

EFEITO DA FERMENTAÇÃO COM O *PENICILLIUM ROQUEFORTI* ATCC 10110 SOBRE OS FENÓLICOS TOTAIS E A CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO BAGAÇO DA MAÇÃ DO CAJU

Antonio Carlos Santos Felix¹
Dhiéssica dos Santos Ribeiro²
Romário Alves Santana³
Baraquizio Braga do Nascimento Junior⁴

Resumo

O bagaço da maçã de caju (*Anacardium occidentale* L.) é um subproduto do processo de extração de suco e uma das maiores fontes de resíduos produzidos pela indústria de sucos de polpas. Esses resíduos foram investigados como fonte de carbono para produção de fenólicos antioxidantes através da fermentação em estado sólido pelo fungo *Penicillium roqueforti* ATCC 10110. A extração dos fenólicos totais foi realizada através de um processo seqüencial, utilizando 60% de água, 30% de etanol e 30% de acetona no bagaço da maçã de caju por 2 h a 34 °C. Os parâmetros de controle do processo fermentativo, tais como temperatura de incubação e o tempo de fermentação, foram otimizados usando um planejamento

1 Mestrando em Química Analítica pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
E-mail: familiafelix10@hotmail.com;

2 Mestranda em Química Analítica pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
E-mail: dhiessicaquimica@gmail.com;

3 Mestrando em Química Analítica pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
E-mail: romario13mv@hotmail.com;

4 Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.
E-mail: bbnjunior@uesb.edu.br

experimental Doehlert. Após o processo fermentativo, o teor máximo de fenólicos totais encontrados foi de 408.81 mgGAE/100g a 32 °C e 93h. As capacidades antioxidantes determinadas pelos métodos DPPH e ABTS encontradas foram de 4.619.57±209.95 g/g DPPH e 22.25±0.82 µM Trolox/g, respectivamente. Os resultados demonstraram que a fermentação em estado sólido com o *P. roqueforti* ATCC 10110 foi capaz de aumentar em 63% o teor de compostos fenólicos totais e as capacidades antioxidantes em 10% pelo método DPPH e em 63% pelo método ABTS⁺ em relação em bagaço não fermentado. Dessa forma, este bagaço deixa de ser um resíduo para tornar-se uma importante biomassa alternativa natural e barata para aplicação em bioprocessos como uma fonte rica de fenólicos antioxidante. Esses fenólicos antioxidantes produzidos podem ser usados parcial ou totalmente para substituir antioxidantes sintéticos de alto custo.

Palavras-chave: Bagaço do caju, Fenólicos totais, Capacidade Antioxidante, Fermentação no estado sólido, *Penicillium roqueforti* ATCC 10110.

Introdução

O cajueiro (*Anacardium Occidentale* L.) é de considerável importância econômica em todo o mundo como fonte de dois produtos principais - a castanha de caju (representando botanicamente a fruta verdadeira) e a maçã do caju (pedúnculo de caju ou pseudofruto). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2018), a produção mundial de maçãs de caju em 2017 totalizou 2.001.301 toneladas; e sua produção está concentrada na região tropical do globo e é difundida no Brasil, Índia, Indochina e algumas regiões africanas.

O caju corresponde a cerca de 90% do peso total do fruto e é composto por carboidratos, fibra alimentar, vitaminas (principalmente vitamina C), minerais e fenóis antioxidantes (FONTELES et al., 2017; ADOU et al., 2012; QUEIROZ et al., 2011). O caju pode ser consumido diretamente ou industrializado como suco. De acordo com os dados oficiais, o Brasil processa cerca de 2 milhões de t de caju por ano, destinado ao agronegócio do suco de polpa de caju, considerado um dos sucos mais populares (FAO, 2018). O suco é obtido pressionando a maçã do caju em uma prensa. O resíduo da produção de suco é o bagaço de caju. O bagaço de maçã é rico em fibras e retém altos níveis de nutrientes e compostos bioativos (AL-DHABI et al. 2017; DE ALBUQUERQUE et al., 2015). Devido a essa composição, este tipo de resíduo pode ser utilizado como matéria-prima em processos biotecnológicos, principalmente aqueles relacionados ao crescimento de microrganismos para produzir metabólitos de valor agregado, minimizando possíveis problemas ambientais e buscando novos usos tecnológicos para fontes naturais baratas. Além disso, nos últimos anos, estudos têm mostrado a presença de compostos bioativos em diferentes tipos de resíduos agroindustriais, com aplicações potencialmente valiosas para a indústria (DULF et al., 2016; MORALES et al., 2016a; MORALES et al., 2016b; SÓJKA et al., 2015; MARTIN et al. 2012). Estes compostos atuam na prevenção e redução de doenças cardíacas, do sistema digestivo, osteoporose, câncer, Alzheimer, catarata e Parkinson (BATAGLION, et al., 2015).

