

---

## QUALIDADE DO MILHO DOCE MINIMAMENTE PROCESSADO CONSERVADO SOB DIFERENTES ATMOSFERAS

Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede<sup>1</sup>, Adimilson Bosco Chitarra<sup>2</sup>, Marcos José de Oliveira Fonseca<sup>3</sup>, Antonio Gomes Soares<sup>4</sup>, Israel Alexandre Pereira Filho<sup>5</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de três atmosferas diferentes (2% O<sub>2</sub> + 8% CO<sub>2</sub>, 4% O<sub>2</sub> + 8% CO<sub>2</sub> e atmosfera ambiente) na qualidade de milho verde do tipo doce minimamente processado, durante sua conservação a 5 °C. Foram utilizadas espigas de milho verde do tipo doce, híbrido do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo com gene mutante *sh2* (Embrapa HT1). O conteúdo de glicose, frutose, β-criptoxantina, firmeza e valor L\* foram influenciadas somente pelo tempo de conservação. As atmosferas controladas foram eficientes em reduzir a perda de massa das espigas de milho doce e, pelos dados obtidos para o pH e acidez titulável, manteve a atividade respiratória reduzida em até três dias de armazenamento. O conteúdo de sacarose mais elevado nas espigas armazenadas em atmosfera ambiente pode, adicionalmente, indicar mais rápida degradação de amido e maior disponibilidade de substrato para a respiração. De modo geral, o uso da atmosfera controlada não influenciou nos teores de carotenóides totais. A atmosfera de 2% O<sub>2</sub> e 8% CO<sub>2</sub> apresentou maiores valores de b\* e de firmeza. Todas as amostras de milho doce minimamente processado analisadas, independente das atmosferas de conservação, encontravam-se dentro dos limites microbiológicos aceitáveis especificados pela legislação. No entanto, a atmosfera de 2%O<sub>2</sub> e 8%CO<sub>2</sub> apresentou menores populações de coliformes a 35 °C, de bactérias aeróbias psicotróficas e fungos filamentosos e leveduras, sendo, então, a mais indicada para a conservação pós-colheita dos milhos doces minimamente processados, durante nove dias.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, atmosfera controlada, qualidade, pós-colheita, processamento mínimo

### ABSTRACT

#### QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED SWEET CORN KEPT UNDER DIFFERENT ATMOSPHERES

The purpose of this work is to evaluate the use of three different atmospheres (2% O<sub>2</sub> + 8% CO<sub>2</sub>, 4%O<sub>2</sub> + 8% CO<sub>2</sub> and normal atmosphere) on the quality of minimally processed sweet corn during its conversation at 5°C for nine days. Ears of sweet corn were used of the hybrid of the breeding program of Embrapa Corn and Sorghum with mutant gene *sh2* (Embrapa HT1). The contents of glucose, fructose, β-cryptoxanthine, firmness and L\* value were influenced only by the storage time. The controlled atmospheres were efficient to reduce the mass loss of the sweet corn ears and from the results obtained for pH and titratable acidity, to maintain the respiratory activity reduced until three days of storage. Higher contents of sucrose in the stored sweet corn ears under normal atmosphere can indicate faster degeneration of starch and more disponibility for respiration. In general, the use of controlled atmosphere did not influence the total carotenoids content. The atmosphere of 2% O<sub>2</sub> and 8% CO<sub>2</sub> showed higher values of b\* and firmness. All minimally processed sweet corn samples analyzed, independent of the conservation atmospheres, were within the acceptable microbiologic limits specified by legislation. Nevertheless the atmosphere of 2% O<sub>2</sub> and 8% CO<sub>2</sub> presented lower populations of coliforms at 35 °C, psychotrophic aerobic bacteria and filamentous fungi and yeasts. Thus, it is the most indicated atmosphere for post-harvest conservation of minimally processed sweet corns during 9 days.

**Keywords:** *Zea mays*, control atmosphere, quality, post-harvest, fresh-cut

---

**Recebido para publicação em 10/08/2010. Aprovado em 23/05/2011.**

1 - Bolsista de pós-doutorado Embrapa Agroindústria de Alimentos, Doutora em Ciência dos Alimentos, [alexandramaram@globo.com](mailto:alexandramaram@globo.com)

2 - Prof. Titular, Departamento de Ciência dos Alimentos, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras, MG

3 - Pesquisador A, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29.501 – Guaratiba, Rio de Janeiro-RJ, CEP 23020-470.

4 - Pesquisador A, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29.501 – Guaratiba, Rio de Janeiro-RJ, CEP 23020-470.

5- Pesquisador B, Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424 Km 65, Sete Lagoas-MG, CEP 35707-970

## INTRODUÇÃO

O milho verde in natura, devidamente limpo e embalado, está sendo cada vez mais comercializado como um produto minimamente processado. No entanto, observa-se que esse produto é apresentado no mercado em embalagens impróprias, assim como se verifica manuseio inadequado durante as etapas de processamento mínimo.

O milho doce é um tipo especial de milho, de alto valor nutricional. 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 (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003). Este baixo teor de amido o torna mais perecível que o milho normal (VALENTINI *et al.*, 2002), e sua conservação se torna possível reduzindo a temperatura e a disponibilidade de oxigênio durante a conservação.

As porcentagens mínimas de O<sub>2</sub> e máxima de CO<sub>2</sub> nas quais o milho doce pode ser armazenado são de 2,0% e 15%, respectivamente (KADER, 2002). Porém, segundo Cantwell (2002), recomenda-se armazená-lo entre 2%-4% de O<sub>2</sub> e 5%-10% de CO<sub>2</sub>. Além da divergência de resultados entre estes autores, e dos estudos terem sido conduzidos em condições edafoclimáticas distintas das condições do cerrado brasileiro, ambos não especificam o genótipo/híbrido estudado.

Para se avaliar a eficiência da atmosfera controlada sobre a manutenção da qualidade de qualquer produto, é necessário avaliar seu impacto sobre seus atributos. 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). Para Moretti e Henz (2003), o teor de açúcares, notadamente a sacarose, é o principal determinante desta qualidade.

Com base na literatura, o armazenamento sob atmosfera controlada pode ser uma possibilidade de extensão da vida útil do milho doce, desde que dimensionado para o genótipo específico e nas condições de produção local.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da atmosfera controlada sob refrigeração na qualidade de milho verde do tipo

doce minimamente processado.

## MATERIAL E MÉTODOS

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. Foi plantado com espaçamento de 0,80 m e densidade de 50.000 plantas por hectare.

