

MODIFICAÇÕES NOS TEORES DE CARBOIDRATOS EM TUBÉRCULOS DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) ARMAZENADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS^{1/}

Márcio Henrique Furtado^{2/}
Nei Fernandes Lopes^{3/}
Marco Antonio Oliva^{3/}
Aqira Mizubuti^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Tubérculos de batata deterioram-se com facilidade, principalmente em condições de clima tropical. Das condições de armazenamento, bem como de sua duração, dependerá a idade fisiológica do tubérculo-semente. Ao contrário de uma semente verdadeira, um tubérculo nunca se encontra completamente em repouso, estando sujeito a uma série de transformações desde o início da tuberização. Mudanças metabólicas e morfológicas têm sido atenuadas com o armazenamento a baixa temperatura (8, 9).

Temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 92 a 95% são consideradas ideais para o armazenamento prolongado da batata. Nessas condições, os tubérculos conservam-se satisfatoriamente de sete a nove meses (7). Entretanto, o conteúdo de açúcares solúveis redutores e não-redutores aumenta (1, 4, 5, 10, 21), o que, apesar de tornar o tubérculo inadequado para o consumo, parece ser vantajoso, quando aproveitado como semente (3).

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como um dos requisitos para a obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Fisiologia Vegetal. Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro.

Recebido para publicação em 24-4-1984.

^{2/} Bolsista do CNPq.

^{3/} Departamento de Biologia Vegetal da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

Os cultivares 'Mantiqueira' e 'Bintje', armazenados às temperaturas de 5, 10, $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e à temperatura ambiente, mostraram modificações morfológicas, alterações no período de dormência, perda de peso (8) e variações na taxa respiratória (9). Como complementação, considerou-se importante comparar os efeitos causados pela temperatura, durante o período de armazenamento, sobre os teores de amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Tubérculos-sementes de batata dos cultivares 'Mantiqueira' e 'Bintje' foram pré-condicionados à temperatura ambiente durante 10 dias. Posteriormente, foram selecionados e embalados em sacos de rede plásticos, com aproximadamente 2 kg. Essas embalagens foram armazenadas em câmaras escuras, nas temperaturas de 5° , 10° e $20^\circ \pm 1^\circ\text{C}$, com umidade relativa de $70 \pm 2\%$, e à temperatura e umidade relativa ambientes, que variaram de 18° a 27°C e de 65 a 76%, durante o período de armazenamento de 16 de setembro de 1981 a 17 de março de 1982. As câmaras eram abertas diariamente, no início e no fim do dia, tendo em vista a renovação do ar no seu interior, a fim de evitar acúmulo de etileno e gás carbono (8, 9).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis repetições. Para cada tratamento, a intervalos regulares de 14 dias, após o início do armazenamento, tubérculos destinados à extração de amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores eram selecionados por amostragem.

Para que fossem obtidas as amostras de tubérculos destinados à extração, foi utilizado um furador de rolha de 0,4 cm de diâmetro, inserido diagonalmente no tubérculo. Tomado o peso, um cilindro, sem a casca, era imediatamente colocado em etanol quente a 80% e macerado.

Amido e açúcares solúveis totais foram extraídos e determinados de acordo com McCREADY *et alii* (14). Na determinação dos açúcares redutores utilizou-se o método descrito por NELSON (15).

Foi efetuada a análise de regressão curvilínea dos teores médios dos carboidratos, em relação ao tempo, com o emprego de polinômios ortogonais. Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos resultados da análise química, sem que houvesse discrepâncias entre o ajustamento e o processo metabólico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os tratamentos verificou-se decréscimo do teor de amido durante o período experimental, com aumento concomitante do teor de açúcares solúveis totais (Figuras 1, 2 e 3). Tanto o decréscimo do teor de amido quanto o aumento do teor de açúcares solúveis totais e açúcares redutores foram mais acentuados a 5°C , nos dois cultivares. Esses efeitos foram bem mais intensos nos tubérculos do cultivar 'Mantiqueira', que apresentou, ao final do experimento, cerca de 140% e 190% a mais de açúcares solúveis totais e redutores, respectivamente (Figuras 2 e 3) e uma degradação de amido cerca de 25% maior que a do cultivar 'Bintje' (Figura 1).

