	1,14a	2,47a
3	1,24ab	n.d.	2,05a
6	1,29a	0,16a	0,74a
9	n.d.	0,94	n.d.

AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e Controle = Atmosfera ambiente

n.d. não detectado

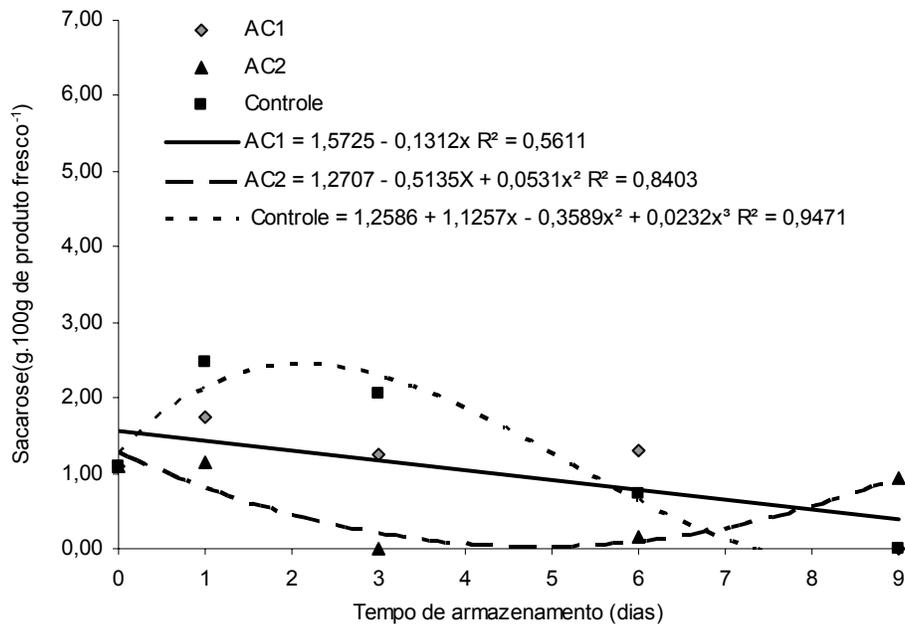
*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Figura 8, verificam-se, até o tempo de armazenamento de 5,5 dias aproximadamente, teores de sacarose elevados para o controle, seguido pela AC1 e, por último, a AC2. Porém, a partir deste dia, o comportamento inverteu-se..

Os teores de sacarose para a atmosfera controle apresentaram comportamento cúbico, com aumento até o segundo dia, aproximadamente e decréscimo até o nono dia, quando os teores não foram detectados (Figura 8).

Os teores de sacarose para AC1 diminuiriam linearmente ao longo do armazenamento, não sendo detectados no nono dia (Figura 8).

Para a AC2, os teores de sacarose apresentaram um comportamento quadrático, com diminuição do primeiro dia de armazenamento para o quinto, seguido por um ligeiro aumento até o nono dia (Figura 8).



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e Controle = atmosfera ambiente

FIGURA 8 Estimativa dos teores de sacarose de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Spalding et al. (1978), citados por Salunkhe & Desai (1984), verificaram em milhos doces armazenados por 3 semanas, maiores teores de sacarose em atmosferas com 2% de O₂ quando comparados aos teores obtidos sob atmosfera ambiente (21% O₂). Os mesmos autores relatam que, mesmo após três semanas, as concentrações de frutose, glicose e sacarose no milho doce foram maiores no armazenamento com atmosfera controlada (2% O₂ com 0%, 15% e 25% CO₂) quando comparadas às concentrações desses açúcares após 1 semana em

atmosfera ambiente. Os autores também relatam decréscimo na quantidade de sacarose ao longo do armazenamento para as atmosferas estudadas.

Como o processamento mínimo do milho doce foi feito 4 dias após a colheita, o decréscimo nos teores de sacarose pode estar relacionado ao seu consumo na síntese de amido ao longo do armazenamento e a inversão de parte da sacarose em frutose e glicose, o que justifica os maiores teores destes açúcares.

Vale ressaltar que os maiores e menores valores absolutos de glicose e frutose ocorreram nos mesmos dias e estes foram inversamente proporcionais aos teores de sacarose, que foram maiores no primeiro dia após o processamento para todas as atmosferas, diminuindo ao longo do armazenamento. Isso comprova a inversão da sacarose em frutose e glicose ao longo do armazenamento.

Carotenóides

O teor de carotenóides totais (CT) foi influenciado significativamente pela interação atmosfera-tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Os teores de CT não diferiram estatisticamente, para todos os tempos de armazenamento, com exceção do terceiro dia, quando a AC2 apresentou menores teores de CT $930,67 \mu\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ (Tabela 3).

Os teores de CT na AC1 apresentaram comportamento quadrático, o terceiro dia de armazenamento, proporcionou maior valor absoluto de CT, com $3033,33(\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})$. Para AC1, os CT aumentaram até o quarto dia, aproximadamente, decrescendo a partir deste dia até o nono, quando se observaram menores teores de CT em todo o período de armazenamento, nesta atmosfera (Figura 9).

TABELA 3 Valores médios de carotenóides totais de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Carotenóides totais ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)		
	AC1	AC2	Controle
0	2105,69a	2105,69a	2105,69a
1	1943,88a	2208,36a	1661,22a
3	3033,33a	930,67b	2668,07a
6	2746,60a	2010,04a	1914,77a
9	1302,24a	1969,13a	1792,50a

AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

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

A AC2 possibilitou comportamento contrário aos teores de CT ao encontrado para a AC1, com decréscimo até o terceiro dia de armazenamento, quando observaram-se os menores teores absolutos de CT, com 930,67($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$), seguido por um aumento até o oitavo dia, com leve decréscimo no nono (Figura 9).