O milho foi colhido em setembro de 2006, 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. As espigas foram transportadas no dia seguinte, por avião para o Terminal de Cargas do Aeroporto do Rio de Janeiro, seguindo em veículo refrigerado para a Planta Piloto de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no mesmo dia da chegada.

Foram utilizadas espigas de milho verde do tipo doce de híbrido pertencente ao programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo com gene mutante *sh2* (EMBRAPA HT1).

O processamento foi realizado na sala de Processamento Mínimo da Planta Piloto de Pós-Colheita. Os balcões e utensílios utilizados foram previamente lavados com detergente neutro e sanificados com solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L<sup>-1</sup>.

Na área de recepção da unidade, primeiramente retirou-se, manualmente, a palha mais superficial das espigas, posteriormente, estas foram lavadas com água corrente para a retirada da sujeira grosseira no restante da palha. Sendo enviadas para sala climatizada, onde as espigas foram imersas em água a 5±2 °C, contendo 200 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo, por 15 minutos. Logo após, retirou-se o restante da palha e dos estigmas. Em seguida, as extremidades foram cortadas com facas de aço inox, deixando-se drenar o excesso de água em bancada coberta com papel toalha. Nesta etapa, promoveu-se nova seleção das espigas, retirando-se as mal granadas e as atacadas por lagartas que não tinham sido detectadas na etapa anterior. Em seguida, foram acondicionadas duas espigas por bandeja de poliestireno, com dimensões de

23,5 cm de comprimento x 18,2 cm de largura, para posterior armazenamento sob refrigeração e atmosfera controlada.

As bandejas com o milho verde minimamente processado foram mantidas por 9 dias a  $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa (UR) de  $90\pm 5\%$ . Foram utilizadas as seguintes composições atmosféricas: controle = atmosfera ambiente ( $20,8\% \text{O}_2 + 0,2\% \text{CO}_2$ ), AC1 =  $2\% \text{O}_2 + 8\% \text{CO}_2$  e AC2 =  $4\% \text{O}_2 + 8\% \text{CO}_2$ , com balanço de nitrogênio para todas as atmosferas.

O controle da atmosfera foi feito em microcâmaras de atmosfera controlada, hermeticamente fechadas, localizadas dentro das câmaras de refrigeração, monitoradas por analisador de gases, *Kronenberger System Technik*, acoplado a sistema computadorizado. O sistema possui software para monitoramento e correção dos gases de cada microcâmara.

As espigas de milho foram avaliadas aos 0, 1, 3, 6, 9 dias, quanto às características descritas a seguir. As bandejas contendo duas espigas foram pesadas, individualmente, em balança semi-analítica, no início e durante cada intervalo de tempo descrito acima. A determinação da porcentagem de perda de massa foi calculada pela divisão da diferença entre a massa inicial das bandejas de milho verde e aquela obtida em cada data de avaliação, pela massa inicial, e este resultado multiplicado por 100.

As análises destrutivas descritas a seguir foram realizadas após a trituração e a homogeneização, em *blender*, dos grãos de milho de molho de duas espigas que compunham cada repetição (unidade experimental). Determinaram-se os sólidos solúveis (SS) diretamente do homogeneizado filtrado com auxílio de organza, por leitura em refratômetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd, Tokyo, Japão) com compensação de temperatura automática a  $25^{\circ}\text{C}$ . Os resultados foram expressos em °Brix, de acordo com a ISO 2173 - 1978.

O pH e a acidez total titulável foram determinados por meio do titulador automático Metrohm 794 Basic Titrimo, segundo a ISO 1842 - 1991. Dez gramas do homogeneizado foram diluídos em 50 mL de água destilada degaseificada e tituladas com solução de NaOH  $0,1 \text{ mol/L}$ , até pH 8,1. Antes de se iniciar a titulação, registrou-se o pH medido instantaneamente. O resultado final da titulação foi expresso em g de ácido málico por 100 g de massa fresca.

A firmeza dos grãos foi determinada por compressão, utilizando-se 10 g dos grãos de milho verde inteiro e sem cozimento, seguindo

metodologia adaptada de Paes *et al.* (2004), por Mamede *et al.* (2006), em texturômetro modelo TA-Hdi, da *Stable Micro System*, acoplado com sonda *Kramer Shear Cell HDP/K35*, usando célula carga de 5kg, nos dias 0, 1, 6 e 9. 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  $10 \text{ mm.s}^{-1}$ . Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Para quantificação dos açúcares, a polpa de milho doce foi triturada e homogeneizada novamente com auxílio de *politron*, a fim de diminuir o tamanho da partícula. 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 10 mL de água Milli-Q, em ultra-som por 20 minutos. Logo após, adicionaram-se 5 mL 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 20  $\mu\text{L}$ . 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  $30^{\circ}\text{C}$ , fase móvel acetonitrila 75% em água Milli-Q, com fluxo de  $1,3 \text{ mL.min}^{-1}$ .

A extração dos carotenóides foi realizada com acetona gelada, em quantidade mínima necessária para eluição incolor e, em seguida, o extrato obtido foi submetido à partição para éter petróleo. No extrato etéreo obtido, realizaram-se a determinação dos carotenóides totais pela leitura das absorbâncias dos extratos em espectrofotômetro de UV-Visível Specord 205, no comprimento de onda de 449 nm ( $\lambda_{\text{máx}}$  zeaxantina). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g.}100 \text{ g}^{-1}$  de zeaxantina de milho doce fresco.

A separação, identificação e quantificação de carotenóides foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência, após a concentração de 3 mL do extrato etéreo, por meio da evaporação sob fluxo de nitrogênio, e diluição em 1mL de acetona grau HPLC. O extrato obtido foi transferido diretamente para o frasco de injetor automático (*vial*), injetando-se  $25 \mu\text{L}$  deste extrato no cromatógrafo. A quantificação dos carotenóides foi realizada por padronização externa. As condições

cromatográficas utilizadas foram: coluna C30 3 mm 4.6 mm x 250 mm – 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<sup>-1</sup>, detector de arranjo de fotodiodos (DAD) 300 a 550 nm e temperatura da coluna de 30 °C.

A análise de cor foi realizada por reflectância no S & M Colour Computer modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 13 mm de diâmetro. Os parâmetros foram medidos em relação à placa branca, nos dias 0, 1, 6 e 9. Foram realizadas três leituras em cada espiga: próximas às duas extremidades e na região central da espiga. Cada repetição foi composta pela leitura de duas espigas.

