

Artigo

Avaliação do Efeito do Processamento nos Teores de Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante do Feijão Mangalô (*Lablab Purpureus* (L.) Sweet) e Feijão Guandu (*Cajanus Cajan* (L.) MII Sp)**Benevides, C. M. J. ;* Lima, J. C. C.; Cavalcanti, M. S. C.; Souza, T. E.; Lopes, M. V.**

Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (2), 827-837. Data de publicação na Web: 12 de fevereiro de 2017

<http://rvq.sbg.org.br>**Processing Effect Assessment in Contents Phenolic Total and Antioxidant Capacity of the Bean Mangalô (*Lablab Purpureus* (L.) Sweet) and Bean Guandu (*Cajanus Cajan* (L.) MII Sp)**

Abstract: Antioxidant actions are attributed to bioactive compounds, such as total phenolics and tannins present in grains. However, the use of high temperatures and germination before of the consumption can alter these characteristics. The objective of this paper was to evaluate the effect of processing (TT-heat treatment and germination) on total phenolics (FT), tannins and antioxidant activity (AA) of mangalô bean and guandu bean. Two TT (100 °C/10' and 100 °C/30') and germination of the grains were carried out for 3 days. The FT contents were determined by the Folin-Denis method and AA by the DPPH radical capture method in the "in natura" grains and submitted to the processing. For the guandu and mangalô "in natura", the levels (mg/100g) found were: FT-197.01 and 57.73 and Tannins-267.8 and 57.73, respectively; After TT (100°C/10'): Guandu FT-141.64 and Tannins-168.4; Mangalô: FT-29.16 and Tannins-32.25; TT (100°C/30'): Guandu FT-124.31 and Tannins-169.3; Mangalô: FT-40.29 and Tannins-46.23. The germinated grains presented (mg/100g) 519.53 FT and 476.47 Tannins (Guandu) and 326.75 FT and 303.26 Tannins (Mangalô). The antioxidant activity (IC 50) for guandu and mangalô before and after germination was respectively: guandu (10.28; 20.47) and mangalô (82.64; 87.56). Concluded that there was variation of the contents of FT and tannins after the processing and an inverse correlation between the bioactive compounds and AA after the thermal treatments in the studied grains.


Keywords: Antioxidant; Phenolic total; *Lablab Purpureus*; *Cajanus Cajan*; Processing.

Resumo

São atribuídas ações antioxidantes a compostos bioativos, como fenólicos totais e taninos presentes em grãos. No entanto, o uso de altas temperaturas e a germinação antes do seu consumo podem alterar essas características. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do processamento (tratamento térmico-TT e germinação) nos teores de fenólicos totais (FT), taninos e atividade antioxidante (AA) do feijão mangalô e feijão guandu. Foram realizados dois TT (100°C/10' e 100°C/30') e a germinação dos grãos durante 3 dias. Foram determinados os teores de FT pelo método de Folin-Denis e AA pelo método de captura de radicais do DPPH nos grãos *in natura* e submetidos aos processamentos. Para o guandu e mangalô *in natura*, os teores (mg/100g) encontrados foram: FT-197,01 e 57,73 e Taninos-267,8 e 57,73, respectivamente; após TT (100°C/10'): Guandu FT-141,64 e Taninos-168,4; Mangalô: FT-29,16 e Taninos-32,25; TT (100°C/30'): Guandu FT-124,31 e Taninos-169,3; Mangalô: FT-40,29 e Taninos-46,23. Os grãos germinados apresentaram (mg/100g) 519,53 de FT e 476,47 de taninos (Guandu) e 326,75 de FT e 303,26 Taninos (Mangalô). A atividade antioxidante (IC50) para o guandu e mangalô antes e após a germinação foi de, respectivamente: guandu (10,28; 20,47) e mangalô (82,64; 87,56). Concluiu-se que houve variação dos teores de FT e taninos após os processamentos e uma correlação inversa entre os compostos bioativos e AA após os tratamentos térmicos nos grãos estudados.

Palavras-chave: Antioxidante; Fenólicos totais; *Lablab Purpureus*; *Cajanus Cajan*; Processamento.

* Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências da Vida, Rua Silveira Martins, 2555, Cabula, CEP 41150-000, Salvador-BA, Brasil.

 cbenevides@uneb.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20170051](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170051)

Avaliação do Efeito do Processamento nos Teores de Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante do Feijão Mangalô (*Lablab Purpureus* (L.) Sweet) e Feijão Guandu (*Cajanus Cajan* (L.) MII Sp)

Clicia M. J. Benevides,* Joice C. C. de Lima, Monalisa S. C. Cavalcanti, Tais E. Souza, Mariangela V. Lopes

Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências da Vida, Rua Silveira Martins, 2555, Cabula, CEP 41150-000, Salvador-BA, Brasil.