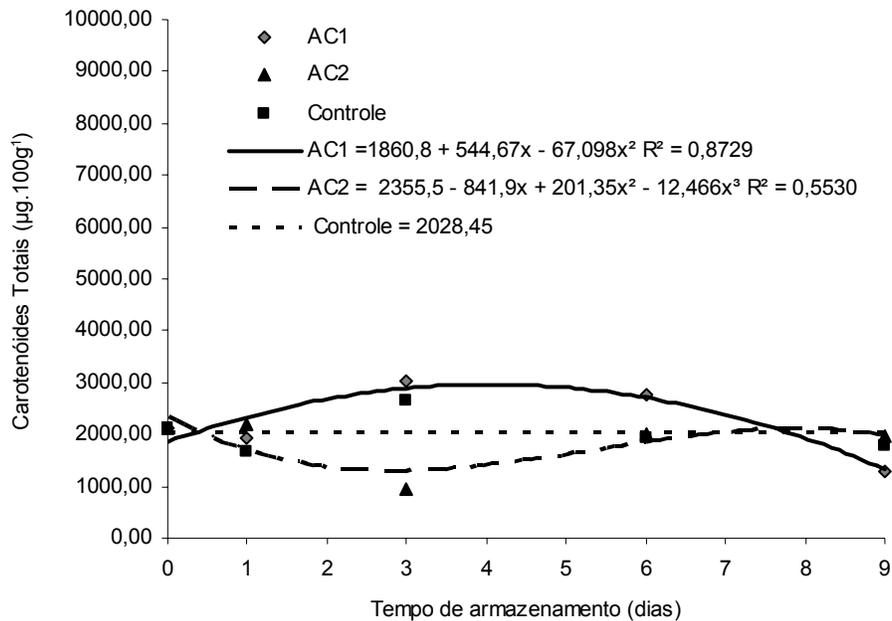
A atmosfera ambiente apresentou padrão constante nos teores de CT, ao longo do armazenamento, com média geral de 2.028,45($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) (Figura 9).

Azevedo-Meleiro (2003) encontrou decréscimo nos teores de carotenóides em couve, endívia e espinafre minimamente processados e armazenados durante 5 dias, sob temperatura de 7°-9°C.

Este decréscimo nos teores dos carotenóides ao longo do armazenamento ocorre devido à oxidação e depende da disponibilidade de oxigênio, luz, calor, metais, enzimas e peróxidos (Chitarra, 2000).

O híbrido de milho estudado possui um alto teor de carotenóides, isto é, de pigmentação amarela, pois, segundo Holden et al. (1999), citados por Scott &

Eldridge (2005), um alto teor de pigmentação amarela em milho doce está relacionado a teores de 1.100-3.000($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de carotenóides totais.



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

FIGURA 9 Estimativa dos teores de carotenóides totais de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Os teores de luteína e β -caroteno não apresentaram diferenças significativas entre as atmosferas controladas ao longo do armazenamento, apresentando teores médios de $434,76(\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1})$ e $158,33(\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1})$, respectivamente.

O teor de zeaxantina foi influenciado significativamente pela interação atmosfera-tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Os teores de zeaxantina não diferiram estatisticamente nos dias 0, 6 e 9, entre as três atmosferas estudadas. No primeiro dia de armazenamento, a AC2 apresentou maior teor de zeaxantina ($1317,7 \mu\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$). No terceiro, a AC2 apresentou menores teores de zeaxantina ($249,0 \mu\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$) (Tabela 4).

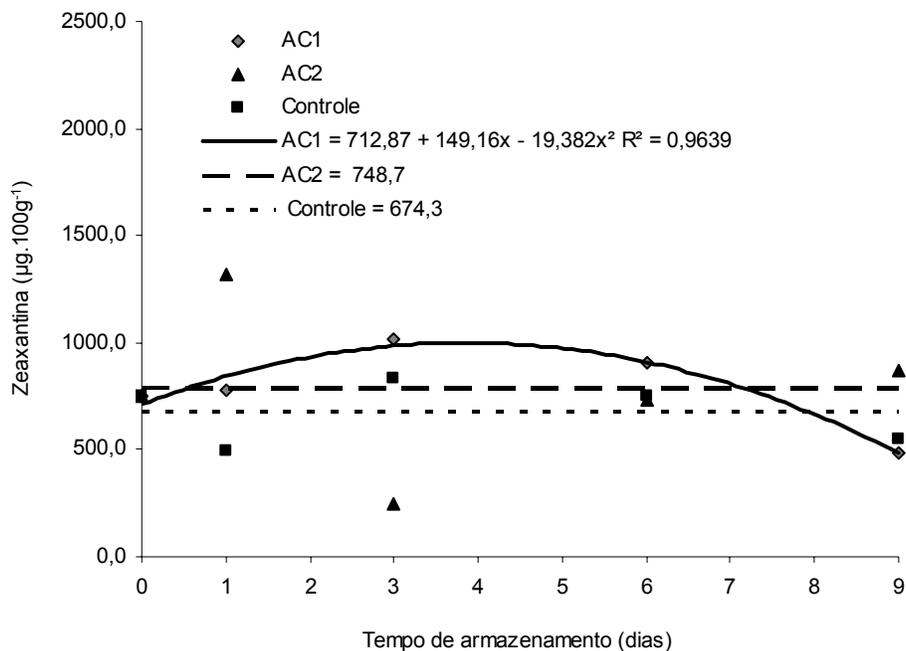
TABELA 4 Valores médios de zeaxantina de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Zeaxantina ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)		
	AC1	AC2	Controle
0	748,0a	748,0a	748,0a
1	782,0b	1317,7a	492,7b
3	1015,3a	249,0b	831,3a
6	907,7a	736,3a	750,0a
9	484,0a	872,7a	549,3a

AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente
 *Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Figura 10, pode-se observar que os teores de zeaxantina apresentaram padrão constante ao longo do armazenamento, para a AC2 e para o controle, com média geral dos teores de zeaxantina de $748,7 (\mu \cdot 100\text{g}^{-1})$ e $674,3 (\mu \cdot 100\text{g}^{-1})$ para a AC2 e controle, respectivamente.

A AC1 apresentou comportamento quadrático durante o armazenamento, com maiores teores de zeaxantina que as demais atmosferas, entre os dias 1 e 6.