Em relação às análises microbiológicas, avaliou-se as contagens de coliformes a 35 °C e a 45 °C, de fungos filamentosos e leveduras, e de aeróbios psicotróficos, no 1°, 6° e 8° dia de conservação. A contagem de *Salmonella* sp foi realizada somente no 6° dia de conservação.

Dez gramas 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 90 mL de água peptonada 0,1% (diluição 10<sup>-1</sup>). As diluições sucessivas (10<sup>-2</sup> e 10<sup>-3</sup>) foram preparadas retirando-se 1 mL da diluição anterior e adicionando-se em 9 mL de água peptonada 0,1%.

Os coliformes a 35 °C e a 45 °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 Durhan 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 Durhan 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<sup>-1</sup> de massa fresca. 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 Durhan 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<sup>-1</sup> de massa fresca.

A carga bacteriana de aeróbios psicotróficos 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<sup>-1</sup> de massa fresca).

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<sup>-1</sup> de massa fresca).

A contagem de *Salmonella* sp, foi realizada a partir de um pré-enriquecimento, com 25 g de amostras, em 225 mL de caldo lactosado a 35 °C ± 2 °C 24 h<sup>-1</sup>. Em seguida, realizou-se o enriquecimento seletivo, transferindo-se da etapa anterior, 0,1 mL para 10 mL de caldo de enriquecimento Rappaport-Vassiliadis (RVS) incubando a 42 °C ± 2 °C 24 h<sup>-1</sup>, em banho-maria e 1 mL para 10 mL de caldo tetratratonato (TT) a 35 °C ± 2 °C 24h<sup>-1</sup>, 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), incubando-se a 35°C ± 2°C/24h. As colônias suspeitas foram identificadas bioquimicamente por triagem no meio ágar lisina-ferro (Rambach) incubado a 35 °C ± 2 °C 24h<sup>-1</sup>.

O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. 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 DIC utilizado tinha 15 tratamentos, provenientes de um fatorial 3 atmosferas x 5 tempos de conservação: (0, 1, 3, 6 e 9 dias). Para a determinação instrumental da cor (L\*, b\*) e da firmeza utilizou-se DIC com 12 tratamentos, proveniente de um fatorial 3 atmosferas x 4 tempos de conservação: (0, 1, 6 e 9 dias). Os resultados das análises microbiológicas foram submetidas à análise estatística descritiva, tendo-se 9 tratamentos provenientes de fatorial 3 atmosferas x 3 tempos de conservação (1, 6 e 8 dias).

As análises estatísticas foram realizadas

com o auxílio do programa estatístico Sisvar. 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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se o aumento da perda de massa do milho doce ao longo da conservação em todas as atmosferas, tendo o controle apresentando valores de perda de massa significativamente maiores em relação às atmosferas controladas 1 e 2 (Figura 1).

A perda de massa é um dos principais fatores de qualidade na vida útil de muitos produtos hortícolas (CARVALHO; LIMA, 2002). Tal perda pode ser atribuída às reações metabólicas como a respiração e a transpiração do produto, que reduzem a quantidade da água presente no tecido

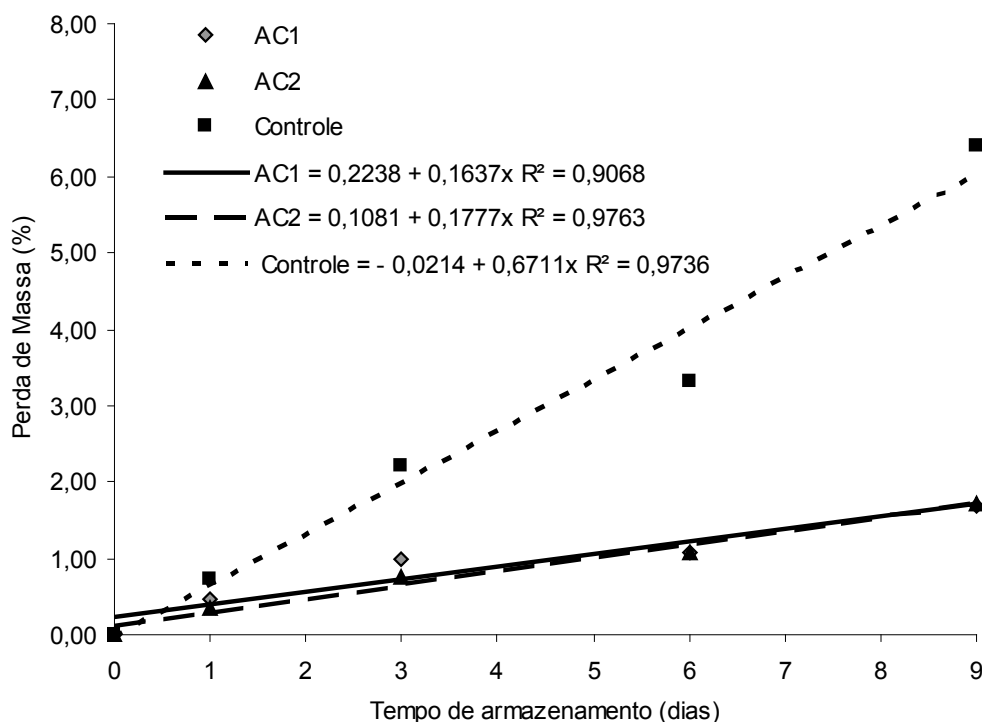
vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Produtos minimamente processados (PMP) 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 (durante a sua vida útil). Com o aumento da área de exposição dos tecidos injuriados, o ritmo respiratório aumenta várias vezes, em comparação ao produto íntegro (CHITARRA, 2001).

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 pode reduzir sua taxa respiratória (LANA; FINGER, 2000; SOLIVA-FORTUNY; MARTÍN-BELLOSO, 2003).

Durante o processamento mínimo de milho verde promove-se a retirada de barreiras naturais a perda de água, como a retirada da palha e o corte das extremidades. Com isso, o produto final torna-se mais suscetível à perda de massa por transpiração e desidratação, sendo importante o controle da umidade relativa.

No milho doce minimamente processado armazenado em atmosfera controlada, a redução



**Figura 1.** Estimativa da perda percentual de massa de milho doce minimamente processado, mantido sob atmosferas controladas e ambiente, por 9 dias.

