

COMPOSIÇÃO EM CARBOIDRATOS DE ALGUNS CULTIVARES DE BANANA (*Musa spp.*) DURANTE O AMADURECIMENTO¹

MOTA, R.V.da²; LAJOLO, F.M.³ & CORDENUNSI, B.R.⁴

RESUMO

Durante o amadurecimento da banana ocorre redução dos teores de amido e acúmulo de açúcares como frutose, glicose, com predominância de sacarose, com reflexos importantes na qualidade do fruto. Essas alterações têm sido estudadas em nosso laboratório no cultivar Nanicão. O objetivo deste trabalho foi avaliar em outros cultivares as diferenças na degradação do amido e acúmulo de açúcares solúveis nos estágios pré-climatérico e climatérico do amadurecimento, visando também sua possível utilização comercial. Para tanto, os frutos foram analisados quanto ao teor de açúcares solúveis (glicose, frutose e sacarose) e de amido pelo método enzimático, após extração com etanol 80% e hidróxido de sódio, respectivamente. Os cultivares estudados apresentaram diferenças acentuadas nos teores de açúcares solúveis nos frutos maduros, variando desde 9,7% no cultivar Mysore até 20,6% na banana Nanica. Observou-se uma queda no teor de amido paralelamente ao acúmulo de açúcares solúveis. No cultivar Ouro Colatina o teor de amido variou de 22,0% no fruto verde a 1,2% no fruto maduro, havendo acúmulo de sacarose no decorrer do amadurecimento atingindo níveis de 12,0%. Nos cultivares Nanica e Nanicão os teores de amido foram de 21,7% a 0,9% e 23,1% a 0,9% com acúmulo de sacarose a 15,2% e 14,0% no fruto maduro, respectivamente.

Palavras-chave: banana, amadurecimento, amido, sacarose, açúcares solúveis.

SUMMARY

CARBOHYDRATE COMPOSITION OF SOME BANANA'S CULTIVARS (*Musa spp.*) DURING RIPENING. During banana ripening there is a decrease of starch content and an increase of fructose, glucose and mainly sucrose, which has an important impact in the quality of the fruit. These changes have been extensively studied in our laboratory for the cv. Nanicão. The aim of this research was to evaluate in several other commercial and non commercial cultivars the differences in starch degradation and soluble sugar formation. Starch and soluble sugars (glucose, fructose and sucrose) contents were enzymatically determined after extraction with ethanol 80% and sodium hydroxide, respectively. Data indicate marked differences of total sugar quantities in ripened fruit, from 9.7% in cv. Mysore to 20.6% in cv. Nanica. Starch content of the cv. Ouro Colatina decreased from 22.0% to 1.2% with ripening, with concomitant sucrose increase to 12.0%. For cvs. Nanica and Nanicão starch decreased from 21.7% to 0.9% and 23.1% to 0.9%, and sucrose increased to 15.2% and 14.0%, respectively.

Key words: banana, ripening, starch, sucrose, soluble sugars.

¹ Recebido para publicação em 17/04/97. Aceito para publicação em 03/07/97.

² Curso de Pós-Graduação Ciência dos Alimentos, FCF/USP.

³ Prof. Titular Ciência dos Alimentos, FCF/USP.

⁴ Prof. Doutor Ciência dos Alimentos, FCF/USP. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental - Conjunto das Químicas - bloco 14 - Universidade de São Paulo - Av. Lineu Prestes, 580 - CEP 05508-900 - São Paulo - SP.

1 — INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais. A produção mundial atingiu cerca de 48 milhões de toneladas em 1991, destacando-se o Brasil como o 2º país produtor, com a seguinte distribuição regional: Nordeste (42,6%); Sudeste (25,5%); Norte (14,3%); Sul (10,4%) e Centro Oeste (7,2%) (4).