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

FIGURA 10 Estimativa dos teores de zeaxantina de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Scott & Eldridge (2005) analisaram os teores de carotenóides em duas cultivares de milho doce ‘WS’ e ‘GWK’, armazenadas durante 5 dias. Em ambas as cultivares, a zeaxantina e a luteína, como no presente estudo, são os carotenóides principais, com menores teores de α -, β -criptoxantina e α -, β -caroteno. No entanto, os teores relatados por Scott & Eldridge (2005) foram menores que os encontrados para o genótipo Embrapa HT1, com 5,5 e 330,3(μg luteína.100g⁻¹) e 28,5 e 209,0(μg zeaxantina.100g⁻¹), para as ‘WS’ e ‘GWK’, respectivamente. Os autores ainda relatam não terem ocorrido diferenças significativas nos carotenóides, ao longo dos cinco dias de armazenamento.

O teor de β -criptoxantina foi influenciado significativamente pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

Os teores de β -criptoxantina diminuíram linearmente ao longo do armazenamento, com teores iniciais e finais de 155,0 e 63,3 ($\mu\text{g } \beta$ -criptoxantina. 100g^{-1}), respectivamente (Figura 11).

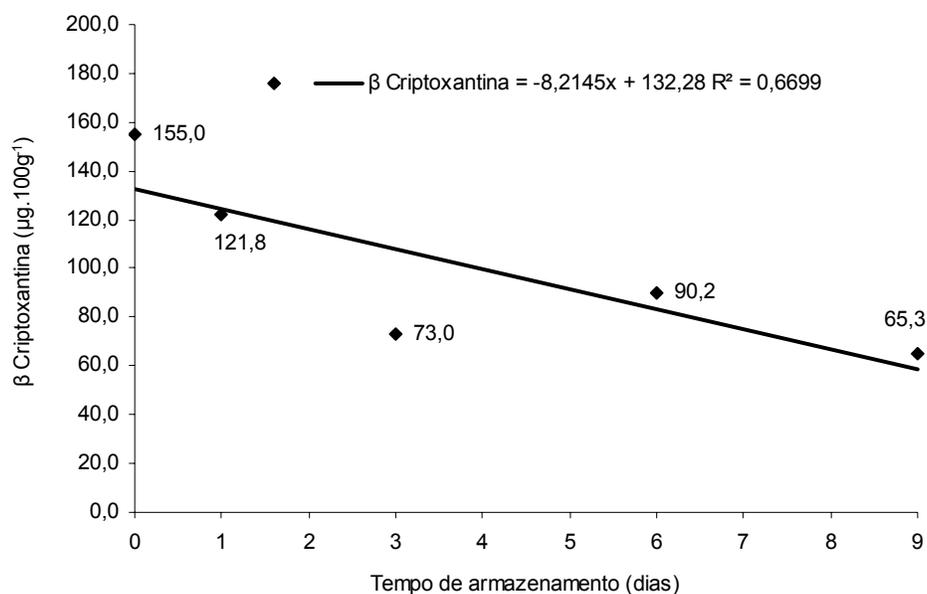


FIGURA 11 Estimativa dos teores de β -criptoxantina de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Segundo Scott & Eldridge (2005), o milho contém quantidades significativas de luteína, zeaxantina e outros carotenóides em menor quantidade. Isso está de acordo com o perfil de carotenóides apresentado pelo híbrido de

milho doce Embrapa HT1 doce com maiores teores de zeaxantina e luteína, e menores teores de β -criptoxantina e β -caroteno.

O menor teor absoluto de zeaxantina foi observado no terceiro dia de armazenamento, como nos carotenóides totais, pois a zeaxantina é o carotenóide em maior proporção no híbrido Embrapa HT1 doce.

Os carotenóides são corantes naturais, responsáveis pela coloração amarela do milho doce. A coloração é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor, sendo o mais importante determinante da aparência em vegetais frescos ou processados (Chitarra & Chitarra, 2005; Vilas Boas, 2002).

Para o milho verde, a coloração amarela é um atrativo e um indicador da sua qualidade para os consumidores, pois, segundo Vilas Boas (2002), variedades de milho branco encontraram barreira para penetração no mercado, em face do tradicional mercado do milho amarelo.

Os carotenóides também são importantes nutricionalmente, pois são substâncias bioativas. Os carotenóides presentes no milho doce possuem a seguinte funcionalidade para os seres humanos: o β -caroteno e a β -criptoxantina são pró-vitamínicos A e a luteína e a zeaxantina são os carotenóides relacionados com a proteção à degeneração macular e à catarata (Niizu, 2003).

A principal causa de degradação dos carotenóides é a oxidação. Eles são suscetíveis à oxidação durante o processamento e estocagem, resultando em perda da cor, da atividade biológica e formação de compostos voláteis que podem conferir aromas e sabores desejáveis ou indesejáveis a alguns alimentos (Rodriguez-Amaya, 2001).

Firmeza

A firmeza em milhos doces minimamente processados foi influenciada significativamente pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,05$).

Para o milho doce minimamente processado, Embrapa HT1 doce, o percentual de perda de massa aumentou e a firmeza decresceu, durante o período de armazenamento, com pequena elevação do sexto para o nono dia, conforme pode ser observado na Figura 12.

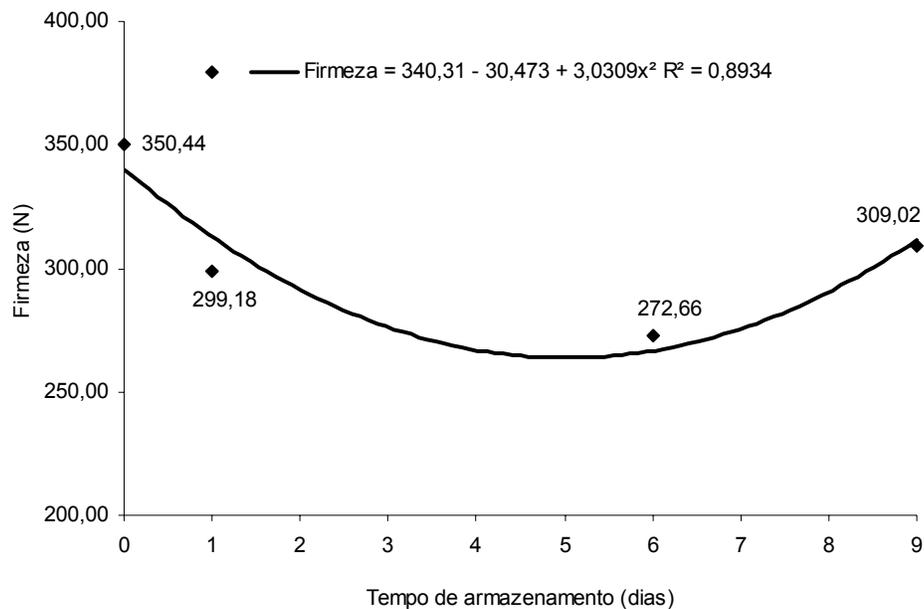


FIGURA 12 Estimativa de firmeza de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

O teor de umidade tem relação direta com a textura do produto, pois é um dos fatores responsáveis pelo turgor e pela firmeza do tecido. O processo de absorção da água, pela membrana citoplasmática e vacuolar, gera pressão hidrostática (pressão de turgor) e causa alargamento do vacúolo, pressionando

uma célula contra a outra e conferindo turgidez, rigidez e frescor aos tecidos da planta (Chitarra & Chitarra, 2005).

