

AVALIAÇÃO DE PAREDE CELULAR DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA COM DIFERENTES TEMPOS DE COZÇÃO, CULTIVADOS EM DIFERENTES LOCAIS E TIPOS DE SOLO

FERNANDO BERTTI¹; CÁSSIA R. LIMONTA CARVALHO²; JOSÉ CARLOS FELTRAN³; TERESA L. VALLE⁴; MARCELO A. MORGANO⁵; THIAGO F. MEZETTE⁶; JOÃO MANOEL S. V. GALERA⁷

Nº 0700011

Resumo - A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é amplamente cultivada em nosso país, apresentando uma grande importância econômica e social. Às vezes, as raízes não cozinham adequadamente, ficando rígidas. Trabalhos recentes têm demonstrado que a cocção e as propriedades texturais dos vegetais relacionam-se com a composição e estrutura da parede celular. Neste trabalho, avaliaram-se os aspectos relacionados à parede celular de variedades e clones de mandioca em seleção pelo Instituto Agrônômico que foram cultivados em diferentes locais e tipo de solo, visando compreender os fenômenos associados à qualidade de textura e cocção do produto, além das interações entre variedades e nutrientes dos solos. As raízes com elevados tempos de cozimento apresentaram altos teores de Ca, enquanto que as com melhor tempo de cocção demonstraram maior conteúdo de P. Apesar de não haver correlação entre o tempo de cozimento e os teores de fibras, há indicativos que o pH e a relação de P/Ca dos solos exerçam influência no cozimento das raízes de mandioca de mesa.

Abstract - Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is largely cultivated in our country, presenting a great social and economic importance. Sometimes, the roots don't cook rightly, staying rigid. Recent works have proved that the cooking time and the texture property of the vegetable are related with the composition and structure of the wall cells. In this work, were valued the aspect related to the wall cells from cassavas selected by Instituto Agrônômico that were cultivated in different soils and places, aim to understand the mechanism associated to the quality of texture and time of cooking of the product, further on the interaction between diversity and soil nutrients. The roots with elevated times of cooking presented high levels of Ca, while the roots with better times of cooking presented high levels of P. Although there is no correlation between the cooking time and the levels of fibers, there is indicatives that pH and the relation P/Ca of the soils exert influence in the cooking of the roots of cassava.

-
1. Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas, PUCCAMP, Campinas-SP, fernandoberti@yahoo.com.br.
 2. Orientadora: Pesquisadora científica, Centro de Recursos Genéticos Vegetais, IAC, Campinas-SP, climonta@iac.sp.gov.br.
 3. Co-orientador: Pesquisador científico, Centro de Horticultura, IAC, feltran@iac.sp.gov.br.
 4. Co-orientadora: Pesquisadora científica, Centro de Horticultura, IAC, teresalv@iac.sp.gov.br.
 5. Colaborador: Pesquisador científico, Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada, ITAI, Campinas-SP.
 6. Colaborador: Pós-Graduado em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC, Campinas-SP.
 7. Colaborador: Pós-Graduando em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC, Campinas-SP.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é amplamente cultivada em nosso país, apresentando uma grande importância econômica e social. Em São Paulo, no ano agrícola de 2004/05 a produção de mandioca para mesa representou cerca de 15% (132.869 t) da produção total da mandioca cultivada. O produto é colhido precocemente, de 7 a 14 meses, em razão da melhor qualidade culinária nessa idade. Mandiocas apropriadas para consumo devem apresentar boas características culinárias e sensoriais e um tempo relativamente curto de cozimento.

Às vezes, as raízes não cozinham adequadamente, ficando rígidas. Trabalhos recentes têm demonstrado que a cocção e as propriedades texturais dos vegetais relacionam-se com a composição e estrutura das paredes celulares. A parede celular é um sistema altamente complexo e dinâmico, cuja composição e estrutura variam durante o crescimento, com diferenciação da célula em resposta a fatores do ambiente (LORENCES *et al.*, 1987)

As células vegetais são envolvidas pela parede celular, a qual é composta por diferentes camadas: lamela média, consistindo basicamente de pectinas com diferentes graus de metilação; parede primária que consiste de uma rede de celulose com baixo grau de polimerização e de hemicelulose e glicoproteínas e a parede secundária que consiste de uma rede de celulose com alto grau de polimerização, de hemicelulose e proteínas.

