

AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO FÍTICO, FÓSFORO TOTAL E DO TEMPO DE COZIMENTO DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO CULTIVADOS EM DIFERENTES AMBIENTES E TIPOS DE SOLO.

RENATO R. **BASSANI**¹; ELIANA F. **PERINA**²; TALITA P. **LIMA**³; ALISSON F. **CHIORATO**⁴; SÉRGIO A. M. **CARBONELL**⁴; CÁSSIA R. L. **CARVALHO**⁵

Nº 0900030

Resumo

Investigações sobre os fenômenos que atuam no cozimento dos grãos de feijão são de grande importância, pois restringem a comercialização do produto. Neste trabalho foram avaliados os teores de fósforo orgânico e total e de proteína bruta de genótipos de feijoeiro de ensaios regionais de VCU realizados pelo IAC, para melhor compreensão dos fenômenos envolvidos no processo de cozimento dos feijoeiros. Os resultados encontrados foram similares aos da literatura científica, sendo confirmado as correlações entre os tempos de cozimento dos grãos com os seus teores de fitatos e fósforo total (-0,66 e -0,68). A linhagem C2-1-6 se destacou por apresentar, em média, o menor tempo de cozimento (27,2 min.) e a CNFC10408 por ter o maior (36,4 min.). Houve também influência ambiental sobre as variáveis em estudo (fósforo fítico e total, proteína bruta e tempo de cozimento).

Abstract

Studies about the phenomenons that act in the boiled bean grains have too much value, because they restrict the comercialization of the product. In this work were evaluated the total organic phosphorus contents and beans genotypes protein crude of UCV regional trails, realized by Agronomic Institute of Campinas (IAC), searching for a better understanding of the genotypes involved in the process of boiled beans. The results found were similar of scientific literature, confirming the correlactions between the boiled time of the grains with yours phytate contents and phosphorus total (-0,66 and -0,68). The line C-2-1-6 stood out for show, on avarage, the shorter boiled time (27,2 min.) and the line CNFC10408 for the longer time (36,4 min.). The variables

1. Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas, UNIP, Campinas-SP - renatomarisco@hotmail.com

2. Colaborador: Doutoranda em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo, Campinas-SP.

3. Colaborador: Bolsista FUNDAG, Graduação em Ciências Farmacêuticas, UNIP, Campinas-SP.

4. Colaborador: Pesquisador, Centro de Grãos e Fibras, Instituto Agrônomo, Campinas-SP.

5. Orientador: Pesquisador, Centro de Recursos Genéticos Vegetais, Instituto Agrônomo, Campinas-SP
climonta@iac.sp.gov.br.

under study also had environmental influences(organic phosphorous, crude protein and cooking time).

Introdução

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se no Brasil por fazer parte da alimentação diária da maioria das famílias brasileiras. A avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão é fator determinante para a aceitação de uma cultivar pelos consumidores e, conseqüentemente, pelos agricultores, sendo ainda, o cozimento indispensável para o consumo, devido à inativação de fatores antinutricionais e por conferir maciez e textura adequada à preferência dos consumidores (RIBEIRO et al., 2007).

Ácido fítico (IP₆ ou *mio*-inositol hexafosfato) encontra-se amplamente distribuído na maioria das leguminosas e grãos de cereais, apresentando-se como reserva primária de fósforo (ROSSET, 2007). Os fitatos têm várias funções fisiológicas importantes para a planta durante o seu ciclo de vida, incluindo o armazenamento de fósforo e cátions, que fornecem matéria-prima para a formação das paredes celulares, após a germinação da semente. Outro fator importante e frequentemente encontrado para grãos é a correlação entre os conteúdos de fitatos e proteína (RABOY et al., 2002).

Desse modo, como o fósforo tem importante papel na formação, desenvolvimento e processo de maturação de sementes, o objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos bioquímicos (fósforo fítico e total e proteína bruta) de genótipos de feijoeiro de ensaios regionais de VCU realizados pelo IAC, para melhor compreensão dos fenômenos envolvidos no processo de cozimento dos feijoeiros.