O turgor é perdido quando o tecido perde água ou morre; esta perda de água (umidade) pode ser expressa como a perda percentual de massa (Chitarra & Chitarra, 2005).

Deák et al. (1987), ao contrário do ocorrido neste estudo, relataram valores crescentes de firmeza para milhos doces armazenados por 8 dias, a 10°C e 20°C.

Determinação instrumental da cor (L* e b*)

Valor L*

O valor L* foi afetado significativamente pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O valor L* apresentou comportamento quadrático durante o período de armazenamento, com aumento até o sexto dia, com decréscimo no dia 9, sendo o valor final (66,95) menor que o inicial (68,68) (Figura 13).

Como o valor L* é um indicador do escurecimento, variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco), o aumento no valor L pode ser indicativo da perda dos carotenóides dos milhos durante o armazenamento, pois menores valores de L* indicam uma epiderme mais clara.

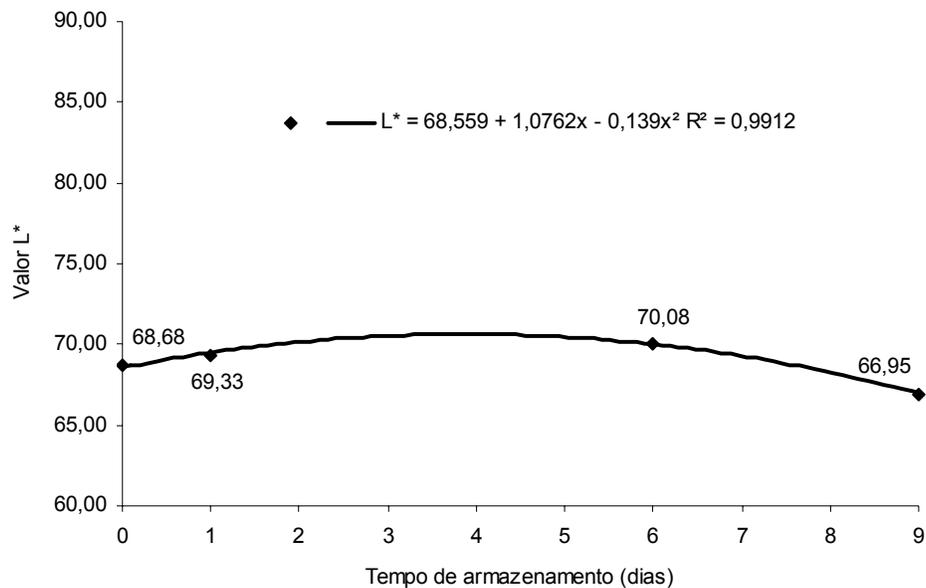


FIGURA 13 Estimativa do valor L* de milho doce minimamente processado, armazenado sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Valor b*

Para o valor b*, ocorreu diferença significativa entre as atmosferas controladas ($p < 0,01$) e o tempo de armazenamento ($p < 0,01$).

O valor b* indica variação de coloração do azul ao amarelo, variando entre -100 a +70. Conforme os teores de carotenóides totais e zeaxantina o valor b* foi superior para a atmosfera controlada AC1 (33,40). Este não diferiu estatisticamente do valor b* da AC2 (33,29), mais foi superior ao controle (32,04) (Tabela 5).

O valor b* da AC2 também foi semelhante ao do controle, apresentando resultado contrário aos carotenóides totais. No entanto, foi semelhante aos teores

de zeaxantina, que é o principal carotenóide no híbrido de milho doce estudado e que também é responsável pela coloração amarela.

TABELA 5 Valores médios de b* de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Atmosfera Controlada	b*
AC1	33,40a
AC2	33,29ab
Controle	32,04b

AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Durante o período de armazenamento, ocorreu decréscimo do valor b* (Figura 14); maiores valores de b* indicam um amarelo mais intenso. Como já citado, os carotenóides são responsáveis pela coloração amarela do milho e seus teores também decresceram ao longo do armazenamento, indicando correlação entre o valor b* e o teor de carotenóides.

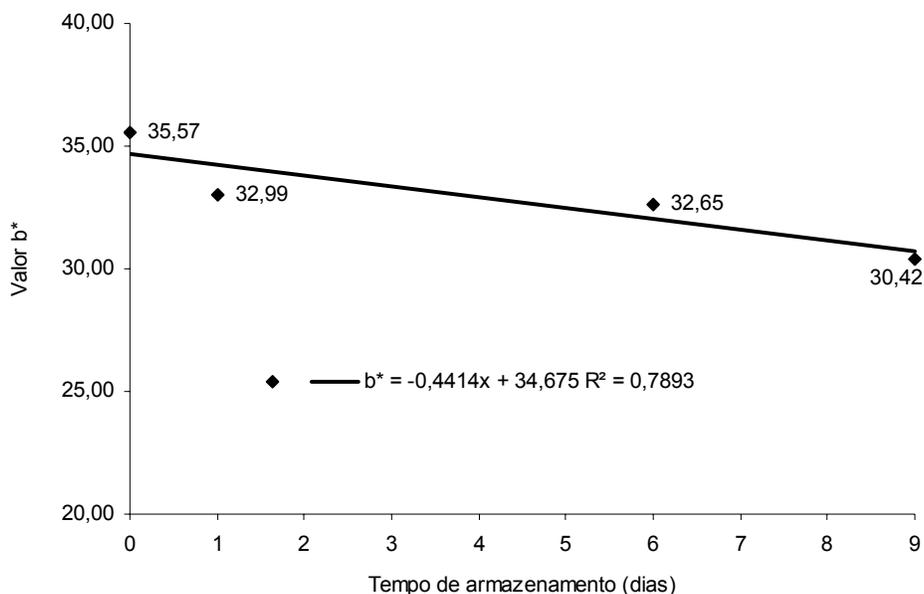


FIGURA 14 Estimativa do valor b* de milho doce minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Análises microbiológicas