No presente trabalho, avaliaram-se os aspectos relacionados à parede celular de variedades e clones de mandioca cultivados em diferentes locais e tipos de solo, visando compreender o mecanismo ou os fenômenos associados à qualidade de textura e cocção do produto, além das interações entre variedades, composição da parede celular e nutrientes do solo.

Material e Métodos

Ao decorrer do projeto foram utilizados 15 genótipos de mandioca de mesa, constando de 3 variedades (IAC 576/70, Mantiqueira e SRT-797 Ouro do Vale) e de 12 clones em seleção pelo IAC: 16/00, 27/00, 28/00, 33/00, 56/99, 66/99, 105/00, 108/00, 109/00, 113/00, 290/97 e 265/97. Utilizou-se a IAC 576/70 como testemunha, por ser a principal variedade de mesa cultivada em São Paulo.

As variedades foram cultivadas em Engenheiro Coelho, SP, tanto em solo desbalanceado (1º Ensaio - safra 2004/05) quanto em solo descansado por 5 anos, sem adubação inorgânica (3º Ensaio - safra 2005/06) e em Campinas, SP, em solo considerado de melhor qualidade nutricional (2º Ensaio - safra 2004/05). As raízes foram colhidas com 8 meses após o plantio no 1º Ensaio, 7 meses no 2º Ensaio e 11 meses no 3º Ensaio. Nesses cultivares foram

determinados os tempos de cocção, cozendo-se em água fervente cilindros da parte mediana das raízes, cortados ao meio, empregando-se o método empírico descrito por LORENZI (2004).

Os teores de matéria seca, que se correlacionam com os teores de amido, foram determinados nas raízes *in-natura* secando as amostras em estufa ventilada a 40°C (CARVALHO et al., 1990). Em seguida, determinaram-se os componentes minerais (P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Na, Fe e Zn) com a finalidade de associar esses elementos com o cozimento das raízes, com a composição da parede celular e com os nutrientes do solo.

Para quantificar a parede celular, alguns genótipos foram selecionados tomando como base o tempo de cozimento. Os conteúdos de parede celular foram quantificados como fibra alimentar total (FAT), os teores de pectina como fibra solúvel (FS) e celulose e hemicelulose como fibra insolúvel (FI), aplicando-se o método enzimático proposto por LEE *et al.* (1992). Todas as avaliações químicas foram realizadas em triplicata.

A determinação das propriedades físicas (areia, argila e silte) e químicas dos solos foram feitas seguindo o método de RAIJ E QUAGGIO (1983), realizando-se duas coletas de solo em cada local de plantio, na profundidade de 0-20 cm.

Os cálculos estatísticos de significância entre as médias dos componentes determinados foram realizados pelo programa GENES (CRUZ, 1997) e para a avaliação simultânea das variáveis determinadas empregou-se a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) usando software Pirouette 3.11 (Infometrix, 1990 -2003).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 demonstra o tempo de cozimento dos genótipos de mandioca nos três ensaios realizados. De forma geral, os genótipos do solo 1 apresentaram maiores tempos de cocção (47,3 min, em média), mesmo as raízes sendo mais novas do que as cultivadas no solo 3. Nota-se também que o cultivar IAC 576/70, considerado padrão, apresentou tempos de cocção diferenciados nos 3 tipos de solos, e o clone 108/00, de difícil cocção, apresentou uma melhora significativa ao ser cultivado no solo 2. Dos clones empregados neste estudo no solo 1, 50% deles demonstraram melhora no tempo de cozimento quando cultivados no solo 3. De acordo com o esperado, as variedades Mantiqueira e Ouro do Vale tiveram excelentes tempos de cocção.

Os resultados das análises química e física das áreas experimentais encontram-se resumidos na Tabela 2. O solo 2 apresentou maiores teores de P, Mn, Zn, B, H+Al, areia total e areia grossa do que os demais solos, enquanto que os resultados do solo 1 indicaram maiores valores de Ca, Mg, SB, alta V, baixa acidez (>pH), silte e areia fina. Já o solo 3, maiores

teores de argila, MO, K, Fe e Al. A relação de P/Ca do solo 2 foi 3 vezes maior do que o solo 1 e aproximadamente 4 vezes do que o solo 3, enquanto que os solos 1 e 3 demonstraram valores semelhantes.