* cbenevides@uneb.br

Recebido em 13 de dezembro de 2016. Aceito para publicação em 07 de fevereiro de 2017

1. Introdução

2. Material e Métodos

2.1. Obtenção dos extratos: Hidroetanólico (EHet), Hidrometanólico (EHMe) e aquoso (EAq)

2.2. Determinação dos teores de fenólicos totais (FT)

2.3. Determinação da Atividade Antioxidante

3. Resultados e Discussão

4. Conclusões

1. Introdução

As leguminosas constituem, na dieta humana, importantes fontes de glicídeos, fibra dietética, minerais e proteínas consumidos no mundo inteiro e, principalmente, nos grupos de baixa renda, substituindo em muitos casos a proteína animal de alto custo. Portanto, sugere-se a necessidade de mais estudos sobre a qualidade nutricional e compostos bioativos presentes em feijões. Das inúmeras espécies de leguminosas conhecidas, poucas têm sido amplamente produzidas e consumidas e, desse modo, pouco divulgadas.^{1,2}

O *Lablab purpureus* é uma leguminosa

não oleaginosa de valor nutritivo reconhecido e que contém uma quantidade média de proteínas de 18-25%. Acredita-se que tenha sua origem no sudeste da Ásia, sendo introduzido na África desde o século VIII. Atualmente, é amplamente cultivado em várias regiões tropicais e subtropicais onde foi se adequando muito bem nesses ambientes, uma vez que é adaptável a uma vasta gama de índice pluviométrico (200 e 2500 mm), temperatura e altitude.^{3,4}

Essa leguminosa, normalmente, é consumida no estágio de maturação “verde” (vagem jovem) cozida. Além disso, as sementes são usadas como matéria-prima para o “tempeh”, um alimento indonésio tradicional fermentado, que comumente é

elaborado a partir de soja.

O feijão andu ou guandu ou guandeiro (*Cajanus cajan* (L.) é leguminosa arbustiva anual ou semiperene, pertence à família Fabaceae, sendo uma cultura importante para diversos países tropicais e subtropicais, principalmente os países asiáticos e africanos.⁵ Foi introduzida no Brasil, provavelmente, pela rota dos escravos nos navios negreiros procedentes da África, tornando-se largamente distribuída e semi naturalizada na região tropical. É frequentemente cultivada para produção de grãos servindo, assim, como base na alimentação humana ou animal. Seu teor de proteínas totais varia entre 19 a 24% dependendo da época, do local de plantio e de cultivares.^{5,6}

Antes do seu consumo, as leguminosas passam por processamentos como a maceração, cozimento e germinação para melhorar a qualidade nutricional e palatabilidade. Os efeitos variam dependendo da cultivar e do tratamento aplicado. Esses processamentos podem alterar a concentração do valor nutritivo, dos compostos bioativos e antinutricionais, como os compostos fenólicos totais.⁷⁻⁹ Desse modo, esses alimentos vêm assumindo grande relevância e atraindo a atenção das indústrias alimentícias, profissionais de saúde e consumidores, dentre outros, pois suas propriedades apresentam um grande impacto na sua utilização e são importantes no desenvolvimento de ingredientes funcionais para uso em produtos de panificação.

Devido a necessidade de conscientizar a sociedade sobre a potencial importância do papel das leguminosas na promoção da saúde, nutrição, segurança alimentar e sustentabilidade, a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da 68ª Assembleia Geral boletim nº231, declarou 2016 como o Ano Internacional das Leguminosas.¹⁰

Em plantas, os compostos fenólicos enquadram-se em diversas categorias, como fenóis simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, estilbenos, taninos condensados

e hidrolisáveis, lignanas e ligninas¹¹⁻¹³ e apresentam atividade antioxidante, devido principalmente às suas propriedades redutoras e estrutura química. A avaliação de métodos de extração dessas substâncias para determinar a atividade antioxidante é muito importante para estudos na determinação das propriedades biológicas dos alimentos.^{14,15}

Segundo Melo *et al.*,¹⁶ a ação antioxidante de um alimento é fortemente influenciada pela cocção, pois este processo pode aumentar ou reduzir a ação antioxidante do mesmo. A redução observada nestes parâmetros bioquímicos deve-se a destruição de compostos bioativos ou sua conversão em substâncias com atividade pró-oxidante, após o cozimento.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do processamento (tratamento térmico - TT e germinação) nos teores dos fenólicos totais e capacidade antioxidante presentes nas leguminosas mangalô e guandu.