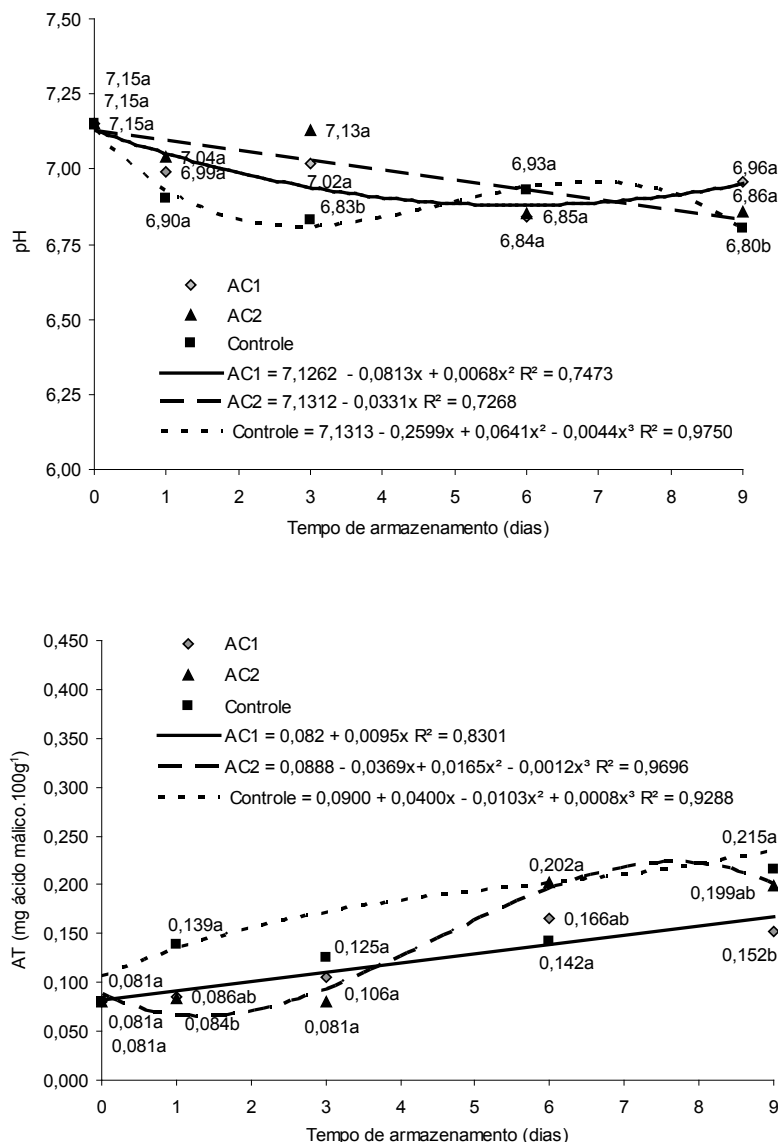
da disponibilidade de oxigênio propiciou menor respiração dos tecidos e, conseqüentemente, menor perda de massa, considerando-se que a UR foi a mesma em todas as atmosferas de conservação.

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. Assim, os resultados poderiam fundamentar o fato de que as espigas conservadas sob atmosfera ambiente tiveram atividade respiratória superior, o que encurtaria sua vida útil.

Os Sólidos solúveis não apresentaram diferenças

significativas ao longo do armazenamento, apresentando teor médio de 15,49°Brix (dados não apresentados).

Observou-se, durante a conservação, tendência geral de redução do pH e aumento da acidez nos grãos de milho doce submetidos a todas as atmosferas (Figura 2). A atmosfera ambiente (controle) apresentou menores valores de pH, diminuindo de 7,15 para 6,80 do dia 0 para o nono dia de armazenamento, respectivamente, e maiores teores de AT, com aumento de 0,081 para 0,215 (mg ácido málico.100g<sup>-1</sup> de produto fresco).



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

**Figura 2.** Estimativa do pH e da acidez titulável total de milho doce minimamente processado, mantido sob atmosferas controladas e ambiente, por 9 dias.

O aumento nos valores do pH, paralelamente à redução da acidez são resultados freqüentemente obtidos por outros autores como Camacho *et al.* (2001). Isto sugere relação inversamente proporcional entre ambos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os ácidos orgânicos são sintetizados de açúcares ou por meio de oxidações, descarboxilações ou carboxilações de outros ácidos na via respiratória do ciclo de Krebs (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Entre os principais substratos utilizados na respiração estão os açúcares livres e os ácidos orgânicos (CHITARRA, 2001), sendo os açúcares preferíveis quando presentes. Este fato explica, em função da não utilização dos ácidos orgânicos, como substrato respiratório, o acúmulo desses ácidos durante a conservação dos milhos doces minimamente processados, e conseqüentemente o aumento nos valores da acidez titulável.

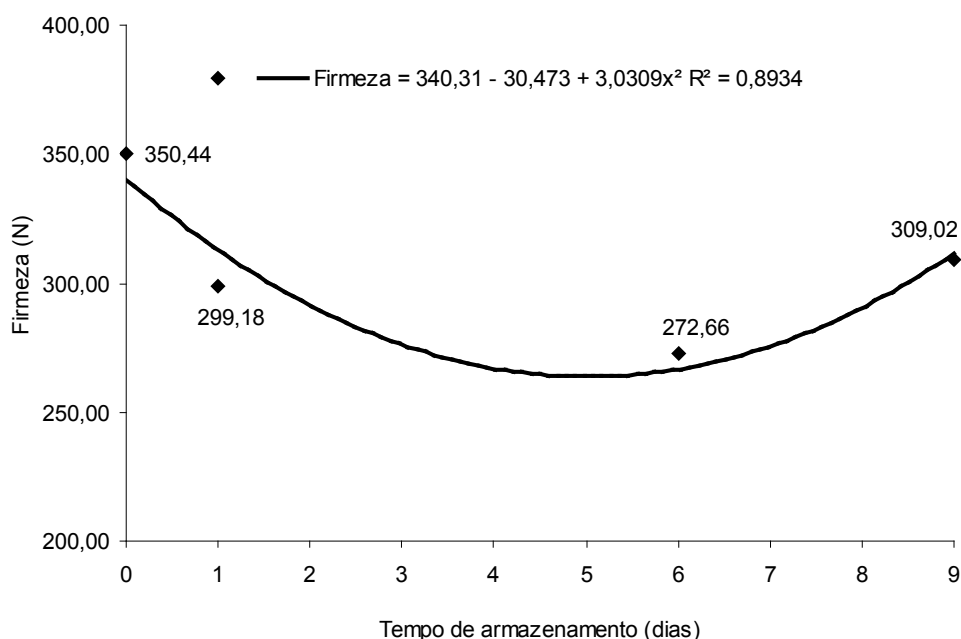
O menor pH e a maior acidez titulável, até o terceiro dia, indicam que as espigas armazenadas sob atmosfera ambiente tiveram atividade respiratória superior, isto é, ocorreu maior síntese e acúmulo de ácidos orgânicos. Assim, as atmosferas controladas foram eficientes na manutenção da respiração em níveis iniciais mais baixos nos primeiros dias de armazenamento.