A relação entre as variações do conteúdo de amido, açúcares solúveis totais e redutores e as variações da temperatura tem sido registrada na literatura (2, 5, 22). A quantidade e a intensidade da formação de açúcares em determinada faixa de baixas temperaturas de armazenamento dependem do cultivar, da maturidade e das condições de pré-condicionamento. Temperaturas de 0° até 15°C acarretam pronunciada síntese de açúcares livres (redutores e não-redutores) em tubérculos de batata (5, 22). Segundo BOOCK (2), essa reversão de açúcares é inadequada para tubérculos destinados ao consumo imediato e à industrialização. Porém, se o

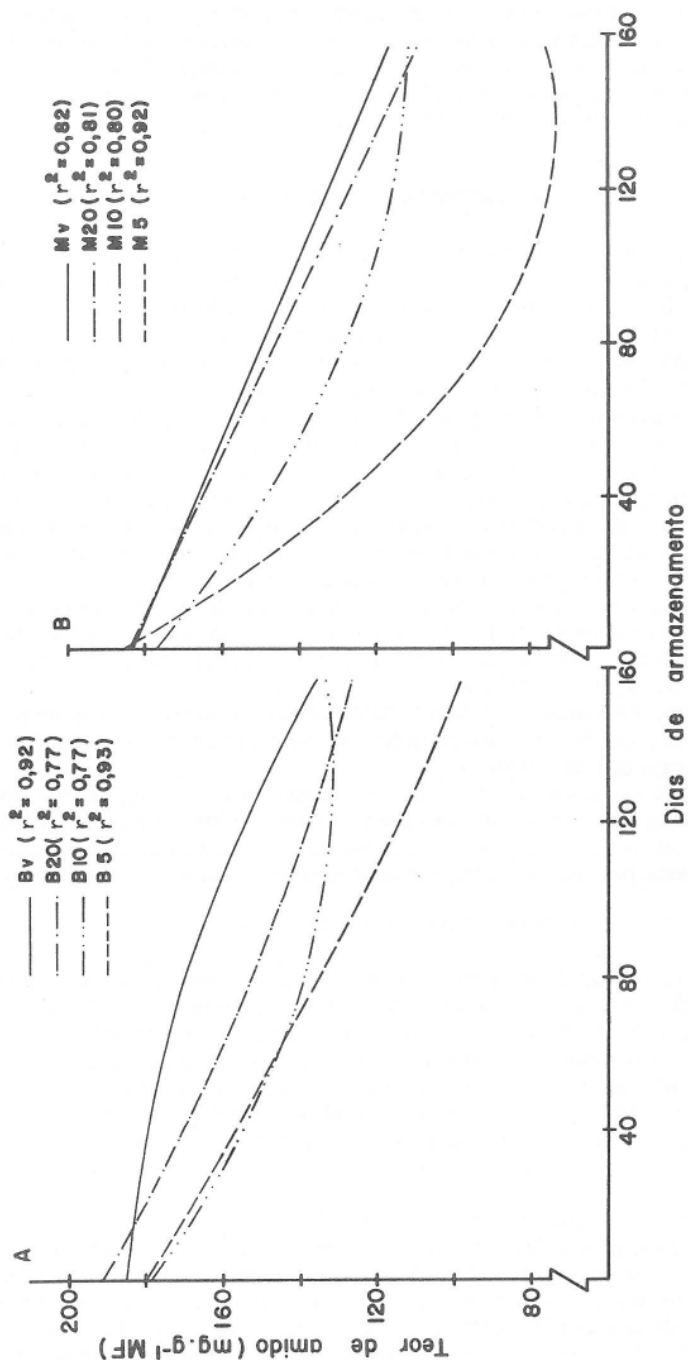


FIGURA 1 - Teor de amido de tubérculos armazenados a diferentes temperaturas, sendo B = Bintje; M = Mantigueira; V = temperatura ambiente e 5, 10 e 20 = temperaturas de armazenam_{ento}.