2. Material e Métodos

Os grãos verdes *in natura* e sementes das leguminosas guandu e mangalô foram adquiridos no sítio de agricultura familiar localizado no município de Sapeaçu, Bahia, Brasil, e em seguida transportados em embalagem térmica para o laboratório de Análises Químicas do Departamento de Ciências da Vida da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) para serem submetidos aos processamentos (TT e germinação) e realização das análises quanto ao teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante.

Inicialmente, as amostras foram selecionadas, lavadas e sanitizadas (solução de hipoclorito de sódio 200ppm/15 min) e submetidas a dois tratamentos térmicos (100°C/10' e 100°C/30') e ao processo de germinação. A germinação foi realizada com a sementes das leguminosas seguindo a metodologia Berni e Canniatti-brazaca¹⁷, com adaptações. Desse modo, os grãos

inicialmente foram hidratados (imersão em água 3:1 - água:grãos) por 10 horas. A seguir, a água da hidratação foi descartada e os grãos foram novamente lavados e colocados em pote de vidro coberto com gaze e inclinado em um ângulo de 45° num ambiente sem incidência direta da luz. Durante três dias essa etapa foi repetida por três vezes ao dia. Ao final, apenas os grãos germinados foram submetidos às determinações analíticas.

As amostras *in natura* sem o TT e sem germinação, foram também submetidas às mesmas análises, para servir como controle. Todas as amostras (*in natura* sem o TT e sem germinação, *in natura* com o TT e as sementes germinadas) foram trituradas em moinho de rotor de impacto SR 300 (Retsch), homogeneizadas e quarteadas para depois serem encaminhadas para as análises.

2.1. Obtenção dos extratos: Hidroetanólico (EHet), Hidrometanólico (EHMe) e aquoso (EAq)

Sabe-se que existem vários solventes de extração de compostos bioativos em amostras de alimentos, pois dependendo da natureza química do composto ele poderá ter maior ou menor afinidade com o solvente de extração. Desse modo, foram realizados testes preliminares com três diferentes solventes (álcool etílico e água, álcool metílico e água, e água pura) para verificar qual seria o método mais adequado para a extração dos fenólicos totais nas leguminosas, guandu e mangalô.

Os extratos para cada experimento foram obtidos a partir da trituração de 1g dos grãos *in natura* e adicionados de 20 mL dos diferentes solventes: (1) solução hidroetanólica - 8mL de álcool etílico e 12 mL de água, (2) solução hidrometanólica - 8mL de álcool metílico e 12 mL de água e (3) 20 mL de água pura, seguindo a metodologia proposta por Rufino *et al.*,¹⁸ com adaptações.

Após a adição do solvente de extração, as amostras foram aquecidas (70°C/7min) na chapa elétrica, seguido da centrifugação (3.000rpm/15min). O sobrenadante foi filtrado em papel filtro qualitativo e encaminhado para as análises.

2.2. Determinação dos teores de fenólicos totais (FT)

O teor de FT foi determinado pelo método de Folin-Denis, o qual envolve a redução do reagente por compostos fenólicos da amostra com a formação de um complexo azul, no qual a sua intensidade aumenta linearmente a 760 nm¹⁹ utilizando os diferentes extratos (Extrato hidroetanólico-EHET, Extrato hidrometanólico-EHMe e Extrato aquoso-EAq).

2.3. Determinação da Atividade Antioxidante (AA)

A determinação da atividade antioxidante dos extratos (EHET, EHMe e EAq) das leguminosas (guandu e mangalô), foi realizada pelo método de captura de radicais DPPH• (2,2 difenil-1-picril-hidrazil). Este método tem por base a redução do radical DPPH•, que ao fixar um H• (removido do antioxidante em estudo), leva a um decréscimo da absorbância.²⁰ As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm, após 40 minutos do início da reação. Os resultados foram apresentados pelos valores de IC50 expresso em mg/mL DPPH, isto é, a quantidade de antioxidante necessária para reduzir a concentração inicial de DPPH em 50%.¹⁸ As amostras foram analisadas em triplicatas e os dados submetidos à ANOVA e Teste de Tukey (p<0,05), para comparação entre as médias, utilizando-se o programa estatístico SAS - Statistical Analysis System.²¹

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os teores de FT (mg/100g) e taninos (mg/100g) em guandu e mangalô *in natura* extraídos com diferentes solventes.