A maior acidez titulável encontrada no controle também pode ter ocorrido pela concentração dos ácidos orgânicos, devido à maior perda de massa ocorrida na atmosfera ambiente. O aumento da acidez titulável ao longo do armazenamento também pode estar relacionado ao crescimento de microrganismos aeróbios nos milhos doces minimamente processados, conforme relatado por Camacho *et al.* (2001).

Para o milho doce minimamente processado Embrapa HT1 doce, a firmeza decresceu, durante o período de armazenamento, com pequena elevação do sexto para o nono dia, independentemente da atmosfera de conservação, conforme pode ser observado na Figura 3. 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.

Esta redução na firmeza pode estar diretamente relacionada à perda de massa devido à perda de água dos grãos de milho, ocorrendo então à diminuição do turgor celular.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), 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 turgor celular é perdido quando o tecido perde água ou morre;



**Figura 3.** Estimativa de firmeza de milho doce minimamente processado, por 9 dias.

e esta perda de água (umidade) pode ser expressa como a perda percentual de massa.

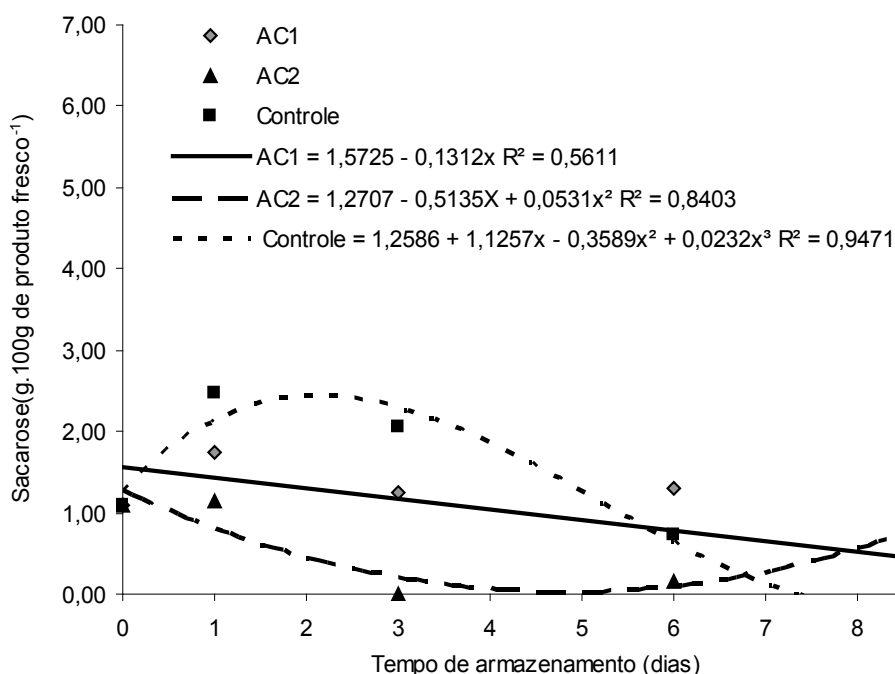
O aumento nos valores da firmeza nos grão de milho doce minimamente processado, Embrapa HT1 doce, a partir do sexto dia de conservação pode ser explicado pela maior resistência ao rompimento das células, que pode ter ocorrido devido a um “emborrachamento” que ocorre nas células do grão de milho em virtude da perda de água, que causa dificuldade no rompimento do tegumento pela sonda do texturômetro.

Os teores de glicose e de frutose apresentaram padrão constante ao longo da conservação, com teores médios de 2,30 e 1,81 g de (100g de peso fresco<sup>-1</sup>), respectivamente (dados não apresentados).

Na Figura 4, verifica-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, provavelmente, devido à maior taxa respiratória nos milhos armazenados na atmosfera ambiente.

Os teores de sacarose do milho doce conservado em atmosfera normal tiveram aumento até o segundo dia, aproximadamente, e decréscimo até o nono dia, quando os teores não foram detectados. Enquanto isso, estes teores diminuíram linearmente ao longo do armazenamento, naqueles armazenados sob AC1, não sendo detectados no nono dia. Para o milho doce sob AC2, os teores diminuíram do primeiro dia de armazenamento até o quinto, seguido por aumento até o nono dia (Figura 4). O decréscimo nos teores de sacarose pode estar relacionado ao seu consumo na síntese de amido ao longo da conservação e a inversão de parte da sacarose em frutose e glicose, o que pode justificar os maiores teores destes açúcares (dados não mostrados).

Spalding et al. (1978) verificaram em milhos doces armazenados por 3 semanas, maiores teores de sacarose em atmosferas com 2% de O<sub>2</sub> quando comparados aos teores obtidos sob atmosfera ambiente (21% O<sub>2</sub>). Os mesmos autores relatam que, mesmo após três semanas, as concentrações



**Figura 4.** Estimativa dos teores de sacarose de milho doce minimamente processado, mantido sob atmosferas controladas e ambiente, por 9 dias.



**Quadro 1.** Valores médios de carotenóides totais de milho doce minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Tempo de armazenamento (dias)	Carotenóides totais ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )			Zeaxantina ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )		
	AC1	AC2	Controle	AC1	AC2	Controle
0	2.105,69a	2.105,69a	2.105,69a	748,0a	748,0a	748,0a
1	1.943,88a	2.208,36a	1.661,22a	782,0 b	1.317,7a	492,7 b
3	3.033,33a	930,67 b	2.668,07a	1.015,3a	249,0 b	831,3a
6	2.746,60a	2.010,04a	1.914,77a	907,7a	736,3a	750,0a
9	1.302,24a	1.969,13a	1.792,50a	484,0a	872,7a	549,3a

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

de frutose, glicose e sacarose no milho doce foram maiores no armazenamento com atmosfera controlada (2%  $\text{O}_2$  com 0%, 15% e 25%  $\text{CO}_2$ ) 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.