TABELA 1. Teores médios de fibra solúvel (FS), fibra insolúvel (FI) e fibra total (FT) e tempo de cocção médio (min.) de 6 a 8 raízes de variedades tradicionais de mandioca e de clones em seleção pelo IAC, cultivados em Engenheiro Coelho/SP - em solo desbalanceado (solo 1, safra 2004/05, raízes colhidas com 8 meses) e em solo descansado por 5 anos (solo 3, safra 2005/06, raízes com 11 meses), e em Campinas/SP - em solo considerado de melhor qualidade (solo 2, safra 2004/05, raízes com 7 meses), com monitoramento do cozimento até 52 minutos.

Genótipos	1º Ensaio (Solo 1)				2º Ensaio (Solo 2)				3º Ensaio (Solo 3)			
	Tcoz. (min.)	FS (%)	FI (%)	FT (%)	Tcoz. (min.)	FS (%)	FI (%)	FT (%)	Tcoz. (min.)	FS (%)	FI (%)	FT (%)
27/00	52,0 aA*	7,4 cA	7,1 cA	14,5 bA					52,0 aA	5,2 dB	4,0 dB	9,2 eB
108/00	52,0 aA**	6,5 dA	6,5 dC	13,1 dA	42,5 aB	3,4 cB	7,7 aB	11,0 bC	52,0 aA	3,6 eB	8,3 aA	12,0 dB
16/00	52,0 aA	7,7 cB	5,6 eB	13,3dB					51,4 aA	8,0 bA	8,1 aA	16,1 aA
66/99	52,0 aA								46,2 bB			
56/99	50,1 aA								40,1 cB			
265/97	50,0 aA								35,3 dB			
IAC 576/70	49,0 aA	7,2 cA	11,3 aA	18,5 aA	26,2 bC	4,9 bB	5,7 cB	10,6 bB	36,2 dB	5,2 dB	2,8 fC	8,0 gC
33/00	48,3 aA								48,3 bA			
109/00	47,1 bB	5,5 eB	7,7 bA	13,2 dA					51,3 aA	8,1 bA	4,3 dB	12,5 cB
290/97	44,0 bA								42,0 cA			
105/00	43,3 bA	8,2 bA	5,7 eA	13,9 cA					35,2 dB	6,8 cB	5,1 cA	11,9 dB
28/00	41,0 bA	9,1 aA	5,2 fB	14,2 bB					29,2 eB	8,8 aA	6,6 bA	15,4 bA
113/00	28,3 cB	6,1 dA	5,6 eA	11,7 eA					36,5 dA	5,2 dB	3,4 eB	8,6 fB
Mantiqueira					27,0 b	4,5 b	5,3 c	9,9 c				
Ouro do Vale					19,5 c	6,9 a	6,5 b	13,5 b				
Média	47,3	7,2	6,8	14,1	29,2	4,9	6,3	11,3	43,1	6,4	5,3	11,7
CV (%)	14,2	16,1	29,2	14,2	33,8	29,7	16,8	13,9	18,5	28,8	39,0	25,7

* Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Scott e Knott.

** Médias com a mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Scott e Knott.

A Figura 1 detalha a ACP dos teores de minerais, do tempo de cozimento e de matéria seca das raízes de mandioca. Observa-se que houve resposta diferenciada entre os locais de cultivo (azul – solo 3; preto – solo 1 e laranja – solo 2). Houve a formação de 4 grupos em relação aos teores de minerais. Grupo 1 – todos os genótipos (16/00, 27/00; 108/00 e 109/00) com elevados tempos de cocção (acima de 50 min.), tanto as do solo 1 como as do solo 3, apresentaram índices altos de Ca e Mg nas raízes (Ca = 851,7 a 1276,9 mg/100g, demais raízes = 353,2 a 686,1 mg/100g; Mg = 812,1 a 1424,7 mg/100g; demais raízes = 514,2 a 812,0 mg/100g). Grupo 2 – formado pelos genótipos 28/00, 33/00, 56/99, 66/99, 105/00, 113/00, 265/97, 290/97 e 576-70, todos do 3º ensaio (solo 3), que melhoram o tempo de cozimento quanto cultivados no solo 3, com exceção do 113/00. Esses genótipos apresentaram baixos teores de Ca em suas raízes (381,0 a 638,2 mg/100g) associado ou não a maiores teores de K, Zn, Fe, Mn, Na e matéria seca (amido). Grupo 3 - 28/00, 33/00, 56/99, 66/99, 105/00, 290/97 e 576-70, todos do 1º ensaio (solo1, com cocção ruim) e Ouro