De acordo a Tabela 1 a extração hidroetanólica obteve resultados mais significativos para os teores de FT e taninos nas leguminosas em estudo. Sendo assim, as análises do estudo do efeito do processamento (TT e germinação) foram realizadas utilizando esse método de extração. Para Moure *et al.*,²¹ há grande variação na composição do extrato em

função do sistema solvente utilizado. Outros estudos demonstraram comportamento similar na extração desses compostos. Chaicouski *et al.*²² determinaram a quantidade de FT em erva-mate (*Llex paraguariensis*) e encontraram teores de FT de 3,2 e 1,47 g/Kg para os extratos hidroalcolóico e aquoso, respectivamente. Segundo os mesmos, na extração hidroalcolóica é possível extrair tanto compostos mais polares quanto os menos polares, significando vantagem na extração. Souza *et al.*²³ obtiveram teores de FT para o resíduo da polpa de acerola, de 247,62 mg/100g para o extrato aquoso e 279,99 mg/100g para o extrato hidroalcolóico.

Tabela 1. Teores de fenólicos totais (mg/100g) e taninos (mg/100g) em guandu e mangalô *in natura* extraídos com diferentes solventes

Extratos	Fenólicos Totais (mg/100g)	Taninos (mg/100g)
Guandu		
Hidroetanólico (EHet)	197,01 ^a ±3,90	267,80 ^a ±8,60
Hidrometanólico (EHMe)	166,04 ^a ±3,56	170,02 ^b ±4,68
Aquoso (EAq)	104,28 ^a ±2,66	89,01 ^c ±3,48
Mangalô		
Hidroetanólico (EHet)	180,00 ^a ±0,00	278,00 ^a ±0,00
Hidrometanólico (EHMe)	102,26 ^b ±1,36	92,10 ^b ±1,80
Aquoso (EAq)	101,99 ^b ±1,56	83,76 ^b ±2,11

Obs: Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$)

Spagolla *et al.*²⁴ estudaram a extração alcoólica de FT e flavonoides totais de mirtilo (*Vaccinium ashei*) e sua atividade antioxidante. Os autores observaram uma grande variação dos teores de FT e flavonoides totais de acordo com a proporção álcool:água utilizada para a extração e entre os tratamentos (amostras frescas ou secas). O aumento nos teores de FT ou de flavonoides tiveram uma correlação positiva com a capacidade antioxidante total de seus extratos alcoólicos contra a reação do molibdato em meio ácido. Outro aspecto importante envolvendo a técnica de extração dos compostos é que na medida da capacidade antioxidante, a transferência de elétrons e de átomos de hidrogênio pode ser afetada pelo tipo de solvente e polaridade,

além da presença de compostos não antioxidantes nas soluções testadas.²⁵

Antolovich *et al.*²⁶ citam que não é uma tarefa fácil encontrar um método único que seja adequado para a análise de um grupo diverso de fenólicos, devido à diversidade das estruturas químicas e variação de sensibilidade dos compostos às condições de extração. Os teores de FT presentes em leguminosas representam uma grande variedade de compostos, incluindo os taninos, sendo que estes podem agir como um fator antinutricional e agente antioxidante, dependendo, principalmente, da concentração desses compostos na amostra^{9,25}. Pérez-Jiménez e Saura-Calixto²⁵ descreveram que as diferenças observadas na atividade antioxidante podem ser maiores

se a amostra analisada for um alimento, visto que representa uma matriz complexa de diferentes componentes, que podem estabelecer, entre si e com os solventes, inúmeras e diferentes interações com diferentes solventes extratores utilizados.

Os teores dos FT (mg/100g) e taninos em mangalô e guandu (mg/100g) *in natura* e após o tratamento térmico (TT) e germinação, estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2. Teores de fenólicos totais (mg/100g) e taninos (mg/100g) em mangalô e guandu *in natura* e após tratamento térmico

Experimentos	Fenólicos Totais (mg/100g)	Taninos (mg/100g)
Guandu		
<i>In natura</i>	197,01 ^a ±13,90	267,8 ^a ±18,60
3 (100°/10')	141,64 ^b ±19,80	168,4 ^b ±26,00
4 (100°/30')	124,31 ^c ±20,73	169,3 ^b ±27,90
Mangalô		
<i>In natura</i>	57,73 ^a ±5,24	67,60 ^a ±6,51
3 (100°/10')	29,16 ^b ±2,80	32,25 ^b ±3,45
4 (100°/30')	40,29 ^c ±12,30	46,23 ^c ±15,30

Obs: Letras iguais na mesma coluna para os diferentes feijões indicam que não há diferença significativa (p<0,05)

A concentração de taninos e FT nas plantas pode variar de acordo com a cultivar, condições climáticas e geográficas, maturação, dentre outros, e podem apresentar uma composição química variada, sendo muitas vezes, pouco conhecida. O conteúdo dessas substâncias em feijões depende, em grande parte, da presença do tegumento, sua coloração e espécie do feijão.²⁷

Na Tabela 2, comparando-se os valores nos três experimentos observa-se que, de uma maneira geral, houve um decréscimo significativo (p<0,05) nos teores (mg/100g) de FT e taninos para o feijão guandu, à medida que aumenta o tempo de cozimento. De acordo Barampama e Simard²⁸, após a cocção, a maior concentração de taninos está na água de cozimento e menores teores na casca e cotilédones, o que poderia estar associado à formação de complexos moleculares insolúveis entre taninos condensados e compostos afins (proteínas,

oligossacarídeos e lipídios) que se depositam nesta água durante a cocção.