Através do melhoramento genético já foram lançados no mercado diversos cultivares de bananas com características agrônomicas bem conhecidas porém, muito pouco se sabe a respeito das diferenças nas reações metabólicas envolvidas no amadurecimento e suas consequências para o produto final, pois os estudos realizados normalmente envolvem um único cultivar, Nanicão, o mais utilizado comercialmente. Pode-se prever que os diversos cultivares apresentarão vias metabólicas semelhantes, mas os teores de amido no fruto verde, a atividade das enzimas ligadas à degradação do amido ou síntese e hidrólise da sacarose e os carboidratos resultantes no fruto maduro podem variar, resultando em produtos diferenciados.

Uma das mudanças bioquímicas mais acentuadas que ocorre durante o amadurecimento da banana corresponde à hidrólise do amido e acúmulo de açúcares. De maneira geral, aproximadamente 20-25% do peso fresco da polpa do fruto verde é amido que, durante o amadurecimento é quase todo hidrolisado permanecendo apenas 1-2% no fruto completamente maduro. Os açúcares, normalmente 1-2% do peso fresco da polpa de frutos verdes, aumentam a 15-20% no fruto maduro. Porém, esses teores parecem variar conforme o cultivar. Enquanto CHITARRA (5), observou decréscimo no teor de amido de 24 a 5% e aumento no teor de açúcares de 0,4 a 15,4% durante o amadurecimento da banana Marmelo (grupo ABB), ARÉAS & LAJOLO (2) encontraram, na banana Nanica (grupo AAA), teores de amido de 22% e 0,2% sacarose, 0,01% glicose e 0,01% frutose no fruto verde, passando a praticamente zero, 11,5%, 4,0% e 4,5%, respectivamente, no fruto maduro.

ARÉAS & LAJOLO (2) também observaram que o aumento no conteúdo de sacarose foi concomitante a degradação do amido e anterior a formação de glicose e frutose.

TERRA (9) acompanhou a biossíntese da sacarose durante o amadurecimento da banana (*Musa acuminata* cv. Cavendish). O autor observou queda no teor de amido de 28,4%, no estágio pré-climatérico, para 16% no início do pico climatérico, sendo acompanhada de aumento nos teores de açúcares solúveis, com predominância da sacarose sobre as hexoses (glicose e frutose).

O metabolismo de carboidratos foi estudado por HILL & AP REES (8) em bananas (*Musa cavendishii* Lamb ex Paxton), sem aplicação de etileno exógeno. A taxa respiratória começou a aumentar aos 4 dias após o início do

tratamento, com ocorrência do pico climatérico aos 8 dias (21°C). A degradação do amido deu-se a partir do 7º dia do experimento, sendo correlacionada ao acúmulo de açúcares, com predominância de sacarose sobre os teores de glicose e frutose, que foram praticamente iguais.

Neste trabalho foram estudados sete cultivares de banana, alguns com potencial de comercialização e outros já comercializados normalmente, caracterizando-os quanto à evolução amido-sacarose e aos açúcares solúveis resultantes no fruto maduro.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados frutos dos cultivares Ouro Colatina (AA), Nanica (AAA), Nanicão (AAA), Prata Anã (AAB), Prata Comum (AAB), Mysore (AAB) e Ouro da Mata (AAAB), com aproximadamente 110 dias após a antese, no ponto de colheita comercial (diâmetro 34mm ou ¾ magro), obtidos no banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

As pencas foram lavadas em solução de hipoclorito de sódio a 5% e armazenadas em câmara incubadora a 19°C±3°C e 75% UR ± 5% UR a partir de um dia após a colheita até completar o amadurecimento.

No decorrer do amadurecimento foram amostrados 3 frutos por cultivar e imediatamente congelados em nitrogênio líquido. Para isso foram retiradas fatias finas da região equatorial dos frutos sem a casca. Estas amostras foram trituradas em gral com o auxílio de nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer a -80°C.

O teor de amido foi determinado enzimaticamente pelo método otimizado por ARÉAS & LAJOLO (1). O amido foi extraído com hidróxido de sódio 0,5N, precipitado com etanol 80%, hidrolisado com amiloglicosidase e a glicose liberada determinada pelo sistema glicose oxidase/peroxidase/ABTS, segundo BERGMEYER (3).