do Vale do 2º ensaio (solo 2, com boa cocção), com boa dosagem de P (744,4 a 895,0 mg/100g) e com teores mais elevados de Mg do que de Ca, em uma razão aproximada de 2:1 (Mg:Ca). Grupo 4 – 113/00 e 265/97 (solo 1) e 576-70, Mantiqueira e 108/00 (solo 2). São os genótipos com os maiores teores de P (1078,8 a 1364,4 mg/100g), aproximadamente 2 vezes a mais do que as demais raízes (443,0 a 990,5 mg/100g), três deles possuindo os melhores tempos de cocção (113/00, 576/70 e Mantiqueira). O clone 108/00, embora esteja neste grupo, também apresentou alto conteúdo de Ca, entretanto melhorou o seu tempo de cozimento em relação aos demais solos (Tabela 1).

Na Tabela 1 também estão descritas as proporções de FS, FI e FT encontradas nos genótipos de mandioca para os três ensaios realizados. Pela tabela perceber-se que houve diferenças significativas entre os genótipos em relação aos teores de fibras em cada e entre os locais de cultivo, porém não houve correlação entre o tempo de cozimento e os conteúdos de parede celular (FT) e as suas frações (FS e FI). Entretanto, de modo geral, as raízes cultivadas no solo 1 foram mais fibrosas do que as do solo 3, em média com maiores teores de FS, FI e FT (Tabela 1). O solo 3 proporcionou maior variabilidade dos valores de fibras, já que os coeficientes de variação (CV%) dos resultados foram maiores do que no solo 1.

Conclusão

As raízes com elevados tempos de cozimento apresentaram altos teores de Ca, enquanto que as com melhor tempo de cocção demonstraram maior conteúdo de P. Apesar de não haver correlação entre o tempo de cozimento e a quantificação das fibras, há indicativos que o pH e a relação de P/Ca dos solos exerçam influência no cozimento das raízes de mandioca de mesa.

Agradecimentos - Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo pela realização das análises físicas e químicas dos solos.

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, C. R. L, MANTOVANI, D.M.B., CARVALHO, P. R. N., MORAES, R.M.de. *Análises Químicas de Alimentos*. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 1990, 121p. (Manual Técnico).
- CRUZ, C. D. Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística. Universidade Federal de Viçosa, 1997, 442p.
- LEE, S.C.; PROSKY, L.; DE VRIES, J.W. Determination of Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods – Enzymatic – Gravimetric method, MES-TRIS Buffer: Collaborative Study. *J. AOAC International*, v. 75, n. 3, p. 395-416, 1992.
- LORENCES, E. P.; SUÁREZ, L.; ZARRA, I. Hypocotyl growth of *Pinus pinaster* seedlings. Changes in α – cellulose and in pectic and hemicellulosic polysaccharides. *Physiol. Plant*, v.69, p. 461-465, 1987.
- LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. *Bragantia*, Campinas, v.53, n.2, p. 237-245, 1994.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

TABELA 2. Avaliações químicas e físicas dos solos, na camada de 0-20 cm.