Rao e Deosthale²⁹ estimaram o conteúdo de taninos em leguminosas submetidas a germinação, descorticação e cozimento. Estes autores encontraram liberação de taninos do grão para a água de cozimento durante o processo de cozimento. Delfino e Canniatti-Brazaca³⁰ avaliaram o efeito do processamento e armazenamento nos teores de taninos no feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e observaram um decréscimo de 34,51% após o cozimento. O processamento térmico de leguminosas leva a perda da integridade da estrutura celular, com migração de componentes por lixiviação ocasionando a redução dos constituintes fitoquímicos.^{31,32}

Para o feijão mangalô, os teores (mg/100g) de FT e taninos reduziram significativamente (p<0,05) após o tratamento térmico (100°/10'). Entretanto, ocorreu um aumento significativo (p<0,05) nos teores desses compostos após 100°/30'.

Tabela 3. Teores de fenólicos totais (mg/100g) e taninos (mg/100g) em guandu e mangalô *in natura* e após germinação

Experimentos	Fenólicos Totais (mg/100g)	Taninos (mg/100g)
Guandu		
<i>In natura</i>	197,01 ^a ±13,90	267,8 ^a ±18,60
Germinação	519,53 ^b ±6,00	476,47 ^b ±5,30
Mangalô		
<i>In natura</i>	57,73 ^d ±5,24	67,60 ^d ±6,51
Germinação	326,75 ^e ±5,20	303,26 ^e ±4,60

Obs: Letras iguais na mesma coluna para os diferentes feijões indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$)

A germinação é um tratamento simples e econômico que resulta em um produto natural, permite remover ou inativar alguns fatores antinutricionais, aumentar a digestibilidade de proteínas e amidos e melhorar as propriedades dessas plantas como alimento funcional.^{8,33,34}

Na Tabela 3 observa-se que há diferença nos teores (mg/g) de FT e taninos entre as leguminosas *in natura* e após a germinação, sendo que os teores (mg/g) desses compostos aumentaram significativamente ($p < 0,05$) após a germinação dos dois feijões. Algumas pesquisas têm corroborado com estes resultados, enquanto que outras contrapõem. Osman² observou que os teores de taninos aumentaram após a imersão, germinação e cozimento por 30 minutos, quando comparados ao feijão cru, sem passar por esses processamentos. Aguilera *et al.*⁸ citam que os teores de FT no feijão *Lablab* foi de 0,72 mg de ácido gálico/g em grãos crus e de 1,70 mg de ácido gálico/g após a germinação. Kumari *et al.*³⁴ estudaram o impacto da imersão e durações da germinação sobre antioxidantes e anti-nutrientes nas variedades de soja (*Glycine max.* L) preta e amarela, mostrando que com o aumento do tempo de germinação o conteúdo de FT variou de 8,98 para 9,53 mg/g em 2 e 3 dias, respectivamente, na variedade de soja preta, a qual apresentou maiores aumentos no teor desses compostos em comparação com a outra variedade. Nos grãos crus, o conteúdo de FT foi de 8,12 mg/g. Yang *et al.*³⁵ estudaram as sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e registraram um

aumento nos teores de taninos com a germinação durante 3 dias.

Por outro lado, Ahmed Fouad e Ali Rehab³⁶ avaliaram o efeito do tempo de germinação sobre compostos bioativos e atividade antioxidante da lentilha (*Lens culinaris*) e encontraram teores de taninos de 466,10 mg/100g. De acordo os autores, o processo de germinação causou significativa redução gradativa e significativa nos teores de taninos, aumentando com o tempo de germinação. Shimelis e Rakshit³⁷ citam que a redução de taninos de sementes germinadas podem ser devido à lixiviação de taninos na água e ligação de polifenóis com outras substâncias orgânicas tais como glicídeos ou proteínas. Khandelwal *et al.*³⁸ mostraram que durante o período de imersão antes da germinação, a enzima polifenol-oxidase pode ser ativada com degradação e perdas de polifenóis.