Material e Métodos

Neste trabalho foram avaliados 13 genótipos de feijão participantes dos ensaios regionais de VCU (Valor de Cultivo e Uso) do Estado de São Paulo, sendo dois deles testemunhas/carioca (IAC-Alvorada e Pérola), dois testemunhas/preto (IAC-Una e IAC-Diplomata), 6 linhagens do grupo carioca (Gen 2-1-1, Gen 2-1-6, CNFC10408, CNFC10429, CNFC10431 e Z-22) e 3 linhagens do grupo preto (TG9841, LP0472 e LP0492). Os ensaios regionais foram implantados na época das águas de 2007 (A07), em Capão Bonito (CB), Mococa (MO) e Monte Alegre do Sul (MAS); na época da seca de 2008 (S08), em Mococa (MO), Monte Alegre do Sul (MAS) e Tatuí (TA) e, no inverno de 2008 (I08), em Andradina (AND), Ribeirão Preto (RP) e Votuporanga (VT). O

delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições e cada parcela composta de quatro linhas de 4 m, espaçadas por 0,50m. Avaliou-se nos grãos, em duplicata, os seus tempos de cocção (TC), proteína bruta (PROT) e fósforo (P) e, em parte dos genótipos selecionados, os teores de fitatos (FT) expressos como ácido fítico (AF).

O tempo de cozimento dos feijões foi determinado em Cozedor de Mattson, em água deionizada fervente seguindo metodologia de PROCTOR e WATTS (1987) e os teores de proteína bruta pelo método de Kjeldhal, descrito em BATAGLIA et al. (1983), convertendo-se o teor de nitrogênio para proteína total ($\%N \times 6,25$). Os teores de fósforo foram quantificados por colorimetria a 400nm, após reação com molibdovanadato (CARVALHO et al., 1990), enquanto os teores de ácido fítico foram determinados por cromatografia de troca aniônica, seguida de reação com solução de Wade e leitura espectrofotométrica a 500 nm (CÚNEO et al., 2000). Os valores dos componentes avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% pelo programa GENES (CRUZ, 1997).

Resultados e Discussão

As tabelas 1 e 2 mostram respectivamente as variações do TC e dos teores médios de P encontrados para cada genótipo e local estudado, enquanto que as tabelas 3 e 4 demonstram os resultados médios das avaliações dos FT e PROT dos diferentes genótipos de feijoeiro cultivados nas três épocas de plantio.

De acordo com as tabelas 1 e 2 verifica-se que os grãos do genótipo CNFC10408 obtiveram o menor conteúdo médio de P e um TC elevado considerando todos os locais de cultivo. Embora as linhagens C 2-1-6, C 2-1-1 e TG9-8-4-1 tenham se comportado de modo inverso em relação ao TC, elas obtiveram concentrações de P semelhantes aos demais genótipos avaliados. Já o cultivar Diplomata se destacou pelo seu alto teor de P, porém seu TC foi similar aos genótipos com TCs intermediários. Em relação aos locais, os grãos cultivados em RP-I08 obtiveram em média menores teores de P (380,7 mg/100g), seguido pelas sementes de TA-S08 (383,6 mg/100g) e CB-A07 (388,7 mg/100g), com TCs relativamente elevados. Já os locais de MAS-A07 e MO-S08 proporcionaram maiores teores de P às sementes, com valores iguais a 454,0 e 483,3 mg/100g e, assim, TCs mais baixos do que os grãos dos demais locais. De forma geral, houve correlação negativa, igual a -0,66, entre as médias locais de TCs e os teores de P dos grãos, que pode ser claramente observada pela figura 1.