Como ainda não existe uma legislação sanitária vigente para os produtos minimamente processados, os resultados deste trabalho foram comparados com os Padrões Microbiológicos Sanitários especificados pela Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Esses padrões estabelecem, para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, um limite máximo de 5×10^2 NMP/g (2,7 ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25g do produto (Brasil, 2001). Neste experimento, não foi detectada a presença de coliformes a 45°C. A análise de *Salmonella* foi realizada somente

no sexto dia de armazenamento, tendo sido confirmada a ausência deste microrganismo em todas as amostras analisadas. Os resultados encontraram-se dentro dos limites aceitáveis pela legislação, em todo o período de armazenamento.

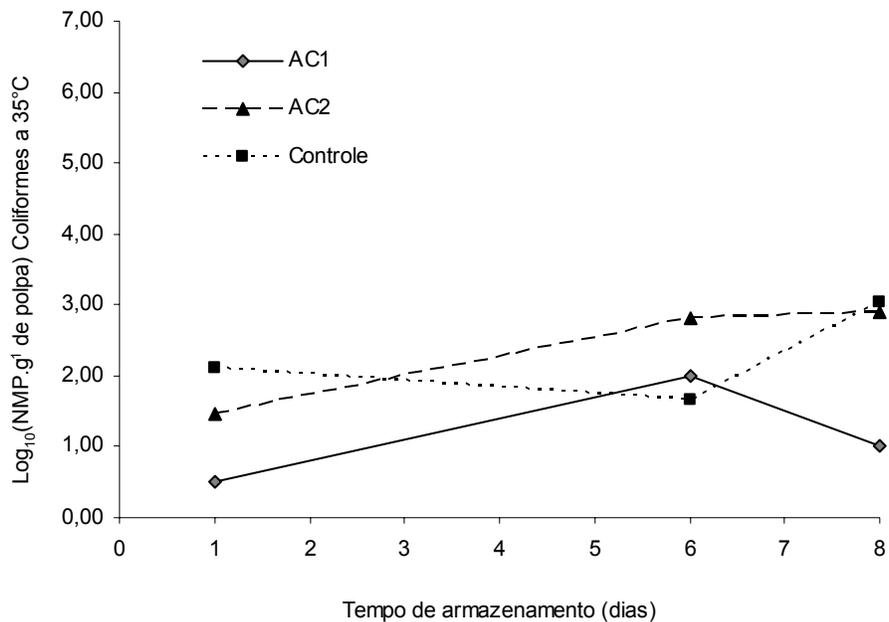
No entanto, observou-se, ao longo do armazenamento, independente do tipo de atmosfera controlada, aumento na contagem de coliformes a 35°C, fungos filamentosos e leveduras e bactérias aeróbias psicrotróficas (Figuras 15, 16 e 17).

A atmosfera ambiente (controle) apresentou população mais elevada de coliformes a 35°C nos milhos doces minimamente processados no primeiro dia e no oitavo dia de armazenamento, com 2,10 ciclos log e 3,04 ciclos log, respectivamente (Figura 15).

A atmosfera de 4%O₂ e 8%CO₂ (AC2) também apresentou valores crescentes de coliformes a 35°C, durante o armazenamento, passando de 1,47 ciclo log no primeiro, para 2,90 ciclos log, no oitavo dia de armazenamento.

Na atmosfera de 2%O₂ e 8%CO₂ (AC1), houve um aumento de 1,5 ciclo log do primeiro para o sexto, com diminuição para 0,5 ciclo log no oitavo dia de armazenamento. Esta atmosfera proporcionou menor população de coliformes a 35°C nos milhos doces minimamente processados, durante o período de armazenamento, que as demais atmosferas.

Camacho et al. (2001), estudando híbridos de milho doce armazenados a 4°C e embalados com polietileno, estando presentes as duas primeiras palhas, relataram aumento de 1,94 para 2,38 ciclos log do dia 0 para o 14º, ao longo do armazenamento, para cv. Krispy King. Na cv. Victor, os autores relatam maiores contagens, com manutenção de 3,38 ciclos log, durante 14 dias.



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

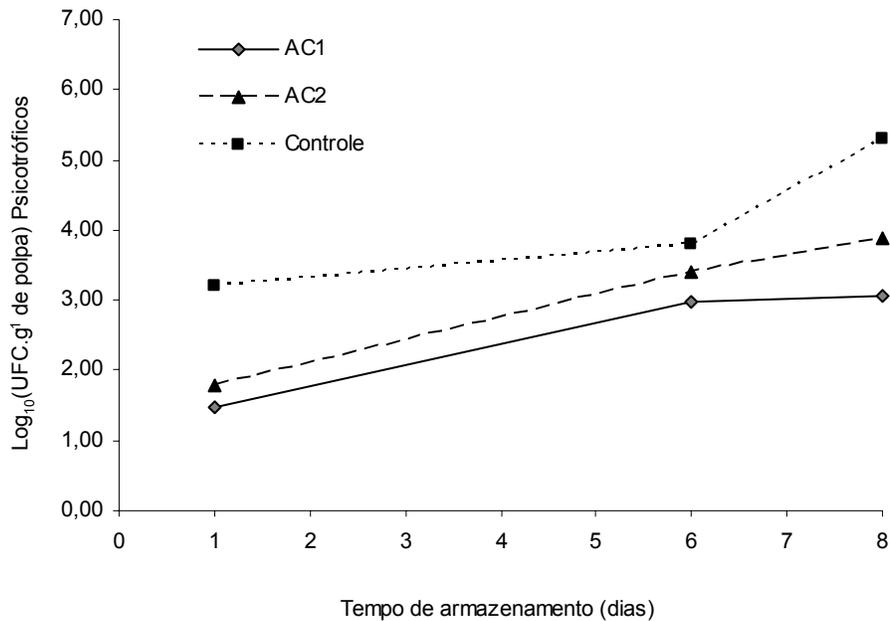
FIGURA 15 Valores médios de coliformes a 35°C em milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Durante o armazenamento, observou-se aumento na população de microrganismos aeróbios psicrotróficos do dia zero para o 8º dia, nos milhos doces minimamente processados, para todas as atmosferas (Figura 16).