Durante a germinação ocorrem diferentes mudanças na distribuição de metabólitos secundários, mobilização de proteínas de reserva armazenadas nos cotilédones e mudanças na composição de aminoácidos solúveis.³⁹ Segundo Díaz *et al.*⁴⁰ as condições de tempo e de germinação, como luz e temperatura, são fatores determinantes no desenvolvimento do aroma, sabor e umidade nas sementes germinadas. Esta, por sua vez, determina mudanças físicas e químicas, tais como a composição de carboidratos solúveis, teores de fitatos e níveis de vitamina C, alterando o valor nutricional e o caráter de alimento funcional das leguminosas.^{33,41}

Na Tabela 4 estão apresentados os dados da atividade antioxidante, expresso em IC50 (mg/mL DPPH) em guandu e mangalô *in natura* e após germinação.

Tabela 4. Atividade antioxidante (IC50) em guandu e mangalô *in natura* e após germinação

Experimentos	Atividade antioxidante (IC50) (mg/mL DPPH)
Andu	
<i>In natura</i>	10,28 ^a ±1,38
Após germinação	20,47 ^b ±0,75
Mangalô	
<i>In natura</i>	82,64 ^a ±3,50
Após germinação	87,56 ^a ± 0,40

Obs: Letras iguais na mesma coluna para os diferentes feijões indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$)

Comparando-se os dados nos dois experimentos da Tabela 4, observou-se que após a germinação a atividade antioxidante do feijão guandu reduziu significativamente ($p < 0,05$), enquanto que no feijão mangalô, essa redução não foi significativa ($p < 0,05$). Quanto maior o valor da concentração para reduzir em 50% o radical DPPH (IC50) maior será a quantidade do radical DPPH necessária para combater os radicais das substâncias antioxidantes em estudo. Ou seja, quanto menor o valor de IC50 maior a capacidade antioxidante do composto. Confrontando-se os dados das Tabelas 3 e 4 observa-se uma correlação inversa entre as concentrações de FT e taninos e a atividade antioxidante, respectivamente, nos feijões guandu e mangalô, isto é, a maior concentração de FT e taninos no feijão guandu (Tabela 3) implica em maior atividade antioxidante (Tabela 4). O contrário ocorreu com o feijão mangalô.

Aguilera *et al.*⁸ mostraram que a atividade antioxidante das leguminosas exibiram aumento após a germinação. Segundo os autores, no geral, as leguminosas germinadas exibiram uma capacidade mais potente para inibir reações promovidas por oxigênio ou peróxidos que as sementes cruas e mostraram uma boa correlação entre a atividade antioxidante e os fenólicos totais.

Na literatura são relatadas algumas justificativas explicando o mecanismo de como a germinação pode levar à produção de compostos bioativos como potentes antioxidantes. Ahmed Fouad e Ali Rehab³⁶ citam que a atividade do radical DPPH, expressa em % de inibição, variou de 40,76 para 62,19% em lentilha (*Lens culinaris*) crua e após 6 dias de germinação, respectivamente. Os autores sugerem que este aumento é devido à síntese de compostos como a vitamina C e tocoferóis, os quais também são responsáveis pela atividade antioxidante.⁴²

Doblado *et al.*⁴³ sugeriram que durante a germinação as enzimas hidrolíticas modificam o endosperma e podem libertar alguns componentes que desempenham um papel importante na atividade antioxidante. Os compostos doadores de elétrons, como os fenólicos, são agentes de redução, reduzindo os intermediários oxidados das reações de peroxidação lipídica e (antioxidantes primários ou secundários).⁴⁴

4. Conclusões

De uma maneira geral, houve uma redução na concentração de FT e taninos para os feijões guandu e mangalô, à medida

que aumentava o tempo de cozimento, exceto para o TT de 100º/30' que houve elevação nos teores desses compostos para o mangalô. Após a germinação houve uma redução da atividade antioxidante no feijão guandu, enquanto que no feijão mangalô essa redução não foi significativa. Houve uma correlação inversa entre os compostos bioativos e atividade antioxidante após os tratamentos térmicos nas leguminosas estudadas

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à UNEB pela concessão de bolsas de iniciação científica aos 2^o, 3^o e 4^o autores.