Os açúcares (glicose, frutose e sacarose) foram determinados na fração solúvel da extração do amido conforme ARÉAS & LAJOLO (2), ou através da extração de aproximadamente 1g de polpa de banana em 3mL de etanol 80% (v/v) a 80°C sob agitação, por 3 vezes. O etanol foi evaporado em rotoevaporador Brinkmann e o volume reconstituído com água.

A determinação foi feita por método enzimático (3), pelo sistema hexoquinase/glicose-6P desidrogenase/fosfoglicose isomerase, medindo-se a produção de NADPH a 340nm. A sacarose foi previamente hidrolisada pela invertase e, então, determinada pelo mesmo método.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os cultivares estudados observamos, no decorrer do amadurecimento, queda no teor de amido paralelamente ao acúmulo de açúcares, com formação anterior e predominância de sacarose em relação aos teores de glicose e frutose, que foram praticamente iguais.

Os cultivares Prata Anã (AAB), Mysore (AAB) e Nanica (AAA), não se diferenciaram quanto ao tempo necessário para amadurecerem completamente, sem a utilização de etileno exógeno. Todos estes cultivares demoraram cerca

de 18 dias para ter o amido degradado e para acumular o máximo de sacarose (Figura 1A, B e C).

O cultivar Ouro Colatina (AA) apresentou sinais de amadurecimento logo no primeiro dia após a colheita, sendo necessário apenas 13 dias para a degradação do amido e acúmulo de sacarose (Figura 1D).

O cultivar Nanicão (AAA) teve o período de amadurecimento mais demorado, cerca de 21 dias pós-colheita (dpc) (Figura 1E). Estes resultados são consistentes, uma vez que se repetiram para frutos obtidos das mais variadas fontes (CEASA, Vale do Ribeira, Universidade Federal de Viçosa) (6).

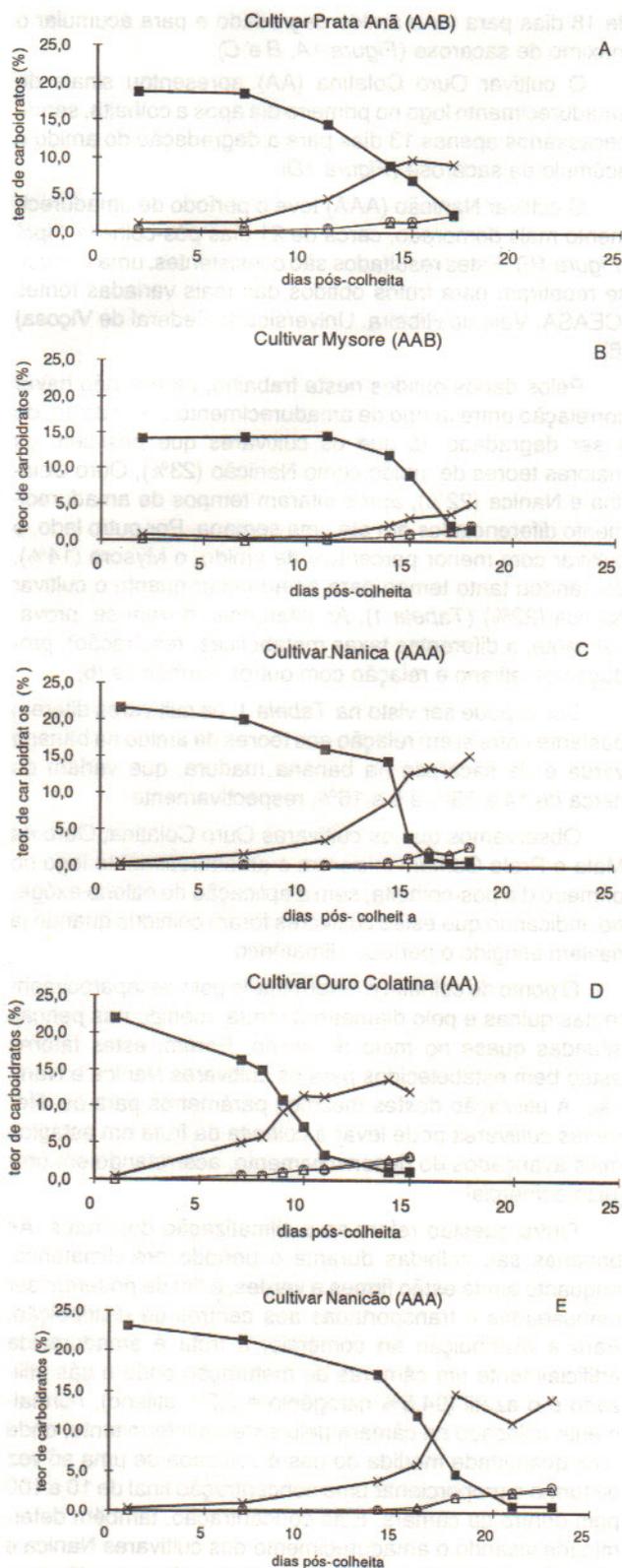
Pelos dados obtidos neste trabalho, parece não haver correlação entre tempo de amadurecimento e teor de amido a ser degradado, já que os cultivares que possuem os maiores teores de amido como Nanicão (23%), Ouro Colatina e Nanica (22%), apresentaram tempos de amadurecimento diferenciados em até uma semana. Por outro lado, o cultivar com menor percentual de amido, o Mysore (14%), demandou tanto tempo para amadurecer quanto o cultivar Nanica (22%) (Tabela 1). As diferenças devem-se, provavelmente, a diferentes taxas metabólicas (respiração), produção de etileno e relação com outros hormônios (6).

Como pode ser visto na Tabela 1, os cultivares diferem bastante entre si em relação aos teores de amido na banana verde e de sacarose na banana madura, que variam de cerca de 14 a 23% e 5 a 16%, respectivamente.

Observamos que os cultivares Ouro Colatina, Ouro da Mata e Prata Comum iniciaram o amadurecimento logo no primeiro dia pós-colheita, sem a aplicação de etileno exógeno, indicando que estes cultivares foram colhidos quando já haviam atingido o período climatérico.

O ponto de colheita é determinado pelo desaparecimento das quininas e pelo diâmetro da fruta, medido nas pencas situadas quase no meio do cacho. Porém, estes fatores estão bem estabelecidos para os cultivares Nanica e Nanicão. A utilização destes mesmos parâmetros para os diferentes cultivares pode levar à colheita da fruta em estágios mais avançados do desenvolvimento, acarretando em prejuízo comercial.

Outra questão refere-se a climatização dos frutos. As bananas são colhidas durante o período pré-climatérico, enquanto ainda estão firmes e verdes, a fim de poderem ser manuseadas e transportadas aos centros de distribuição. Para a distribuição ao comércio, a fruta é amadurecida artificialmente em câmaras de maturação onde o gás utilizado é o azetil (94,5% nitrogênio e 5,5% etileno), normalmente colocado na câmara pelo sistema intermitente, onde uma quantidade medida do gás é colocada de uma só vez de forma a proporcionar uma concentração final de 10 a 100 ppm dentro da câmara. Esta concentração, também determinada visando o amadurecimento dos cultivares Nanica e Nanicão, normalmente é utilizada para todos os cultivares. A utilização destes parâmetros para um cultivar em estágio mais avançado do desenvolvimento, ou mais sensível às concentrações de etileno utilizadas, acelerará a senescência da fruta, com reflexos importantes na comercialização do produto. É importante, portanto, estudar a fisiologia de cada cultivar para estabelecer a tecnologia ótima para sua colheita e armazenamento.



* Cada ponto representa a média de duplicata de extração e determinação.

FIGURA 1. Evolução dos teores percentuais de amido (■), glicose (○), frutose (Δ) e sacarose (X), determinados enzimaticamente durante o amadurecimento dos cultivares: Prata Anã (A), Mysore (B), Nanica (C), Ouro Colatina (D) e Nanicão (E)*.