Na atmosfera ambiente, este aumento foi de 3,21 ciclos log para 5,29 ciclos log, do primeiro para o oitavo dia de armazenamento, respectivamente. Para AC2, os microrganismos aeróbios psicrotróficos aumentaram de 1,80 ciclo log no primeiro dia, para 3,87 ciclos log no oitavo dia de armazenamento. A AC1 foi a que apresentou menores populações de aeróbios psicrotróficos durante

armazenamento, passando de 1,47 ciclo log do primeiro para 3,06 ciclos log, no oitavo dia de armazenamento.

As bactérias psicotróficas são importantes nos produtos minimamente processados. Elas podem crescer em temperaturas baixas, como a da refrigeração, ao longo do armazenamento, produzindo enzimas termorresistentes e permitindo que alcancem números suficientes para causar alterações físicas e organolépticas nesses produtos (Santos et al., 1999).



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

FIGURA 16 Valores médios de aeróbios psicotróficos em milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

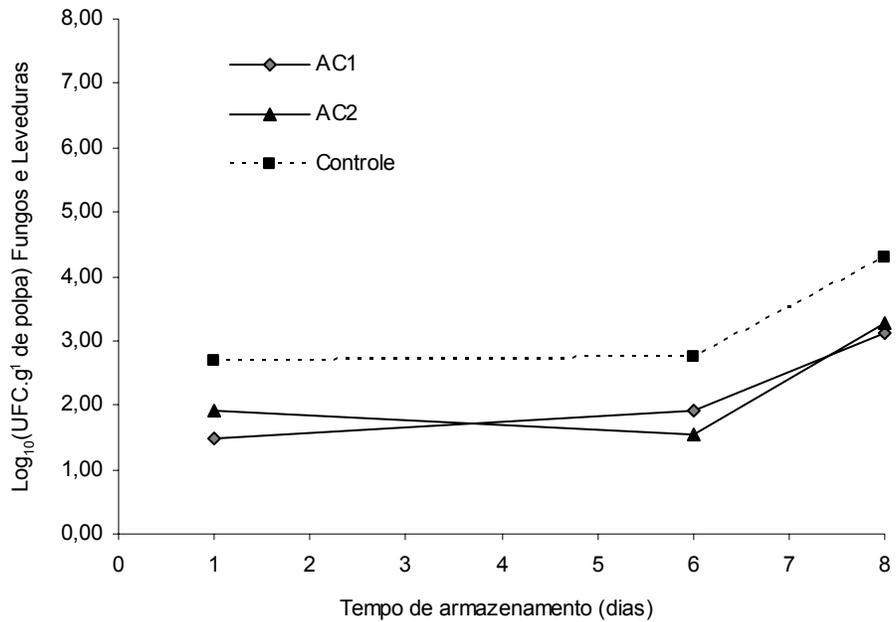
Durante o período de armazenamento, ocorreu aumento da população dos fungos filamentosos e leveduras, para todas as atmosferas (Figura 17).

A atmosfera ambiente apresentou maiores populações de fungos filamentosos e leveduras durante todo o armazenamento, com aumento de 2,69 ciclos log para 4,28 ciclos log, do primeiro para o oitavo dia.

Para fungos filamentosos e leveduras, a AC1 também apresentou menores populações durante o armazenamento, com aumento de 1,49 ciclo log para 3,12 ciclos log, do primeiro para oitavo dia, respectivamente.

Na AC2, ocorreu um decréscimo de 0,4 ciclo log do primeiro para o sexto dia de armazenamento. Do primeiro para o oitavo dia a população de fungos filamentosos e leveduras aumentou 1,4 ciclo log.

Deák et al. (1987) também relataram aumento de 1-2 ciclos log na população de fungos filamentosos e leveduras em milhos doces armazenados a 10°C.



AC1 = 2%O₂ e 8%CO₂, AC2 = 4%O₂ e 8%CO₂ e controle = atmosfera ambiente

FIGURA 14 Valores médios de fungos filamentosos e leveduras em milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

De acordo com os resultados encontrados, conclui-se que a utilização de atmosferas com baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂ possibilitou a diminuição das populações inicial e final de coliformes a 35°C, de bactérias aeróbias psicrotróficas e de fungos filamentosos e leveduras, durante todo o período experimental, garantindo redução da carga microbiana, com conseqüências na vida útil do milho doce minimamente processado.

4 CONCLUSÃO

As variáveis glicose, frutose, β -criptoxantina, firmeza e valor L^* em milho doce minimamente processado não sofreram interferência da atmosfera de armazenamento, mas somente do tempo de armazenamento.

A atmosfera contendo 2% O_2 e 8% CO_2 foi a mais benéfica para a manutenção da qualidade do milho doce Embrapa HT1 minimamente processado, durante os 9 dias do experimento.

Todas as amostras de milho doce minimamente processado analisadas, independente do tratamento, encontravam-se dentro dos limites microbiológicos aceitáveis especificados pela legislação. No entanto, a atmosfera contendo 2% O_2 e 8% CO_2 proporcionou populações reduzidas de coliformes a 35°C, de bactérias aeróbias psicrotróficas e fungos filamentosos e leveduras, garantindo maior sanidade durante o tempo de vida útil dos milhos verdes minimamente processados.

A atmosfera contendo 2% O_2 e 8% CO_2 também foi mais eficiente na manutenção dos carotenóides totais e da zeaxantina, apresentando maiores valores de b^* .

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUNG, L.H.; FOUSE, D.C.; HARRIS, C.M. Effect of postharvest desiccation at high temperature on soluble sugar changes of two supersweet corn cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.6, p.745-750, 1992.

Azevedo-Meleiro, C. H. **Análise de Carotenóides em Alimentos Brasileiros por CLAE-DAD e CLAE-MS**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº12**, de 2 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resolucoes/12_01.htm>. Acesso em 15 fev. 2007.