Solos	MO	pH	P Resina	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B.	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia	Areia	Areia	Classificação
	g/dm ³	CaCl ₂	mg/dm ³				mmol _c /dm ³				(%)		mg/dm ³				(%)	(%)	total (%)	grossa (%)	fina (%)	textural
1.1	32	5,8	17	2,8	40	16	< 1	18	58,8	77,0	76	0,17	0,9	14	20,4	0,9						
1.2	27	5,9	12	1,2	37	14	< 1	18	52,2	70,4	74	0,17	0,7	19	9,2	0,5						
Média	30	5,9	15	2,0	39	15	< 1	18	55,5	73,7	75	0,17	0,8	17	14,8	0,7	44,4	11,7	43,9	15,0	28,9	Argiloarenosa
2.1	27	4,6	23	1,4	26	4	2	50	30,9	81,1	38	0,23	4,8	31	24,8	7,0						
2.2	24	4,5	23	1,6	17	3	2	42	21,6	63,9	34	0,21	4,8	23	24,3	7,4						
Média	26	4,6	23	1,5	21	4	2	46	26,3	72,5	36	0,22	4,8	27	24,6	7,2	38,1	7,2	54,6	37,7	16,9	Argila
3.1	31	4,6	4	2,9	14	7	3	42	23,9	66,2	36	0,18	4,9	38	5,5	0,9						
3.2	36	4,7	6	2,3	18	11	2	42	31,3	73,6	43	0,19	6,5	72	5,6	1,4						
Média	34	4,7	5	2,6	16	9	3	42	27,6	69,9	40	0,19	5,7	55	5,6	1,2	46,8	8,8	44,4	17,6	26,8	Argila

Solo 1 - Engenheiro Coelho-SP/desbalanceado; Solo 2 - Campinas-SP/melhor qualidade nutricional; Solo 3 - Engenheiro Coelho-SP/descansado por 5 anos - sem abubação inorgânica.

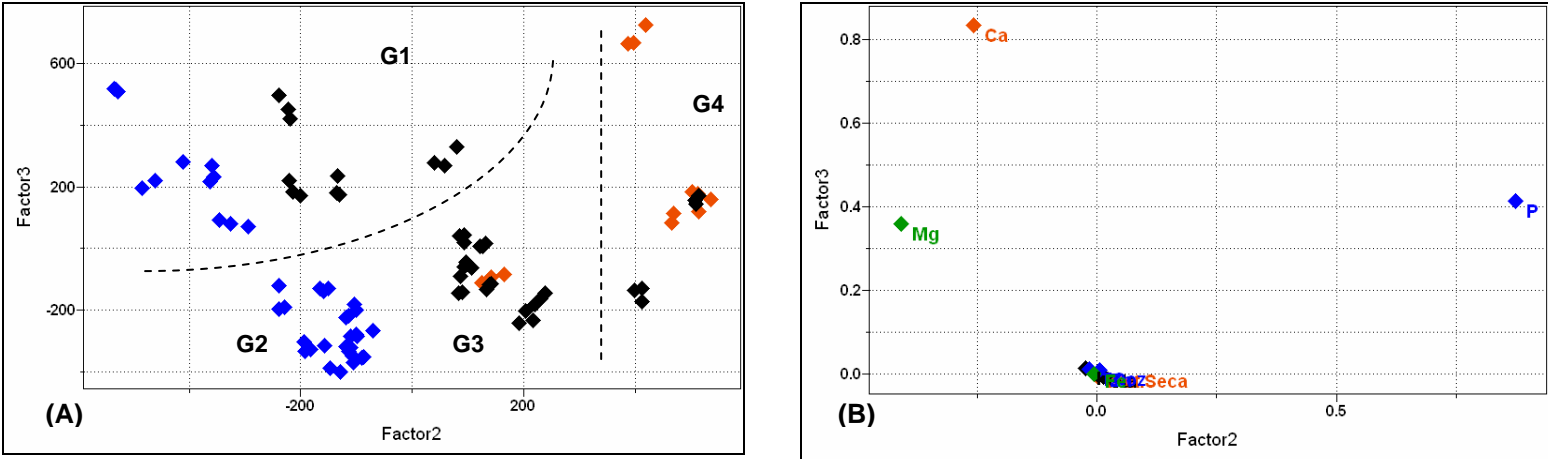


FIGURA 2. Análise de componentes principais de minerais, tempo de cozimento e matéria seca dos 15 genótipos de mandioca cultivados nos solos: 1 (preto), 2 (laranja) e 3 (azul). (A) gráfico de escores – distribuição gráfica das amostras analisadas; (B) gráfico de pesos – influência dos componentes avaliados sobre as amostras. Pré-processamento: dados centrados na média. Tempo de cocção, matéria seca, K, Zn, Fe, Mn, Cu e Na – variáveis sobrepostas no gráfico de pesos. Descrição dos grupos no texto do resumo.