Referências Bibliográficas

- ¹ Ramírez-Cárdenasi, L.; Leonel, A. J.; Costa N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2008**, *28*, 200. [CrossRef]
- ² Osman, M. A. Effect of different processing methods, on nutrient composition, antinutritional: factors, and in vitro protein digestibility of dolichos *Lablab* bean [*Lablab purpureus* (L) Sweet]. *Pakistan Journal of Nutrition* **2007**, *6*, 299. [CrossRef]
- ³ Subagio, A. Characterization of hyacinth bean (*Lablab purpureus* (L.) sweet) seeds from Indonesia and their protein isolate. *Food Chemistry* **2006**, *95*, 65. [CrossRef]
- ⁴ Murphy, A. M.; Colucci, P. E. A tropical forage solution to poor quality ruminant diets: a review of *Lablab purpureus*. *Livestock Research for Rural Development* **1999**, *11*, 2. [Link]
- ⁵ Mizubuti, I. Y.; Júnior, O. B.; Souza, L. W. O.; Silva, R. S. S. F.; Ida, E. I. Propriedades funcionais da farinha e concentrado proteico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **2000**, *50*, 274. [Link]
- ⁶ Azevedo, R. L.; Carvalho, C. A. L.; Pereira, L. L.; Nascimento, A. S. Abelhas (*Hymenoptera: Apoidea*) visitantes das flores do feijão guandu no Recôncavo Baiano. *Ciência Rural* **2007**, *37*, 1453. [CrossRef]
- ⁷ Toledo, T. C. F.; Canniatti-Brazaca, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2008**, *28*, 355. [CrossRef]
- ⁸ Aguilera, Y.; Díaz, M. F.; Jimenez, T.; Benítez, V.; Herrera, T.; Cuadrado, C.; Martín-Pedrosa, M.; Martín-Cabrejas, M. A. Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *Journal Agricultural Food Chemistry* **2013**, *61*, 8120. [CrossRef]
- ⁹ Egonlety, M.; Aworh, O. C. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering* **2003**, *56*, 249. [CrossRef]
- ¹⁰ NAÇÕES UNIDAS. A/RES/68/231. Resolução aprovada pela Assembleia Geral em 20 de dezembro de 2013. Ano Internacional das Leguminosas, 2016. [Link]
- ¹¹ Martínez-Domínguez, B.; Ibañez, M. B.; Rincón, F. Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Archivos Latinoamericano Nutricion* **2002**, *52*, 219. [Link]
- ¹² Martínez-Valverde, I.; Periago, M. J.; Ros, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericano Nutricion* **2000**, *50*, 5. [Link]
- ¹³ Nacz, M.; Shahidi, F. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A* **2004**, *1054*, 95. [CrossRef] [PubMed]
- ¹⁴ Sousa, C. M. M.; Rocha e Silva, H.; Vieira Jr., G. M.; Ayres, M. C. C.; Costa, C. L. S.;

- Araújo, D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, E. D. S.; Araújo, P. B. M.; Brandão, M. S.; Chaves, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova*, **2007**, *30*, 351. [[CrossRef](#)]
- ¹⁵ Koleva, I. I.; Van Beek, T. A.; Linssen, J. P. H.; Groot, A.; Evstatieva, L. N. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. *Phytochemistry Analytical* **2002**, *13*, 8. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ¹⁶ Melo, E. A.; Maciel, M. I. S.; Lima, V. L. A. G.; Santana, A. P. M. Antioxidant capacity of vegetables submitted to thermal treatment. *Nutrire* **2009**, *34*, 85. [[Link](#)]
- ¹⁷ Berni, P. R. de A.; Canniatti-Brazaca, S. G. Efeito da germinação e da sanitização sobre a composição centesimal, teor de fibras alimentares, fitato, taninos e disponibilidade de minerais em trigo. *Alimentação e Nutrição* **2011**, *22*, 407. [[Link](#)]
- ¹⁸ Rufino, M. do S. M.; Alves, R.E.; Brito, E. S. de; Morais, S.M. de; Sampaio, C. de G.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. *Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico* **2007**, *128*, 4. [[Link](#)]
- ¹⁹ Swain, T.; Hills, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*: the quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **1959**, *19*, 63. [[CrossRef](#)]
- ²⁰ Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Review Article *LWT - Food Science and Technology* **1995**, *28*, 25. [[CrossRef](#)]
- ²¹ Moure, A.; Cruz, J. M.; Franco, D.; Dominguez, J. M.; Sineiro, J.; Dominguez, H.; Parajo, J. C. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry* **2001**, *72*, 145. [[CrossRef](#)]
- ²² Chaicouski, A.; Silva, J. E. da; Trindade, J. L. F. da; Helene, M.; Canteri, G. Determinação da quantidade de compostos fenólicos totais presentes em extratos líquido e seco de erva - mate (*Llex paraguariensis*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindústria* **2014**, *16*, 33. [[Link](#)]
- ²³ Sousa, M.S.B.; Vieira, L.M.; Lima, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. *Brazilian Journal Food Technology* **2011**, *14*, 202. [[CrossRef](#)]
- ²⁴ Spagolla, L. C.; Santos, M. M.; Passos, L. M. L.; Aguiar, C. L. Extração alcoólica de fenólicos e flavonoides totais de mirtilo "Rabbiteye" (*Vaccinium ashei*) e sua atividade antioxidante. *Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences* **2009**, *30*, 187. [[Link](#)]
- ²⁵ Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food Research International*, **2006**, *39*, 791. [[CrossRef](#)]
- ²⁶ Antolovich, M.; Prenzler, P. D.; Patsalides, E.; McDonald, S.; Robards, K. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst* **2002**, *127*, 183. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ²⁷ Deshpande, S. S.; Sathe, S. K.; Salunkhe, D. K.; Carnforth, D. P. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Food Science* **1982**, *47*, 1846. [[CrossRef](#)]
- ²⁸ Barampama, Z.; Simard, R. E. Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *Journal Food Science* **1994**, *59*, 833. [[CrossRef](#)]
- ²⁹ Rao, P. U.; Deosthale, Y. G. Tannin content of pulses: varietal differences and effects of germination and cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **1982**, *33*, 1013. [[CrossRef](#)]
- ³⁰ Delfino, R. A.; Canniatti-Brazaca, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2010**, *30*, 308. [[CrossRef](#)]
- ³¹ Volden, J.; Borge, G. I. A.; Bengtsson, G. B.; Hansen, M.; Thygesen, I. E.; Wicklund, T. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f.