CAMACHO, C. et al. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz super dulce. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 2, p.180-186, jun. 2001.

CANTEWEL, M. I. Summary table of optimum handling conditions for fresh produce. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. 3.ed. Oakland: University of California, 2002. p. 511-518 (Publication, 3311).

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliça**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2000. 68p. Apostila.

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

DEÁK, T. et al. Extending the shelf life of fresh sweet corn by shrink-wrapping, refrigeration, and irradiation. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 6, p. 1625–1631, Nov. 1987.

HALE, T. A.; HASSELL, R. L.; PHILLIPS, T. Refractometer measurements of soluble solid concentration do not reliably predict sugar content in sweet corn. **HortTechnology**, v. 15, n. 3, p. 668-672, July/Sept. 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 750:** fruit and vegetable products: determination of titratable acidity. 2nd ed. Genève: 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1842:** fruit and vegetable products: determination of pH. 2nd ed. Genève: International Organization for Standardization, 1991.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2173:** fruit and vegetable products: determination of soluble solids content: refractometric method. 1st ed. Genève, 1978.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3thed. Oakland: University of California, 2002. p. 135-148. (Publication, 3311).

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. 34p.

MACRAE, R. **Food science and technology:** a series of monographs: HPLC in food analysis. 2nd ed. New York: Academic, 1998. p. 77.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Determinação da firmeza de grãos de milho verde minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006a, São Pedro. **Resumos...** São Pedro, SP, 2006. p. 192-192.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Efeito da saponificação na extração dos carotenóides em milho verde minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 10., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: SBCTA, 2006B. p. 1185.

MARCOS, S.K. et al. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.41-44, 1999

MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. Manuseio pós-colheita de milho doce. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap. 12, p. 195-204.

MYERS, A. M. Recent progress toward understanding biosynthesis of the amylopectin crystal. **Plant Physiology**, v. 122, p. 989–997, April 2000.

NIIZU, P. Y. **Fontes de carotenóides importantes para a saúde humana**. 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; PEREIRA, M. G; BRESSAN-SMITH, R. Caracterização e avaliação agrônômica de híbridos e linhagens de milho doce (*su1*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p.283-288, jun./set. 2006.

PAES, M. C. D.; MODESTA, R. C. D.; GAMA, E. E. G. Textura em grãos de híbridos experimentais destinados à produção de milho verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2004. p. 513.

RODOV, V. et al. Nested modified-atmosphere packages maintain quality of trimmed sweet corn during cold storage and the shelf life period. **Postharvest Biology and Technology**, v.18, p.259-266, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington: ILSI, 2001. 64 p.

SANTOS, E. S.; CARVALHO, E. P.; ABREU, L. R. Psicrotróficos: conseqüências de sua presença em leites e queijos. **Boletim do SBCTA**, n.33, p.129-138, 1999.

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p.551-559, 2005.

SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of vegetables**. Boca Raton, FL: CRC, 1984. Cap. 9, p. 107-116.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p. 341-353, 2003.

VALENTINI, L.; SHIMOYA, A.; COSTA, C. C. S. **Milho doce**: viabilidade técnica de produção em Campos dos Goytacazes - RJ. Niterói, RJ: PESAGRO-RIO, 2002. (Comunicado Técnico, 275).

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

WILEY, R. C. Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. Cap. 3, p. 66-134.

ZHU, S.; MOUNT, J. R.; COLLINS, J. L. Sugar and soluble solids changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays* L). **Journal Of Food Science**, v. 57, n. 2, p.454-457, Mar. 1992.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packing of fresh produce. **Food Technology**, v.42, n.9, p.70-77, 1988.

ANEXOS

ANEXO A		Páginas
TABELA 1A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, umidade, firmeza, pH e acidez titulável (AT) de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 10511’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias.....	181
TABELA 2A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis (SS), frutose, glicose, L* e b* de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias.....	182
TABELA 3A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, umidade, firmeza, pH e acidez titulável (AT) de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias.....	183
TABELA 4A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis (SS), frutose, glicose, sacarose, L* e b* de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias.....	184
TABELA 5A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), frutose e glicose de híbrido de milho doce Embrapa HT1 minimamente processado armazenado sob diferentes atmosferas controladas sob refrigeração por 9 dias.....	185

TABELA 6A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para sacarose, carotenóides totais (CT), zeaxantina, luteína, β -criptoxantina e β -caroteno de híbrido de milho doce Embrapa HT1 minimamente processado armazenado sob diferentes atmosferas controladas sob refrigeração por 9 dias.....	186
TABELA 7A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para firmeza, valor L* e valor b* de híbrido de milho doce Embrapa HT1 minimamente processado armazenado sob diferentes atmosferas controladas sob refrigeração por 9 dias.....	187

TABELA 1A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, umidade, firmeza, pH e acidez titulável (AT) de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios				
		Perda Massa	Umidade	Firmeza	pH	AT
Temperatura (T)	2	7,6716**	6,5980	6462,3125*	0,0172	0,001121000
Erro a=Rep(T)	6	0,2097	12,5328	1025,8025	0,0040	0,000511000
Híbrido (H)	1	1,3225**	630,9654**	40938,0296**	0,4680**	0,017057000**
Tempo de armazenamento (D)	4	59,2648**	6,6486	35568,5535**	0,7183**	0,050138000**
H x D	4	0,2519**	72,3449**	2478,1439	0,0200	0,001679000
T x H	2	0,0893	7,2983	2704,7919	0,0064	0,000594000
T x D	8	0,7557**	10,5900	7428,4054**	0,0122	0,001819000
T x H x D	9	0,0684	13,5406	2370,9202	0,0133	0,000654000
Erro b	54	0,0576	16,1618	1845,0576	0,0192	0,001604000
Total	89					
Média geral		2,28	63,17	319,39	6,49	0,246
CV 1 (%)		20,06	5,6	10,03	0,98	9,19
CV 2 (%)		10,51	6,36	13,45	2,14	16,28