Os carotenóides identificados no milho doce Embrapa HT1 minimamente processado foram zeaxantina, luteína,  $\beta$ -criptoxantina e  $\beta$ -caroteno (dados não apresentados). Os teores de luteína e  $\beta$ -caroteno não apresentaram diferenças significativas entre as atmosferas controladas ao longo da conservação, apresentando teores médios de 434,76 e 158,33  $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MF, respectivamente (dados não apresentados).

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

Atmosfera controlada não influenciou nos teores de carotenóides totais com exceção do dia 3, para AC2 (Tabela 1). Moretti *et al.* (2002) relataram tomates armazenados sob atmosfera controlada com 3%  $\text{O}_2$  e 4%  $\text{CO}_2$  apresentaram menores teores de carotenóides totais do que os armazenados sob atmosfera ambiente.

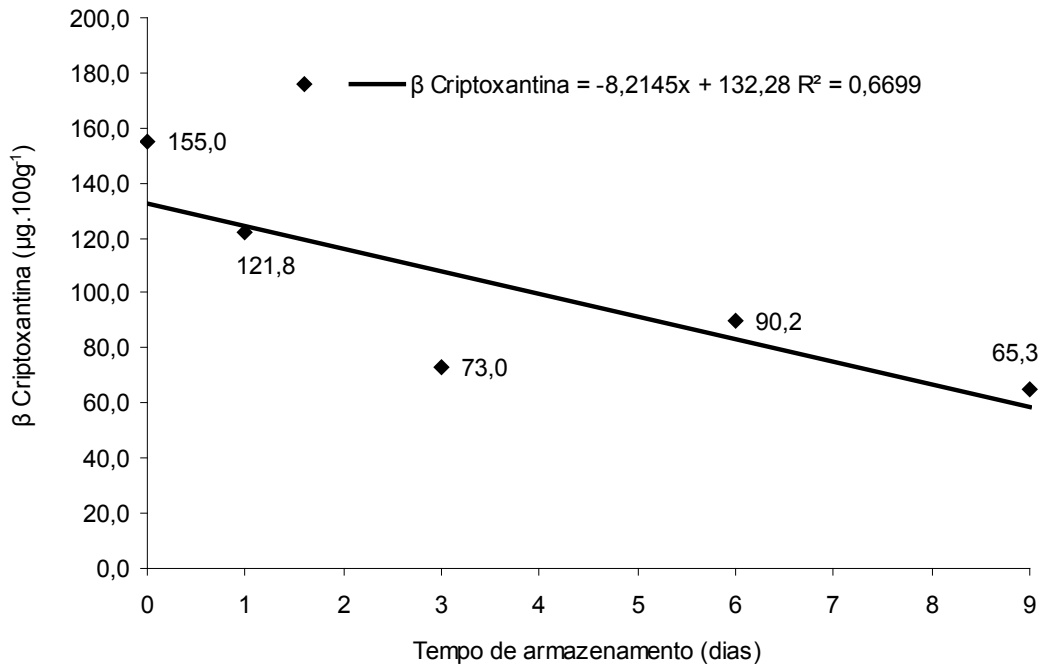
As diferenças nos teores de zeaxantina se

deveram aos maiores e menores teores encontrados no milho verde armazenado sob AC2, nos primeiro e terceiro dias de conservação, respectivamente, em relação aos demais tratamentos (Quadro 1).

O teor de  $\beta$ -criptoxantina reduziu-se linearmente, independente da atmosfera utilizada, ao longo da conservação, com teores iniciais e finais de 155,0 e 63,3  $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MF (Figura 5).

Scott e Eldridge (2005) analisaram os teores de carotenóides em duas cultivares de milho doce 'WS' e 'GWK', conservadas por 5 dias. Em ambas as cultivares, a zeaxantina e a luteína são os carotenóides principais, com menores teores de  $\alpha$ - e  $\beta$ -criptoxantina e  $\alpha$ - e  $\beta$ -caroteno. No entanto, os teores de zeaxantina relatados por Scott e Eldridge (2005) foram menores que os encontrados para o genótipo Embrapa HT1, com 28,5 e 209,  $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  MF, para as 'WS' e 'GWK', respectivamente. Os autores ainda relatam não terem ocorrido diferenças significativas nos carotenóides, ao longo dos cinco dias de armazenamento.

Segundo Scott e Eldridge (2005), o milho contém quantidades significativas de luteína, zeaxantina e outros carotenóides em menor quantidade. Isso está, parcialmente, de acordo com o perfil de carotenóides apresentado pelo híbrido de milho doce Embrapa HT1 doce com maiores teores de zeaxantina, e menores teores de  $\beta$ -criptoxantina. O menor teor absoluto de zeaxantina foi observado no terceiro dia de armazenamento,



**Figura 5.** Estimativa dos teores de β-criptoxantina de milho doce minimamente processado, mantido sob atmosferas controladas e ambiente, por 9 dias.

como nos carotenóides totais, pois a zeaxantina é o carotenóide em maior proporção no híbrido Embrapa HT1 doce.

Segundo Holden *et al.* (1999), um alto teor de pigmentação amarela em milho doce está relacionado a teores de 1.100-3.000 (µg.100g<sup>-1</sup>) de carotenóides totais. Observando-se os valores de CT no híbrido de milho doce estudado, pode-se concluir que este possui de pigmentação amarela intensa, isto é, possuindo então um alto teor de carotenóides.

Os carotenóides são importantes atributos de qualidade nutricional, 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-vitâmicos A e a luteína e a zeaxantina são os carotenóides relacionados com a proteção à degeneração macular e à catarata (NIIZU, 2003).

O valor L\* aumentou até o sexto dia, com decréscimo posterior até o dia nove, sendo o valor final (66,95) menor que o inicial (68,68) (Figura 6). O valor L\* é um indicador de quanto claro ou escuro