Tabela 1. Tempos médios de cocção, em minutos, dos genótipos de feijoeiro cultivados nas três épocas de plantio.

| Genótipos | Águas/2007 | | | Seca/2008 | | | Inverno/2008 | | | | Média | |
|-------------|------------|----------|-------|-----------|---------|---------|--------------|-------|-------|------|-------|--|
| | CB | MO | MAS | MO | MAS | TA | AND | RP | VT | | | |
| Gen C2-1-1 | 26,0 | 26,3 | 27,5 | 21,3 | 29,3 | 24,1 | 30,5 | 47,3 | 29,4 | 29,1 | BC | |
| Gen C2-1-6 | 27,1 | 32,3 | 18,0 | 19,1 | 21,4 | 23,6 | 28,1 | 41,3 | 35,3 | 27,3 | C | |
| CNFC10408 | 46,2 | 36,4 | 25,1 | 30,3 | 29,0 | 32,3 | 31,1 | 63,4 | 34,2 | 36,4 | A | |
| CNFC10429 | 32,2 | 26,3 | 20,3 | 23,0 | 26,6 | 31,3 | 26,0 | 49,3 | 38,0 | 30,3 | ABC | |
| CNFC10431 | 33,3 | 33,4 | 24,5 | 30,1 | 29,3 | 31,4 | 36,3 | 56,5 | 35,2 | 34,4 | AB | |
| TG9-84-1 | 32,4 | 27,3 | 25,4 | 27,1 | 25,4 | 28,3 | 25,0 | 41,0 | 34,1 | 29,5 | BC | |
| LP04-72 | 34,3 | 31,5 | 30,2 | 27,2 | 28,0 | 32,1 | 31,2 | 48,0 | 43,4 | 34,4 | AB | |
| LP04-92 | 43,1 | 27,3 | 29,3 | 24,1 | 28,0 | 39,2 | 29,2 | 52,2 | 38,3 | 34,5 | AB | |
| Z-22 | 30,1 | 34,3 | 20,3 | 28,3 | 23,0 | 33,3 | 31,1 | 45,0 | 38,4 | 31,5 | ABC | |
| Alvorada | 33,2 | 31,1 | 23,2 | 31,6 | 30,0 | 30,1 | 32,0 | 42,4 | 37,0 | 32,3 | ABC | |
| Perola | 32,2 | 36,4 | 20,2 | 27,6 | 26,3 | 32,4 | 35,0 | 45,2 | 30,3 | 32,1 | ABC | |
| Diplomata | 28,2 | 30,3 | 23,3 | 23,2 | 25,3 | 38,1 | 31,5 | 53,1 | 40,3 | 33,0 | ABC | |
| Una | 32,2 | 30,0 | 33,1 | 30,5 | 29,1 | 34,3 | 26,3 | 42,1 | 30,1 | 32,4 | ABC | |
| Média Local | 33,1bc | 31,4bcde | 25,0f | 26,4ef | 27,4def | 32,0bcd | 30,3cde | 48,2a | 36,1b | | | |

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna ou linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 2. Teores médios de fósforo (mg/100g) dos genótipos de feijoeiro cultivados nas três épocas de plantio.

| Genótipos | Águas/2007 | | | Seca/2008 | | | Inverno/2008 | | | | Média |
|-------------|------------|---------|---------|-----------|---------|--------|--------------|--------|---------|-------|-----------------|
| | CB | MO | MAS | MO | MAS | TA | AND | RP | VT | | |
| Gen C2-1-1 | 428,8 | 417,8 | 447,7 | 493,5 | 339,6 | 437,3 | 375,7 | 422,9 | 410,1 | 419,3 | AB ¹ |
| Gen C2-1-6 | 384,7 | 453,5 | 415,0 | 534,8 | 428,1 | 412,0 | 425,5 | 338,6 | 461,3 | 428,2 | AB |
| CNFC10408 | 277,1 | 342,7 | 459,9 | 398,3 | 350,7 | 352,5 | 380,8 | 371,0 | 366,5 | 366,6 | B |
| CNFC10429 | 474,5 | 429,5 | 494,1 | 470,6 | 447,1 | 361,1 | 356,4 | 352,4 | 341,6 | 414,1 | AB |
| CNFC10431 | 379,7 | 435,5 | 435,3 | 521,2 | 367,6 | 367,9 | 539,4 | 378,7 | 441,8 | 429,7 | AB |
| TG9-84-1 | 407,7 | 368,8 | 403,1 | 464,2 | 468,0 | 393,8 | 465,6 | 428,1 | 423,3 | 424,7 | AB |
| LP04-72 | 359,2 | 388,2 | 419,3 | 501,0 | 419,6 | 375,3 | 397,2 | 407,3 | 375,6 | 404,7 | AB |
| LP04-92 | 277,4 | 478,1 | 473,9 | 555,8 | 408,0 | 430,3 | 473,9 | 348,0 | 458,0 | 433,7 | AB |
| Z-22 | 441,3 | 383,5 | 444,4 | 467,6 | 383,3 | 262,3 | 418,4 | 410,3 | 415,4 | 402,9 | AB |
| Alvorada | 391,7 | 480,5 | 491,4 | 382,1 | 427,8 | 419,8 | 403,9 | 380,8 | 434,3 | 423,6 | AB |
| Perola | 432,3 | 340,4 | 451,3 | 507,8 | 434,4 | 348,2 | 471,0 | 376,0 | 478,3 | 426,6 | AB |
| Diplomata | 437,9 | 478,1 | 519,7 | 561,9 | 485,8 | 433,8 | 467,1 | 365,7 | 419,1 | 463,2 | A |
| Una | 360,5 | 416,1 | 446,5 | 424,3 | 378,6 | 392,9 | 390,8 | 369,6 | 393,4 | 397,0 | AB |
| Média Local | 388,7c | 416,4bc | 454,0ab | 483,3a | 410,6bc | 383,6c | 428,1bc | 380,7c | 416,8bc | | |

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna ou linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

| Local | TC médio (min.) | P médio (mg/100g) |
|---------|-----------------|-------------------|
| MAS A07 | 25,0 | 454,0 |
| MO S08 | 26,4 | 483,3 |
| MAS S08 | 27,3 | 410,6 |
| AND I08 | 30,3 | 428,1 |
| MO A07 | 31,4 | 416,4 |
| TA S08 | 32,0 | 383,6 |
| CB A07 | 33,1 | 388,7 |
| VT I08 | 36,1 | 416,8 |
| RP I08 | 48,2 | 380,7 |

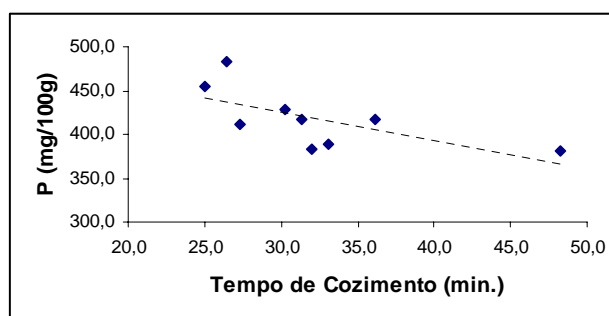


FIGURA 1. Regressão linear entre os valores médios de TC e de P dos grãos nos locais de cultivo (correlação = - 0,66).

Para a realização da análise de FT nos grãos, dos 13 genótipos foram selecionados 8 deles, considerando os teores de P e TCs médios de todos os locais de cultivo. A linhagem com o maior TC/menor teor de P e a com menor TC/maior concentração de P foram selecionadas, junto com outras com valores de TC e P situados entre os

valores dessas duas linhagens. Pela tabela 3, nota-se que não houve diferença significativa entre os genótipos para essa variável, embora, a fração de P nos grãos na forma de FT variou de 34,1% (4,97 mg/g -Z22 em RP-I08) a 82% (11,45 mg/g -Una em VT-I08). Os mesmos locais que proporcionaram aos grãos baixas concentrações de P (CB-A07; TA-S08 e RP-I08), do mesmo modo, proporcionaram os mais baixos teores de FT aos grãos (respectivamente, 7,42; 7,77 e 6,34 mg/g de feijão). É possível observar na figura 2 que o conteúdo médio por local de AF dos feijoeiros, assim como o P, obteve uma correlação negativa (-0,68) ao TC, demonstrando que quanto maior o TC, menor o teor de FT encontrado nos grãos.