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis (SS), frutose, glicose, L* e b* de milhos verdes ‘Embrapa HT1’ e ‘Ag 1051’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios				
		SS	Frutose	Glicose	L*	b*
Temperatura (T)	2	5,9001	0,1298	0,1860	1,9428	25,7714
Erro a=Rep(T)	6	0,3953	0,0371	0,0429	4,6214	5,0122
Híbrido (H)	1	0,6250	1,1972**	0,8122**	1,7528	20,8803**
Tempo de armazenamento (D)	4	8,8162**	0,0797**	0,6127**	9,4730**	0,6237
H x D	4	3,7472**	0,1805**	0,3286**	1,1756	0,8071
T x H	2	0,5083	0,0030	0,0060	6,5398*	9,1106
T x D	8	1,1954	0,0412**	0,1030**	0,3538	0,5282
T x H x D	9	0,4372	0,0264	0,0889**	0,2098	0,7149
Erro b	54	0,8680	0,0170	0,0276	1,6902	1,2243
Total	89					
Média geral		10,47	0,63	0,96	73,24	35,97
CV 1 (%)		6,01	30,40	21,56	2,94	6,22
CV 2 (%)		8,90	20,57	17,30	1,78	3,08

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 3A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, umidade, firmeza, pH e acidez titulável (AT) de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios				
		Perda Massa	Umidade	Firmeza	pH	AT
Temperatura (T)	2	17,5941*	14,2498**	2716,9446	0,2789**	0,010038000**
Erro a=Rep(T)	6	1,80031	0,8351	6438,0626	0,00299	0,000214000
Híbrido (H)	1	1,4618*	73,4591**	40177,8922**	0,1707**	0,059856000**
Tempo de armazenamento (D)	4	109,5669**	9,47611**	33504,2679**	1,4414**	0,163120000**
H x D	4	0,5212	14,7929**	4114,3478	0,0852**	0,010036000**
T x H	2	1,8669**	1,0685	2081,5123	0,0101	0,000656000
T x D	8	1,6134**	7,4228**	970,0883	0,0816**	0,008308000**
T x H x D	9	0,2559	7,2392**	1557,9029	0,0346**	0,003832000**
Erro b	54	0,2900	1,7513	2269,2250	0,0068	0,000600000
Total	89					
Média geral		2,82	74,40	313,50	6,71	0,226
CV 1 (%)		47,53	1,23	25,59	0,81	6,48
CV 2 (%)		19,08	1,78	15,2	1,23	10,84

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 4A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis (SS), frutose, glicose, sacarose, L* e b* de milhos doces ‘Embrapa HT1’ e ‘Doce Tropical’ minimamente processado armazenados em diferentes temperaturas (5°C, 8°C e 11°C) por 8 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		SS	Frutose	Glicose	Sacarose	L*	b*
Temperatura (T)	2	24,8680**	0,1489	0,0787	23,5488**	5,8854	0,4203
Erro a=Rep(T)	6	0,5797	0,0885	0,1300	0,7310	6,5587	2,9622
Híbrido (H)	1	61,6694**	2,4404**	4,8581**	292,6089**	68,2777**	9,4673**
Tempo de armazenamento (D)	4	2,8726**	1,3841**	0,6126**	27,1953**	17,8838**	0,8502
H x D	4	5,5414**	1,0919**	0,7935**	12,0013**	1,0270	0,2245
T x H	2	0,9938	0,0683	0,0306	1,2389	10,2417**	0,2966
T x D	8	2,1816**	0,6416**	0,4747**	4,85408**	2,9020	0,4314
T x H x D	9	1,4599	0,2587	0,3025*	0,8755	1,9830	0,4367
Erro b	54	0,7600	0,1727	0,1260	0,8906	1,8860	0,5004
Total	89						
Média geral		18,08	1,09	1,45	5,55	68,09	35,86
CV 1 (%)		4,21	27,37	24,83	15,41	3,76	4,80
CV 2 (%)		4,82	38,24	24,45	17,01	2,02	1,97

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 5A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), frutose e glicose de híbrido de milho doce Embrapa HT1 minimamente processado armazenado sob diferentes atmosferas controladas sob refrigeração por 9 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		Perda Massa	pH	AT	SS	Frutose	Glicose
Atmosfera (Atm)	2	14,7037**	0,0299**	0,001904	1,2162	0,6081	0,7378
Tempo de armazenamento (D)	4	14,4216**	0,1138**	0,019917**	2,5291	0,9309**	1,0300**
Atm x D	8	3,5672**	0,0201**	0,002118*	1,6076	0,2488	0,2665
Erro	30	0,1571	0,0054	0,000745	1,3316	0,2020	0,2507
Total	44						
Média geral		1,39	1,05	21,11	15,49	24,83	2,30
CV (%)		28,60	6,97	0,129	7,45	1,81	21,79

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 6A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para sacarose, carotenóides totais (CT), zeaxantina, luteína, β -criptoxantina e β -caroteno de híbrido de milho doce Embrapa HT1 minimamente processado armazenado sob diferentes atmosferas controladas sob refrigeração por 9 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		Sacarose	CT	Zeaxantina	Luteína	β -criptoxantina	β -caroteno
Atmosfera (Atm)	2	1,4228	546047,4929	62522,8667	32140,5556	756,2000	11188,8667
Tempo de armazenamento (D)	4	2,6617**	453019,2085	70013,5222	34298,0778	12419,9222**	47594,6111
Atm x D	8	1,2402*	1111065,3761**	275092,7556**	48549,8611	4600,7556	12546,7278
Erro	30	0,4637	178330,2741	54981,9778	32096,0667	2277,7556	21746,6000
Total	44						
Média geral		1,00	2033,17	748,80	434,76	101,07	158,33
CV (%)		67,81	20,77	31,31	41,21	47,22	93,14

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 7A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), frutose e glicose de híbrido de milho doce Embrapa HT1 minimamente processado armazenado sob diferentes atmosferas controladas sob refrigeração por 9 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Firmeza	L*	b*
Atmosfera (Atm)	2	1313,9977	6,3068	6,9178*
Tempo de armazenamento (D)	3	8037,8067*	16,0631*	39,9838**
Atm x D	6	6080,7133	1,89791	3,7931
Erro	24	2617,5160	3,2207	1,7074
Total	35			
Média geral		311,02	68,76	32,91
CV (%)		16,45	2,61	3,97

* e ** indicam valores do Teste F significativos a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente