

MELHORAMENTO DE MANDIOCA PARA AUMENTO DO TEOR DE BETACAROTENO

Vanderlei da Silva Santos⁽¹⁾, Luciana Alves de Oliveira⁽¹⁾, Mieko Kimura⁽²⁾, Tatiane Silva Amorim⁽³⁾,
Marília Regini Nutti⁽⁴⁾ e José Luiz Viana de Carvalho⁽⁴⁾

⁽¹⁾Pesquisadores da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, vssantos@cnpmf.embrapa.br, luciana@cnpmf.embrapa.br; ⁽²⁾Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP, kimura@ibilce.unesp.br; ⁽³⁾Analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, tatiane@cnpmf.embrapa.br; ⁽⁴⁾Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, marilia@ctaa.embrapa.br; jlvc@ctaa.embrapa.br

Resumo – O objetivo desse trabalho foi avaliar o teor de carotenoides e compostos cianogênicos em mandioca para mesa. Foram avaliados 78 clones resultantes da autofecundação de 16 acessos (BGM 61, BGM 66, BGM 878, BGM 893, BGM 913, BGM 952, BGM 971, BGM 991, BGM 1137, BGM 1146, BGM 1186, BGM 1702, BGM 1706, BGM 1708, BGM 1709 e BGM 1776) do Banco de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Os teores de carotenoides variaram de 4,43 a 16,12 µg.g⁻¹, enquanto os de compostos cianogênicos variaram de 60,8 a 298,1 µg.g⁻¹. Entretanto, os teores de compostos cianogênicos desses clones de maior teor de carotenoides tenderam a ser maiores que 100 ppm, e assim, eles não podem ser selecionados como mandioca mansa. Como os clones que têm teores baixos de HCN e altos teores de carotenoides ainda têm que atender a outros critérios relacionados à qualidade, torna-se difícil identificar um que atenda a todos esses critérios. Assim, a estratégia que está sendo adotada é o intercruzamento entre os clones que possuem teores elevados de betacaroteno e baixos teores de compostos cianogênicos, visando continuar obtendo progresso no melhoramento para aumento do teor de betacaroteno, mantendo baixo o teor de compostos cianogênicos.

Palavras-chave: biofortificação; mandioca para mesa; carotenoides; *Manihot esculenta*

Abstract – The aim of this study was to evaluate the carotenoid content and cyanogenic compounds in sweet cassavas. Seventy-eight clones resulting from the selfing of 16 accessions of the Germplasm Bank of Embrapa Cassava and Fruits (BGM 61, BGM 66, BGM 878, BGM 893, BGM 913, BGM 952, BGM 971, BGM 991, BGM 1137, BGM 1146, BGM 1186, BGM 1702, BGM 1706, BGM 1708, BGM 1709 and BGM 1776) were evaluated. The carotenoid content ranged from 4.43 to 16.12 µg.g⁻¹, while the cyanogenic compounds ranged from 60.8 to 298.1 µg.g⁻¹. However, the levels of cyanogenic compounds in these clones with the highest carotenoid content tended to be higher than 100 ppm, and therefore they can not be selected as sweet cassavas. Since clones that have low levels of HCN and high carotenoid levels have yet to meet other criteria related to quality, it becomes difficult to identify a clone that meets all these criteria. Thus, the strategy being adopted is intercrossing between the clones that have high levels of beta carotene and low levels of cyanogenic compounds in order to continue making progress in breeding for increased beta carotene content, keeping down the level of cyanogenic compounds.

Keywords: biofortification; fresh cassava; carotenoids; *Manihot esculenta*

Introdução

Carotenoides são um grupo diverso de pigmentos coloridos, encontrados naturalmente em plantas, fungos, algas e bactérias. Compreendem muitos dos pigmentos amarelos, laranja e vermelhos encontrados em frutas, hortaliças e flores, que previnem problemas de visão decorrentes da idade, e podem ser precursores de vitamina A (CAZZONELLI e POGSON, 2010).

Estudos desenvolvidos na Embrapa Mandioca e Fruticultura (dados não publicados¹) revelaram que em mandioca de mesa a perda de carotenoides é menor do que quando as raízes são transformadas em farinha, uma vez que nesse processo, parte dos carotenoides se perde na água, no processo de prensagem da massa, e a outra parte é degradada durante o armazenamento. Em mandioca de mesa, as raízes são cozidas e em seguida consumidas, de modo que a perda é bem menor.

Por isso, decidiu-se concentrar em mandioca de mesa, os esforços de biofortificação. Os trabalhos se iniciaram em 2001. Desde então, foram lançadas as variedades BRS Dourada (FUKUDA et al., 2005), BRS Gema de Ovo (FUKUDA e PEREIRA, 2005), com teores de betacaroteno de 3,3 e 4,0 ppm, respectivamente, e BRS Jari, com 8,7 ppm de betacaroteno (FUKUDA et al., 2009).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o conteúdo de carotenoides e compostos cianogênicos de híbridos de mandioca produzidos no Programa de Melhoramento de Mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Material e Métodos

Os clones avaliados nesse trabalho foram provenientes da autofecundação de 16 acessos do Banco de Germoplasma de Mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura (BGM 61, BGM 66, BGM 878, BGM 893, BGM 913, BGM 952, BGM 971, BGM 991, BGM 1137, BGM 1146, BGM 1186, BGM 1702, BGM 1706, BGM 1708, BGM 1709 e BGM 1776).

A semeadura foi realizada no início do período chuvoso, e o transplântio, entre 30 e 45 dias após a semeadura. A colheita foi realizada aos 12 meses depois do plantio. Na colheita, as raízes foram inicialmente avaliadas com base em uma tabela de cores, proposta por Echeverri et al. (2001), sendo selecionadas as raízes com nota 6 (amarelo intenso).

Nessa fase, as raízes ainda não são analisadas quanto ao teor de carotenoides, uma vez que algumas plantas não produzem raízes suficientes. De cada planta selecionada plantou-se uma parcela de uma linha com cinco plantas. No ano seguinte, antes da colheita, foram retiradas amostras de raízes em cada parcela, sendo essas raízes processadas em laboratório. Inicialmente, mediu-se o teor de compostos cianogênicos dos híbridos, e somente as amostras com teor de até 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ foram analisadas quanto ao teor de carotenoides. As análises foram realizadas de acordo com metodologia apresentada por Oliveira (2010).

Resultados e Discussão

Os teores de carotenoides totais e compostos cianogênicos de 78 clones S₁ de mandioca são apresentados na Tabela 1.

Os teores de carotenoides variaram de 4,43 a 16,12 $\mu\text{g.g}^{-1}$, enquanto os de compostos cianogênicos variaram de 60,8 a 298,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Os valores de carotenoides totais, analisados isoladamente, são promissores, uma vez que 38 desses híbridos apresentam valores acima de 10 $\mu\text{g.g}^{-1}$, e assim, teoricamente podem ter betacaroteno acima de 8,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (teor de betacaroteno da BRS Jari). Entretanto, quando se observam os teores de compostos cianogênicos, percebe-se uma tendência de os maiores valores de carotenoides totais estarem associados a valores altos de compostos

¹ PEREIRA, M.E.C. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Dados não publicados.

cianogênicos (maiores que 100 ppm), e assim, por motivos já discutidos, eles não podem ser selecionados como mandioca mansa. Esses resultados sugerem haver uma correlação positiva (e indesejável, nesse caso) entre os teores de carotenoides totais e de compostos cianogênicos, nos clones avaliados. Entretanto, nesse trabalho, não foi possível estimar a correlação genética, em virtude de os dados terem sido obtidos sem repetições. Essa associação dificulta a ocorrência, na população segregante (e consequentemente a seleção), de um clone que possua teor alto de betacaroteno e baixo teor de compostos cianogênicos.

Quanto maior o número de características envolvidas, mais difícil é selecionar um indivíduo que possua uma combinação favorável de todas elas. Nesse caso, como além de teores baixos de compostos cianogênicos e altos teores de carotenoides, os clones ainda têm que possuir outros atributos, tais como raízes de cor externa marrom, tempo de cozimento em torno de 20 minutos e ausência de fibras nas raízes, para serem aceitos pelos consumidores como mandioca de mesa, a seleção de um genótipo que possua uma combinação adequada de todas essas características torna-se ainda mais difícil por causa da referida associação entre os teores de carotenoides e de compostos cianogênicos. Assim, é necessário adotar estratégias que aumentem a probabilidade de obtenção de tais indivíduos. A estratégia que está sendo adotada é o intercruzamento entre os clones que possuem teores elevados de betacaroteno e baixos teores de compostos cianogênicos, visando continuar obtendo progresso no melhoramento para aumento do teor de betacaroteno, mantendo baixo o teor de compostos cianogênicos.

Tabela 1. Teores ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, com base em peso fresco) de carotenoides totais e compostos cianogênicos de genótipos de mandioca.

Clones	Carotenoides		Clones	Carotenoides		Clones	Carotenoides	
	totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Compostos Cianogênicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		Totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Compostos Cianogênicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Compostos Cianogênicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
11-41	16,12	85,0	11-17	10,57	113,5	03-12	8,15	94,0
02-02	15,98	192,7	12-54	10,48	138,3	05-08	8,10	203,6
15-19	15,80	125,1	12-55	10,37	110,4	14-05	8,06	149,1
12-11	15,08	212,3	16-10	10,27	179,1	04-25	8,06	139,8
05-39	14,20	197,3	05-09	10,24	78,4	13-20	8,05	175,5
11-47	14,01	107,3	14-08	10,20	90,5	05-05	7,79	207,8
12-44	13,82	246,9	15-55	10,13	159,3	08-15	7,69	120,3
12-41	12,91	83,2	12-09	10,07	184,6	04-20	7,67	73,5
12-74	12,90	224,6	11-30	10,05	211,8	15-60	7,66	148,1
05-07	12,76	136,9	15-28	10,01	176,5	08-64	7,61	245,6
06-11	12,18	116,0	09-08	9,98	124,2	09-12	7,56	123,3
12-36	12,10	203,0	02-09	9,89	148,1	04-36	7,43	68,7
05-37	12,06	112,5	11-06	9,87	111,7	18-08	7,42	102,8
13-06	11,90	211,7	09-21	9,59	103,2	04-40	7,40	126,5
15-54	11,82	170,4	04-15	9,58	95,7	13-19	7,38	132,6
11-46	11,81	140,7	17-06	9,49	93,7	08-68	7,20	218,0
09-33	11,74	139,7	09-32	9,23	106,6	09-55	6,60	72,0
05-22	11,54	225,9	13-31	9,14	217,8	07-39	6,59	98,4
04-24	11,52	92,9	10-28	9,05	105,6	13-18	6,40	102,9
12-26	11,48	79,8	17-09	8,95	134,8	17-08	6,40	121,2
15-10	11,44	225,7	10-29	8,95	240,6	15-13	6,33	102,9

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Clones	Carotenoides		Compostos		Clones	Carotenoides		Compostos	
	totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cianogênicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cianogênicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cianogênicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		
11-20	11,26	210,3	11-26	8,78	91,0	02-11	5,55	90,3	
04-16	11,15	114,4	04-31	8,65	84,2	13-23	4,97	83,1	
01-07	11,11	112,0	04-41	8,60	61,7	11-01	4,72	94,1	
10-34	10,96	154,1	01-03	8,59	139,5	09-31	4,43	76,4	
11-13	10,94	108,3	08-33	8,57	282,9				
10-04	10,84	92,8	18-04	8,48	298,1				
04-27	10,76	60,8	04-29	8,32	73,8				

Conclusão

Os clones de maiores teores de carotenoides tenderam a ter também altos teores de compostos cianogênicos, situação indesejável, no contexto da biofortificação em mandioca. Esses resultados sugerem que devem ser cruzados materiais que apresentem baixos teores de compostos cianogênicos, para aumentar a probabilidade de selecionar descendentes com altos teores de betacaroteno e baixos teores de compostos cianogênicos.

Referências

- CAZZONELLI, C.I.; POGSON, B.J. Source to sink: regulation of carotenoids biosynthesis in plants. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 5, p. 266-274. 2010.
- ECHEVERRI, J.; CHAVEZ, A. L.; SANCHEZ, T.; CALLE, F.; CEBALLOS, H.; ROCA, W. **Exploring the genetic potential to improve micronutrient content of cassava**. 2001.
- FUKUDA, W.M.G.; PEREIRA, M.E.C. **BRS Gema de Ovo**: mandioca de mesa biofortificada. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 1 folder.
- FUKUDA, W.M.G.; PEREIRA, M.E.C.; OLIVEIRA, L.A.; GODOY, R.C.B. **BRS Dourada**: mandioca de mesa com uso diversificado. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 1 folder.
- FUKUDA, W.M.G.; CARVALHO, H.W.L.; OLIVEIRA, L.A. et al. **BRS Jari**: Nova variedade de mandioca para mesa com alto teor de betacaroteno nas raízes. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Aracaju, Sergipe: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 1 folder.
- OLIVEIRA, L.A. **Manual de laboratório**: análises físico-químicas de frutas e mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 248p.