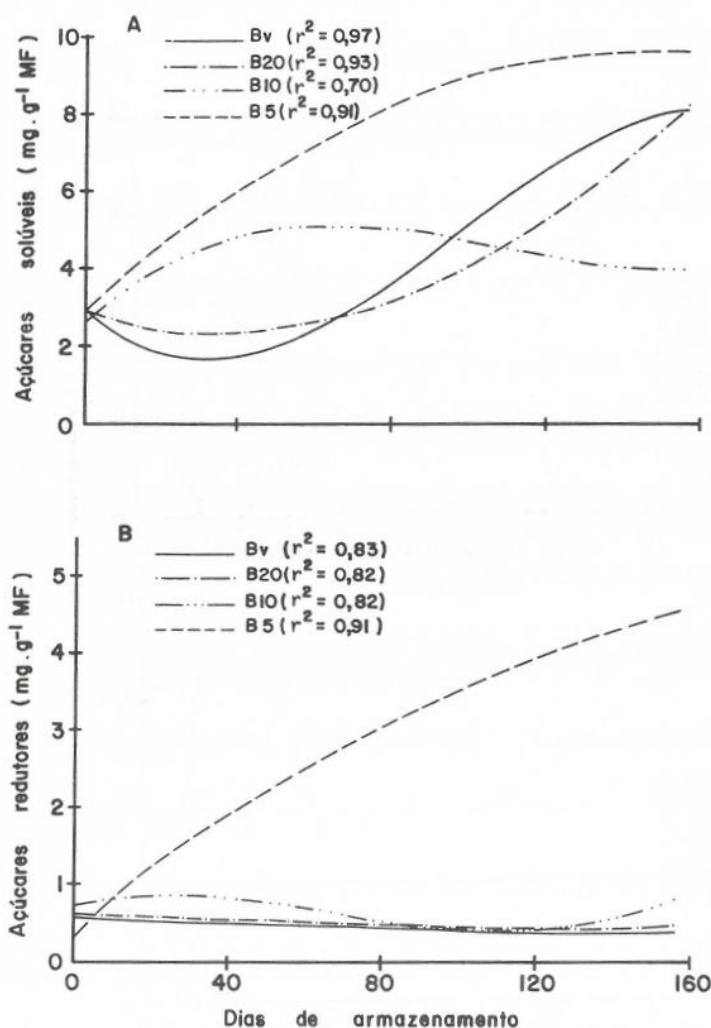


FIGURA 2 - Teor de açúcares solúveis totais (A) e açúcares redutores (B) de tubérculos do cultivar Bintje armazenados a diferentes temperaturas, sendo B = Bintje, V = temperatura ambiente e 5, 10 e 20 = temperaturas de armazenamento.

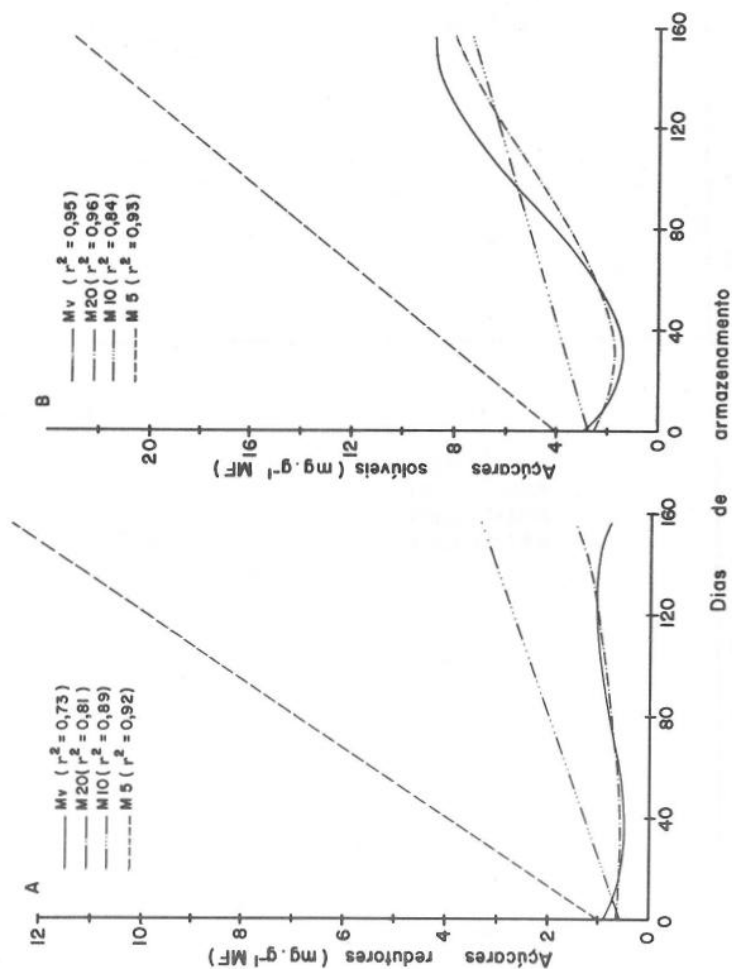


FIGURA 3 - Teor de açúcares redutores (A) e açúcares solúveis totais (B) de tubérculos do cultivar Mantiqueira armazenados a diferentes temperaturas, sendo M = Mantiqueira, V = temperatura ambiente e 5, 10 e 20 = temperaturas de armazenamento.

produto se destina ao plantio, é até vantajosa, uma vez que a transformação de amido em sacarose (fração não-redutora) e a posterior formação de glicose e frutose (fração redutora) predis põem a brotação, tão logo o produto seja retirado do frio (22). Isso parece indicar um ponto bastante positivo para o cultivar nativo, que apresentou maior quantidade desses açúcares, quando armazenado a 5°C, temperatura considerada ótima para o armazenamento de batata-semente (7).