TABELA 1. Teores de amido e sacarose observados nos frutos verdes e maduros de sete cultivares de banana (*Musa spp.*).

Cultivar	Teor de amido				Teor de sacarose			
	verde mg/g	%	maduro mg/g	%	verde mg/g	%	maduro mg/g	%
nanica (AAA)	216,45	21,7	8,51	0,9	3,95	0,4	152,12	15,2
nanicão (AAA)	231,57	23,1	8,63	0,9	3,93	0,4	140,51	14,1
ouro colatina (AA)	219,73	22,0	12,13	1,2	3,60	0,4	120,10	12,0
prata anã (AAB)	184,60	18,7	25,41	2,5	12,60	1,3	91,20	9,1
mysore (AAB)	143,01	14,2	15,65	1,6	7,30	0,7	53,10	5,3
prata comum (AAB)	173,89	17,4	57,34	5,2	9,38	0,9	159,75	16,0
ouro da mata (AAAB)	216,95	21,7	83,71	7,1	4,40	0,5	107,62	10,7

Os teores residuais de amido na banana madura foram de 0,9% nas bananas Nanica e Nanicão, 1,2 e 1,6% nas bananas Ouro Colatina e Mysore, 2,5% na banana Prata Anã, 5,2% na Prata Comum e até 7,1% na Ouro da Mata (Tabela 1). CHITARRA (5), encontrou teores residuais de amido de 5% para a banana Marmelo, habitualmente consumida cozida ou assada.

GARCIA (7) demonstrou que em banana Nanica este amido residual é constituído principalmente por grânulos pequenos (menos de 10m), resultantes provavelmente da degradação de grânulos maiores (predominantes na banana verde), que parecem ser muito resistentes à degradação enzimática.

Esta diferenciação de teores residuais de amido parece indicar diferenças estruturais do grânulo de amido ou de atividade das enzimas que degradam o amido, merecendo estudos adicionais, principalmente os cultivares Prata Anã, Prata Comum e Ouro da Mata.

Os açúcares redutores glicose e frutose mantiveram-se proporcionais entre si em todos os cultivares, com teores variando entre 2 e 3% (Figura 1).

Os cultivares diferenciaram-se pelo teor final de sacarose (Tabela 2). Os cultivares Nanica (AAA) e Nanicão (AAA) foram os que tiveram os maiores teores de sacarose no fruto maduro, 15 e 14%, respectivamente, que são equivalentes aos observados por ARÉAS & LAJOLO (2) em frutos de *Musa acuminata*. Um pouco abaixo, com 12%, ficou o cultivar Ouro Colatina (AA). Os menores teores foram observados no grupo AAB com os cultivares Prata Anã e Mysore, com 9 e 5%, respectivamente.

Apesar dos cultivares Mysore e Prata Anã apresentarem baixos teores de açúcares solúveis e serem híbridos das espécies selvagens *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, o cultivar Prata Comum, também pertencente a este grupo, apresentou teor de 16% de sacarose no fruto maduro (Tabela 2). Assim, estes teores parecem ser característicos do cultivar e não do grupo.

TABELA 2. Teores de açúcares solúveis observados nos frutos maduros de sete cultivares de banana (*Musa* spp.).

Cultivar	Glicose		Frutose		Sacarose		Açúcares solúveis	
	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
nanica (AAA)	27,50	2,7	27,40	2,7	152,12	15,2	207,02	20,6
nanicão (AAA)	31,64	3,2	29,29	2,9	140,51	14,0	201,43	20,1
ouro colatina (AA)	32,69	3,3	34,46	3,4	120,10	12,0	187,25	18,7
prata anã (AAB)	23,77	2,4	23,62	2,4	91,20	9,1	138,60	13,9
mysore (AAB)	22,75	2,3	21,47	2,1	53,10	5,3	97,32	9,7
prata comum (AAB)	18,12	1,8	17,07	1,7	159,75	16,0	194,94	19,5
ouro da mata (AAAB)	29,60	3,0	27,29	2,7	107,62	10,7	164,51	16,4

Os teores de açúcares solúveis revelam dados interessantes em termos nutricionais (Tabela 2). Enquanto os cultivares Nanica e Nanicão possuem cerca de 20% de açúcares solúveis, a banana Mysore tem ao redor de 10% e a Prata Anã 14%. Em relação aos outros cultivares, a Mysore, além do pequeno tamanho, é uma banana de menor valor energético em termos de açúcares solúveis, constituindo-se uma alternativa interessante a dietas de baixas calorias.