Tabela 3. Valores médios dos teores de fitatos, em mg ácido fítico/g feijão, dos grãos cultivados nas épocas das águas/2007, seca/2008 e inverno/2008.

| Genótipos | Águas/2007 | | | Seca/2008 | | | Inverno/2008 | | | Média | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| | CB | MO | MAS | MO | MAS | TA | AND | RP | VT | | |
| Gen C2-1-6 | 8.82 | 8.70 | 11.28 | 12.25 | 8.71 | 9.27 | 9.46 | 5.90 | 7.68 | 9.12 | A |
| CNFC1040E | 7.11 | 9.69 | 8.17 | 8.15 | 8.37 | 7.38 | 9.71 | 5.09 | 9.65 | 8.15 | A |
| TG9-84-1 | 8.07 | 11.23 | 8.04 | 10.36 | 8.01 | 6.74 | 10.38 | 4.63 | 8.53 | 8.44 | A |
| LP04-72 | 6.57 | 9.02 | 8.77 | 8.48 | 10.29 | 7.51 | 12.24 | 7.04 | 10.68 | 8.96 | A |
| LP04-92 | 7.34 | 11.57 | 8.60 | 12.03 | 8.68 | 7.83 | 7.64 | 7.70 | 10.29 | 9.08 | A |
| Z-22 | 7.63 | 9.71 | 9.41 | 9.36 | 8.53 | 6.77 | 9.26 | 4.97 | 10.89 | 8.50 | A |
| Alvorada | 7.74 | 10.67 | 9.47 | 9.03 | 9.37 | 8.83 | 8.84 | 7.60 | 10.29 | 9.09 | A |
| Una | 6.11 | 10.00 | 10.74 | 10.10 | 7.69 | 7.83 | 6.71 | 7.81 | 11.45 | 8.72 | A |
| Média Loca | 7.42bc | 10.07a | 9.31ab | 10.23a | 8.71ab | 7.77bc | 9.28ab | 6.34c | 9.93a | | |

| Local | TC médio | AF médio |
|----------------|----------|----------|
| | (min.) | (mg/g) |
| MAS A07 | 26,0 | 9,31 |
| MAS S08 | 27,1 | 8,71 |
| MO S08 | 27,3 | 10,23 |
| AND I08 | 29,2 | 9,28 |
| MO A07 | 31,3 | 10,07 |
| TA S08 | 32,1 | 7,77 |
| CB A07 | 35,2 | 7,42 |
| VT I08 | 36,3 | 9,93 |
| RP I08 | 47,3 | 6,34 |

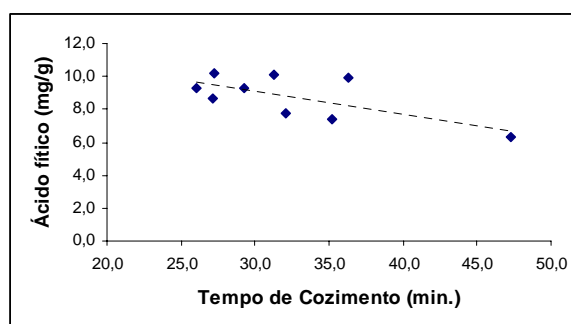


FIGURA 2. Regressão linear entre os valores médios de TC e de AF dos grãos nos locais de cultivo (correlação = - 0,68).

Em leguminosas, o ácido fítico está distribuído de maneira uniforme no cotilédone e associado a estruturas protéicas (SOTELO et al., 2002). Assim, foram determinados os teores de PROT nos 8 genótipos selecionados (Tabela 4). Embora, a literatura relate que há uma interdependência entre os conteúdos de FT e PROT, neste trabalho a correlação entre as duas variáveis foi muito baixa, igual a -0,06. Observa-se pela tabela 4 que não houve diferença significativa entre as linhagens e o local de AND-I08 proporcionou às sementes maiores conteúdos de PROT, enquanto MAS-A07, os menores teores.