A degradação do amido a temperaturas consideradas altas para o armazenamento de batata-semente (acima de 10°C) (Figura 1) provavelmente está ligada à maior taxa respiratória dos tubérculos armazenados a essas temperaturas (9). O decréscimo do conteúdo de amido (Figura 1) pode estar associado à brotação nas temperaturas superiores a 5°C (8). Com temperaturas altas durante a brotação, verificou-se grande decréscimo do conteúdo de amido, e a sacarose passou a desempenhar importante papel nos processos de acúmulo e transporte (22).

Nos tubérculos submetidos a temperaturas superiores a 5°C houve tendência de degradação de amido e de aumento do teor de açúcares solúveis, de acordo com o tempo de armazenamento, ao passo que os açúcares redutores mantiveram níveis baixos e praticamente constantes, no mesmo período, nessas temperaturas (Figuras 2 e 3), nos dois cultivares. Isso sugere que a maior parte dos açúcares solúveis totais foi a sacarose (fração não-redutora). Entretanto, a 5°C, essa fração não-redutora, obtida pela diferença entre açúcares solúveis totais e açúcares redutores, foi praticamente igual ao conteúdo de açúcares redutores, nos dois cultivares. O aumento da fração redutora, nessa temperatura, foi de aproximadamente 800 a 110%, em relação ao conteúdo inicial, ao passo que na fração não-redutora foi de aproximadamente 150 e 250%, nos cultivares 'Bintje' e 'Mantiqueira', respectivamente.

Esse aumento do teor de açúcares, com concomitante decréscimo do teor de amido, em razão da baixa temperatura, pode estar ligado à diminuição da respiração (9), com conseqüente intensificação da hidrólise do amido (2), cujo primeiro passo parece dar-se por meio do sistema fosforilítico (1, 11, 12). A temperatura atua sobre as atividades da sintetase da sacarose, da sintetase da sacarose fosfato (18) e da invertase (19); interfere, também, na atividade de enzimas responsáveis pela degradação do amido, tais como amilase (1, 6) e fosforilase (1, 10, 13, 23), e na atividade de enzimas relacionadas diretamente com a interconversão amido-açúcar (12, 17). Entretanto, é possível que, no processo de degradação de amido, baixa temperatura não esteja relacionada com significativo incremento de alguma atividade enzimática, mas, sim, com mudanças na distribuição de diferentes enzimas ou substratos dentro dos compartimentos subcelulares do tubérculo, em razão de mudança na permeabilidade da membrana dos amiloplastos, que promoveria um contato das enzimas degradativas com seus substratos (16, 20, 23).

4. RESUMO

Tubérculos-semente de *Solanum tuberosum* L., cultivares 'Mantiqueira' e 'Bintje', foram armazenados em câmaras escuras, a 5°, 10° e 20° ± 1°C e à temperatura ambiente, que variou de 18° a 27°C, durante 154 dias. Teores de amido, açúcares solúveis totais e açúcares redutores foram determinados a intervalos regulares de catorze dias, durante o período de armazenamento.

Em todos os tratamentos verificou-se decréscimo do teor de amido com o tempo de armazenamento, decréscimo que foi mais pronunciado a 5°C, em ambos os cultivares. Entretanto, nessa temperatura, ocorreu aumento concomitante dos teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores. Tanto o decréscimo do teor de amido quanto o aumento do teor de açúcares livres foram maiores nos tubérculos do cultivar 'Mantiqueira'.

5. SUMMARY

(CHANGES IN CARBOHYDRATE LEVELS IN POTATO (*Solanum tuberosum* L.) TUBERS UNDER DIFFERENT STORAGE TEMPERATURES)

Seed-tubers of *Solanum tuberosum* L. of the cultivars Mantiqueira and Bintje were stored in dark chambers at 5°, 10°, 20° ± 1°C and at room temperature (18° to 27°C) for 154 days. Starch, total soluble sugars, and reducing sugar levels were determined at 14-day intervals during this storage period.