Em nenhum caso verificaram-se diferenças marcantes na relação glicose/frutose no fruto maduro, indicando que o teor relativo é controlado fisiologicamente. Porém, no caso da Prata Anã e da Mysore há uma redução significativa no teor de sacarose, 9,1% e 5,3%, respectivamente, correspondente à uma redução no teor total de açúcares solúveis. Aparentemente essa redução se dá às custas da redução da síntese da sacarose, o que por sua vez parece corresponder a um menor teor de amido inicial. Em síntese, parece que a glicose e frutose são mantidas no tecido mas a sacarose correlaciona-se diretamente com o teor de amido. Estudos mais completos incluindo a taxa respiratória serão necessários para confirmar essa hipótese.

4 — CONCLUSÕES

- Não parece haver correlação entre o teor inicial de amido a ser degradado e o tempo necessário para o amadurecimento da banana.
- Os cultivares diferem entre si em relação aos teores iniciais e residuais de amido, indicando uma possível diferença estrutural do grânulo ou das enzimas responsáveis pela sua degradação.

- Os cultivares também diferem em relação aos teores de açúcares solúveis no fruto maduro, principalmente em relação aos teores de sacarose. A banana Mysore apresentou os menores teores de açúcares solúveis, cerca de 10%, correspondendo a metade dos valores obtidos para os outros cultivares.

- Os teores de glicose e frutose mantiveram-se em proporções praticamente iguais durante o amadurecimento dos frutos, não sendo verificadas diferenças marcantes na relação glicose/frutose entre os cultivares.

5 — REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ARÊAS, J.A.G., LAJOLO, F.M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. *Anais de Farmácia e Química de São Paulo*, São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 307-318, 1980.
- (2) ARÊAS, J.A.G., LAJOLO, F.M. Starch transformation during banana ripening: I - the phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. *J. Food Biochem.*, Westport, v. 5, p. 19-37, 1981.
- (3) BERGMAYER, H.U., ed. *Methods of enzymatic analysis*. 2.ed. New York: Academic Press, 1974. vol. 3, p. 1212-1215.
- (4) CARRARO, A.F., CUNHA, M.M. Aspectos da produção e comercialização de frutas no Brasil. In: CARRARO, A.F., CUNHA, M.M. *Manual de exportação de frutas*. Brasília: MAARA - SDR - FRUPEX / IICA, 1994. cap. 1, p. 9-42.
- (5) CHITARRA, A.B. *Contribuição ao estudo da fisiologia e bioquímica pós-colheita da banana "Marmelo"*. São Paulo, 1979. 110p. (Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP).
- (6) CORDENUNSI, B.R., LAJOLO, F.M. Starch transformation during banana ripening: sucrose synthase and sucrose phosphate synthase. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, v. 43 n. 2, p. 347-351, 1995.
- (7) GARCIA, E. *Transformações do amiloplasto e participação de enzimas amilolíticas no amadurecimento da banana*. São Paulo, 1983. 72p. (Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP).
- (8) HILL, S.A., Ap REES, T. Fluxes of carbohydrate metabolism in ripening bananas. *Planta*, Berlin, v. 192, p. 52-60, 1994.
- (9) TERRA, N.N. *Transformação amido-sacarose durante o amadurecimento da banana (*Musa acuminata* cv. Cavendish)*. São Paulo, 1981. 88p. (Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP).

6 — AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Professor Gerival Vieira, da Universidade Federal de Viçosa, pelo fornecimento dos frutos e a CAPES pela ajuda financeira.