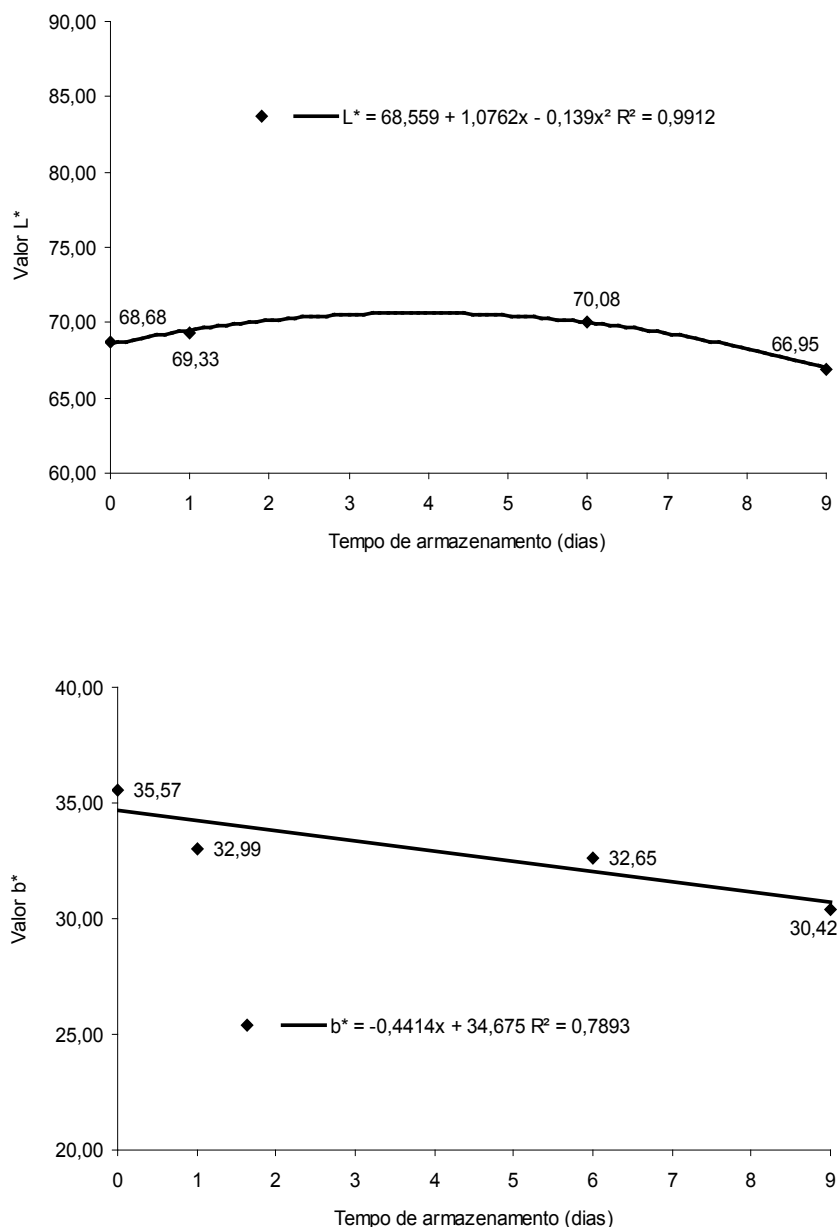
é o produto, variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco), o aumento inicial no valor L\* pode ser indicativo da perda dos carotenóides dos milhos durante o armazenamento, pois maiores valores de L\* indicam uma epiderme mais clara.

O decréscimo no valor L\* do sexto até o nono dia de conservação indica que houve um escurecimento da epiderme dos milhos. Este escurecimento, não visível a olho nu, pode ter ocorrido pela ação das enzimas polifenoloxidasas e peroxidase que estão associadas a modificações na coloração nos produtos hortícolas (CHITARRA, 2001).

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

Em média, durante o período de armazenamento, ocorreu decréscimo do valor b\* (Figura 6). Maiores valores de b\* indicam um amarelo mais intenso. Como já citado, os carotenóides são responsáveis pela coloração amarela do milho, determinando a magnitude do valor b\*.

O valor b\* foi superior nos milhos doces sob AC1 (33,40), em relação ao controle (32,04) (Quadro2).



**Figura 6.** Estimativa do valor L\* e b de milho doce minimamente processado, mantido sob atmosferas controladas e ambiente, por 9 dias.

**Quadro 2.** Valores médios de b\* de milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias

Atmosfera Controlada	b*
AC1	33,40 <sup>a</sup>
AC2	33,29 <sup>ab</sup>
Controle	32,04 <sup>b</sup>

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

Observou-se, ao longo da conservação, independente do tipo de atmosfera controlada, aumento na contagem de coliformes a 35 °C, bactérias aeróbias psicrotróficas e fungos filamentosos e leveduras (Figura 7). Além disso, não foi detectada a presença de coliformes a 45 °C e de *Salmonella* em todas as amostras analisadas. Os resultados encontraram-se dentro dos limites aceitáveis pela legislação, em todo o período de armazenamento.

Milhos conservados sob atmosfera ambiente apresentaram população mais elevada de coliformes a 35 °C no primeiro dia e no oitavo dia de armazenamento, com 2,10 ciclos log e 3,04 ciclos log, respectivamente (Figura 7). Nos milhos doces conservados sob AC2 também observaram-se 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. Nos milhos sob 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. Ao final da conservação, esta atmosfera proporcionou menor população de coliformes a 35 °C nos milhos doces minimamente processados.

Camacho *et al.* (2001), estudando híbridos de milho doce armazenados a 4 °C e embalados com polietileno, com as duas primeiras palhas, relataram aumento de 1,94 para 2,38 ciclos log do dia 0 para o 14º, para cv. Krispy King. Na cv. Victor, os autores relatam maiores contagens, com manutenção de 3,38 ciclos log, durante 14 dias.

Durante o armazenamento, observou-se aumento na população de microrganismos aeróbios psicrotróficos do dia zero para o oitavo dia, nos milhos doces minimamente processados, conservados sob todas as atmosferas (Figura 7). 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.