Tabela 4. Valores médios de proteína bruta (%) dos grãos cultivados nas épocas das águas/2007, seca/2008 e inverno/2008.

| Genótipos | Águas/2007 | | | Seca/2008 | | | Inverno/2008 | | | |
|--------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | CB | MO | MAS | MO | MAS | TA | AND | RP | VT | Média |
| Gen C2-1-6 | 23.62 | 23.43 | 19.40 | 18.50 | 16.81 | 19.36 | 21.74 | 23.02 | 19.68 | 20.61 A |
| CNFC10408 | 22.21 | 23.60 | 19.29 | 21.20 | 21.66 | 19.73 | 24.13 | 16.30 | 17.05 | 20.57 A |
| TG9-84-1 | 26.10 | 24.73 | 21.45 | 20.84 | 20.98 | 23.85 | 28.87 | 24.40 | 20.00 | 23.47 A |
| LP04-72 | 21.98 | 17.22 | 20.30 | 18.46 | 25.73 | 24.14 | 21.45 | 21.97 | 23.18 | 21.60 A |
| LP04-92 | 22.88 | 22.49 | 24.72 | 20.05 | 18.57 | 20.45 | 19.49 | 20.36 | 20.21 | 21.02 A |
| Z-22 | 17.86 | 24.40 | 15.30 | 17.74 | 18.39 | 19.10 | 25.97 | 26.17 | 23.49 | 20.94 A |
| Alvorada | 23.19 | 24.12 | 19.36 | 23.30 | 21.47 | 23.84 | 25.60 | 21.77 | 23.72 | 22.93 A |
| Una | 22.56 | 23.85 | 16.90 | 21.92 | 21.51 | 27.33 | 24.97 | 20.81 | 19.07 | 22.10 A |
| Média Local | 22.55ab | 22.98ab | 19.59b | 20.25ab | 20.64ab | 22.22ab | 24.02a | 21.85ab | 20.80ab | |

Conclusão

Com as avaliações realizadas nesse estudo, confirmaram-se as correlações entre o TC dos feijoeiros e os índices de fósforo fítico e fósforo total em seus grãos, com a indicação de que quanto maior for o teor de P e de FT de uma determinada linhagem, menor será o TC de seus grãos. Em relação a essas variáveis, verificou-se também que há diferenças estatísticas entre alguns genótipos (CNFC 10408 e Gen2-1-6), como também entre os ambientes de cultivo sobre as variáveis em estudo (fósforo orgânico e total, proteína bruta e tempo de cozimento).

Referências Bibliográficas

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análises químicas de plantas. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo*, Campinas, nº 78, p.11-13, 1983.
- 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).
- CÚNEO, F.; AMAYA-FARFAN, J.; CARRARO, F. Distribuição dos fitatos em farelo de arroz estabilizado e tratado com fitase exógena. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, nº 1, p. 94-98, 2000.
- CRUZ, C. D. *Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística*. Universidade Federal de Viçosa, 1997, 442p.
- PROCTOR, J.R.; WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.
- RABOY, V.; NOAMAN, M.M.; TAYLOR, G.A.; PICKETT, S.G. Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. *Crop Sci.* 31:631-635, 1991.
- RIBEIRO, D.N.; RODRIGUES, A.J.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSH, L.N.; TRENTIN, M.; ROSA, S.S. Efeitos de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.1, p.157-163, 2007.
- ROSSET, M. *Distribuição de ácido fítico e minerais durante o processamento de extrato hidrossolúvel de soja e Tofu*. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.
- SOTELO, A.; MENDOZA, J.; ARGOTE, R.M. Contenido de ácido fítico em algunos alimentos crudos y procesados. Validación de un método colorimétrico. *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 46, n. 4, p. 301-306, 2002.