- rubra*). *Food Chemistry* **2008**, *109*, 595. [[CrossRef](#)]
- ³² Volden, J.; Borge, G. I. A.; Hansen, M.; Wicklund, T.; Bengtsson, G. B. Processing (blanching, boiling, steaming) effects on the content of glucosinolates and antioxidant-related parameters in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. *botrytis*). *Food Science Technology* **2009**, *42*, 63. [[CrossRef](#)]
- ³³ Martin-Cabrejas, M. A.; Diaz, M. F.; Aguilera, Y.; Benitez, V.; Molla, E.; Esteban, R.M. Influence of germination on the soluble carbohydrates and dietary fibre fractions in non-conventional legumes. *Food Chemistry* **2008**, *107*, 1045. [[CrossRef](#)]
- ³⁴ Kumari, S.; Krishnan, V.; Sachdev, A. Impact of soaking and germination durations on antioxidants and anti-nutrients of black and yellow soybean (*Glycine max.* L.) varieties. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* **2014**, *24*, 355. [[CrossRef](#)]
- ³⁵ Yang, R.; Wang, P.; F. Elbaloula, M.; Gu, Z. Efeito da germinação no principal metabolismo fisiológico e bioquímico de sementes de sorgo. *Bioscience Journal* **2016**, *32*, 378. [[CrossRef](#)]
- ³⁶ Ahmed Fouad, A.; Ali Rehab, F. M. Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*lens culinaris* medik.) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* **2015**, *14*, 233. [[CrossRef](#)]
- ³⁷ Shimelis, E. A.; Rakshit, S.K. Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry* **2007**, *103*, 161. [[CrossRef](#)]
- ³⁸ Khandelwal, S.; Udipi, S. A.; Ghugre, P. Polyphenols and tannins in Indian pulses: effect of soaking, germination and pressure cooking. *Food Research International* **2010**, *43*, 526. [[CrossRef](#)]
- ³⁹ Urbano, G.; Aranda, P.; Vilchez, A.; Aranda, C.; Cabrera, L.; Porres J. M.; López Jurado, M. Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*, L., *Food Chemistry*, **2005**, *93*, 671. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁰ Díaz, M. F.; Torres, V.; González, A. Noda, A. Biotransformaciones en el germinado de *Vigna unguiculata*. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* **2004**, *38*, 9. [[Link](#)]
- ⁴¹ Khattoon, N.; Prakash, J. Nutrient retention in microwave cooked germinated legumes. *Food Chemistry* **2006**, *97*, 115. [[CrossRef](#)]
- ⁴² Sharma, P.; Gujral, H. S. Antioxidant and polyphenols oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chemistry* **2010**, *120*, 673. [[CrossRef](#)]
- ⁴³ Doblado, R., Frias, J., Vidal-Valverde, C. Changes in vitamin C content and antioxidant capacity of raw and germinated cowpea (*Vigna sinensis* var. *carilla*) seeds induced by high pressure treatment. *Food Chemistry*, **2007**, *101*, 918. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁴ Zhao, H.; Fan, W.; Dong, J.; Lu, J.; Chen, J.; Shan, L. Evaluation of antioxidant activities and total phenolic contents of typical malting barley varieties. *Food Chemistry* **2008**, *107*, 296. [[CrossRef](#)]