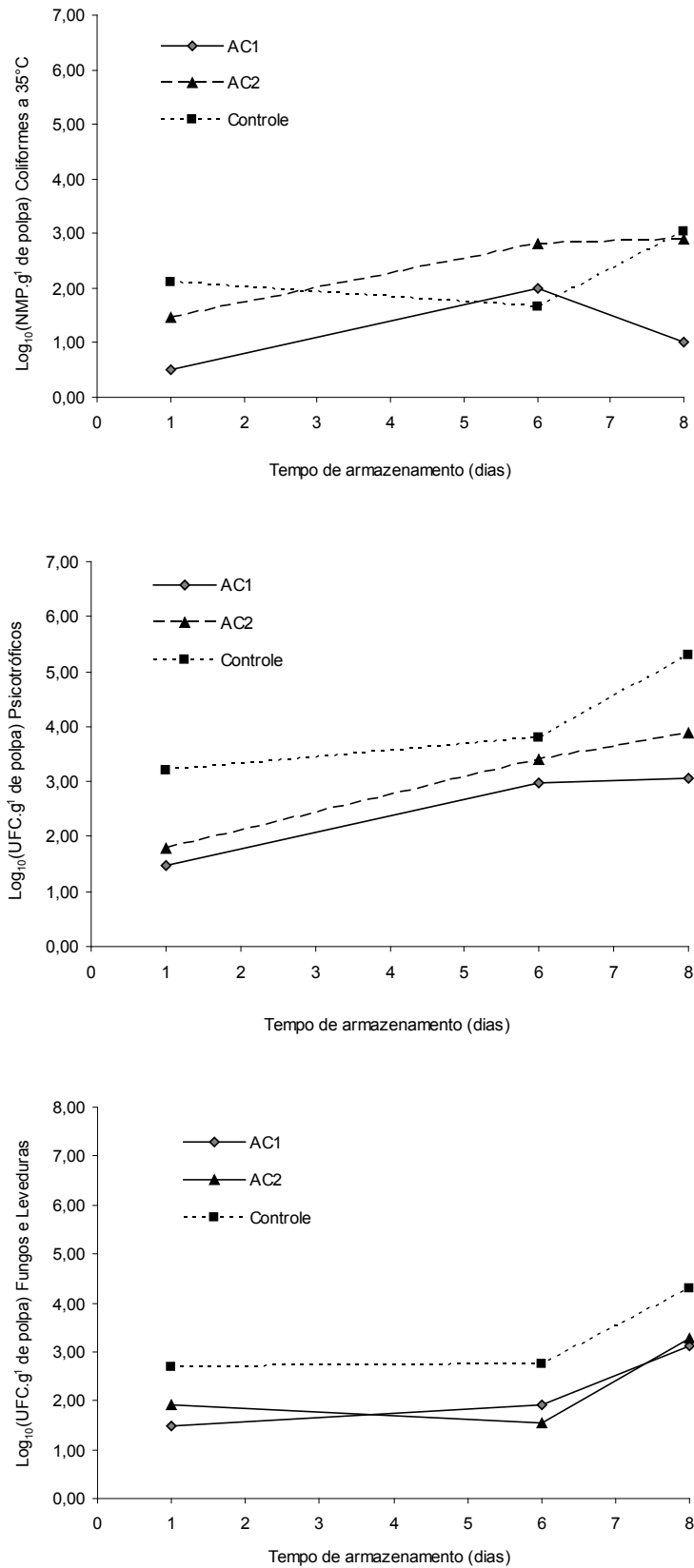
As bactérias psicrotróficas são importantes em produtos minimamente processados. Podem crescer em temperaturas baixas, ao longo da conservação, produzindo enzimas termorresistentes e permitindo que alcancem populações suficientes para causar alterações físicas e organolépticas nesses produtos (SANTOS *et al.*, 1999).

Durante o período de armazenamento, ocorreu aumento da população dos fungos filamentosos e leveduras, para todas as atmosferas (Figura 7).

A atmosfera ambiente permitiu o desenvolvimento de maiores populações de fungos filamentosos e leveduras durante toda a conservação, com aumento de 2,69 ciclos log para 4,28 ciclos log, do primeiro para o oitavo dia (Figura 7). Em milhos doces sob 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 aumentou 1,4 ciclo log, da mesma forma que para coliformes a 35° C e bactérias psicrotróficas. Milhos verdes conservados sob a AC1 também apresentaram menores populações de fungos filamentosos e leveduras durante o armazenamento, com aumento de 1,49 ciclo log para 3,12 ciclos log, do primeiro para oitavo dia, respectivamente.

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 (BRASIL, 2007). 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  $5 \times 10^2$  NMP g<sup>-1</sup> (2,7 ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25 g do produto fresco (BRASIL, 2001).

A utilização de atmosferas contendo 2%O<sub>2</sub> e 8%CO<sub>2</sub> ou contendo 4%O<sub>2</sub> e 8%CO<sub>2</sub> possibilitou a redução 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 positivas na vida útil do milho doce minimamente processado.



**Figura 7.** Valores médios de coliformes a 35°C, de aeróbios psicotróficos e de fungos filamentosos e leveduras em milhos doces minimamente processados, armazenados sob atmosfera controlada, por 9 dias.

## CONCLUSÃO

- A atmosfera contendo 2% O<sub>2</sub> e 8% CO<sub>2</sub> apresentou maiores valores de b\*, preservando mais a cor amarela do produto, importante atributo de qualidade. 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<sub>2</sub> e 8% CO<sub>2</sub> 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.
- Desta forma, pode-se recomendar o uso de atmosfera modificada ativa que permita o equilíbrio da atmosfera em 2% O<sub>2</sub> e 8% CO<sub>2</sub>, para a conservação do milho doce HT1, por até nove dias.

## 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. 246p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

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](http://www.anvisa.gov.br/legis/resolucoes/12_01.htm)>. Acesso em 15 fev. 2007.

CAMACHO, C.; ALFONZO, B.; BERTORELLI, L.O.; VENANZI, F. 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.

CANTWEL, 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).

CARVALHO, A.V.; LIMA, L.C.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, 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.; HEATON, E.K.; HUNG, Y.C.; BEUCHAT, L.R. 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.

HOLDEN, J.M.; ELDRIDGE, A.L.; BEECHER, G.R.; BUZZARD, I.M.; BHAGWAT, A.S.; DAVIS, C.S.; DOUGLASS, L.W.; GEBHARDT, E.S.; HAYTOWITZ, D.; SCHAKE, S. **Journal of food composition and analysis**, v.12, p.169-196, 1999.

KADER, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3<sup>rd</sup>ed. 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.** 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic, 1998. p.77.
- MAMEDE, A.M.G.N.; Fonseca, M.J.O.; Soares, A.G.; Chitarra, A.B.; Ferreira, J.C.S.; Modesta, R.C.D.; Jannuzzi, G. 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., 2006, São Pedro. **Resumos...** São Pedro, SP, 2006. p.192-192.
- 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.
- MORETTI, C.L.; SARGENET, S.A.; HUBER, D.J.; PUSCHMANN, R. Armazenamento sob atmosfera controlada de tomates com injúria interna de impacto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.3, p.465-469, set 2002.
- NIIZU, P.Y. Fontes de carotenóides importantes para a saúde humana. 2003. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.
- 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.
- 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: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap.1, p.17-30.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A guide to carotenoid analysis in food. Washington: ILSI, 2001. 64p.
- SANTOS, E.S.; CARVALHO, E.P.; ABREU, L.R. Psicrotóxicos: 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.
- 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.
- SPALDING, D.H.; DAVIS, P.L.; REEDER, W.F. Quality of sweet corn stored in controlled atmospheres or under low pressure. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.103, p.592-595, 1978.
- 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).