Starch content decreased in relation to storage time at all temperatures. This reduction was more sharply pronounced at 5°C in both cultivars. However, at this temperature, there was a concomitant increase in total soluble sugars and reducing sugars. The decrease in starch levels, as well as the increase in free-sugars, were greater in tubers of the cultivar Mantiqueira.

6. LITERATURA CITADA

1. ARREGUIN-LOZANO, B. & BONNER, J. Experiments on sucrose formation by potato tubers as influenced by temperature. *Plant Physiol.*, 24:1-14. 1949.
2. BOOCK, O.J. Conservação de batata. In: *Tecnologia e produção de batata-semente*. Coletânea de artigos técnicos da AGIPLAN-MA. Brasília, AGIPLAN, 1976. p. 173-192.
3. BOOCK, O.J. & NOBREGA, S.A. Ambiente de armazenamento das batatas-semente e reflexo sobre a cultura. *Bragantia*, 22:623-634. 1963.
4. BOOCK, O.J.; NOBREGA, S.A. & NERY, J.P. Influência das condições de armazenamento na composição química de tubérculos de batatinha. *Bragantia*, 25:161-178. 1966.
5. BURTON, W.G. The physics and physiology of storage. In: HARRIS, P.M. (ed.) *The potato storage*. Department of Agriculture and Horticulture. London, Reading University, 1978. p. 545-606.
6. CARDOSO, M.R.D. *Quebra de dormência e imobilização de reservas em tubérculos-semente de batata*. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1977. 65 p. (Tese de M.S.)
7. EDDOWES, M. Storage of potato. *Outlook on Agriculture*, 9:253-259. 1978.
8. FURTADO, M.H.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. & MIZUBUTI, A. Influência da temperatura de armazenamento sobre alguns aspectos morfológicos, período de dormência e perda de peso de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Rev. Ceres*, 31:39-51. 1984.
9. FURTADO, M.H.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. & MIZUBUTI, A. Efeito da temperatura de armazenamento sobre a respiração de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Rev. Ceres* (no prelo).
10. HOPKENS, E.F. Relation of low temperature to respiration and carbohydrate changes in potato tubers. *Bot. Gaz.*, 78:311-325. 1924.
11. HYDE, R.B. & MORRISON, J.W. The effect of storage temperature on reducing sugar, pH and phosphorylase enzyme activity in potato tubers. *Am. Potato J.*, 41:163-168. 1984.

12. ISHERWOOD, F.A. Mechanism of starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum* L. *Phytochem.*, 15:33-41. 1976.
13. KENNEDY, M.G.H. & ISHERWOOD, F.A. Activity of phosphorylase in *Solanum tuberosum* L. during low temperature storage. *Phytochem.*, 14:667-670. 1975.
14. MCCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V. & DWENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. Applications to peas. *Anal. Chem.*, 22:1156-1158. 1950.
15. NELSON, N.A. Photometric adaptation of the Somogui method to determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, 153:375-380. 1944.
16. OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NE'EMAN, Z. & SCHRAMM, M. Biogenesis and degradation of starch. I. The fate of the amyloplast membranes during maturation storage of potato tubers. *Plant Physiol.*, 47:465-477. 1971.
17. POLLOCK, C.J. & REES, T. Activities of enzymes of sugar metabolism in cold-stored tubers of *Solanum tuberosum* L. *Phytochem.*, 14:613-617. 1975.
18. PRESSEY, R. Changes in sucrose synthetase and sucrose phosphate synthetase activities during storage of potatoes. *Am. Potato J.*, 47:245-251. 1970.
19. PRESSEY, R. & SHAW, R. Effect of temperature on invertase, invertase inhibitor, and sugar in potato tubers. *Plant Physiol.*, 41:165-166. 1966.
20. SHERHAR, V.C.; IRITANI, W.M. & MAGNUSON, J. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum* L. II. Influence of membrane permeability and fluidity. *Am. Potato J.*, 56:225-235. 1979.
21. SHERMAN, M. & EWING, E.E. Temperature, cyanide, and oxygen effects on the respiration, chip color, sugars and organic acids in storage tubers. *Am. Potato J.*, 59: 165-178. 1982.
22. SMITH, O. Effect of transit and storage conditions on potatoes. In: TALBURT, W.F. & SMITH, O. (eds.). *Potato processing*. Westport, Connecticut, The Avi Publish, 1975. p. 171-233.
23. WETZSTEIN, H.J.Y. Changes in the amyloplast, phosphorylase and carbohydrates of cold potatoes. *Disser. Abstr. Int. B.*, 39:4169. 1979.