Muitas alterações bioquímicas ocorrem durante a fermentação, levando a uma relação alterada de componentes nutritivos e anti-nutritivos e, conseqüentemente, afetando as propriedades dos produtos, como a bioatividade e a digestibilidade (ZHANG et al., 2012). Recentemente, este bioprocesso foi aplicado na produção e extração de compostos bioativos nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica. Por exemplo, a

fermentação tem sido aplicada para aumentar o conteúdo de compostos fenólicos bioativos em leguminosas, aumentando assim sua atividade antioxidante (LIMÓN et al., 2015; TORINO et al., 2013). Pelas razões discutidas acima, a fermentação de resíduo alimentar pode ser uma ferramenta útil para melhorar as atividades biológicas do resíduo do bagaço da maçã de caju.

Os fungos filamentosos apresentam potencial para a produção de vários compostos bioativos (ALBERTI et al., 2017). O *Penicillium* é muito utilizado nas indústrias de alimentos devido à facilidade de adaptação aos substratos fornecidos. As espécies pertencentes a este gênero foram submetidas a vários estudos básicos, e muitos pesquisadores observaram um grande potencial biotecnológico decorrente dos metabólitos produzidos por esses fungos e que podem ser destinados a diferentes ramos industriais (RIZZELLO et al., 2017). *P. roqueforti* é uma das espécies pouco investigadas; no entanto, tem algumas características favoráveis à fermentação, que incluem bom desenvolvimento em diferentes condições de pH e capacidade de crescer em uma variedade de substratos (MIOSO et al., 2015).

A metodologia de superfície de resposta (MSR) é um conjunto de técnicas matemáticas e estatísticas, que pode ser aplicado para a modelagem de vários processos e análise de parâmetros desse processo em que a resposta de interesse é influenciada por vários fatores e pode ser otimizada (RAJENDRAN et al., 2014; HUSSAIN et al., 2016). A principal vantagem da otimização via MSR é o menor número de experimentos necessários para avaliar os múltiplos parâmetros e suas interações em comparação com os métodos empíricos (KOOLEN et al., 2013; ALTEMIMI et al., 2015; REN et al., 2016).

Em uma publicação recente, nós investigamos o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante em bagaço de caju não fermentado usando delineamento experimental como uma técnica de otimização combinada com metodologia de superfície de resposta (MSR) (FELIX et al., 2018). Os resultados mostraram que o extrato do bagaço da maçã do caju pode ainda ser considerado uma fonte potencial de fenólicos com atividade antioxidante e uma importante biomassa natural alternativa barata para uso em bioprocessos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do bagaço fermentado com *P. roqueforti* ATCC 10110 através da fermentação em estado sólido e comparar a produção dos fenólicos totais antioxidantes em relação ao bagaço não fermentado.

Metodologia

Microorganismo e inoculação

De acordo com Ferreira et al. (2017) e com algumas modificações, as cepas de *P. roqueforti* ATCC 10110 utilizadas neste estudo foram adquiridas da coleção de microrganismos do INCQS/Fiocruz (Manguinhos, Rio de Janeiro, Brasil) sob o número de registro 40074. Para a preparação do inóculo, o fungo esporulou a cultura com 7 dias de incubação em meio PDA a 30 °C e foi suspenso em Tween 80 (0,01% v/v). A contagem do número de esporos foi realizada em uma câmara de Neubauer e microscópio binocular (BIOVAL L1000, São Paulo, Brasil). As concentrações de esporos de inóculo foram 1×10^7 esporos por grama de meio sólido.

Amostras do bagaço da maçã do caju

O bagaço da maçã de caju *in natura* foi gentilmente cedido pela indústria de polpa de fruta Frutisol (Jequié-Bahia-Brasil), localizada na região sudoeste do estado. Os resíduos foram secos em estufa (Solab SL 102, Piracicaba, Brasil) a 50 °C por 72 h e então moídos em um moinho (ACB Labor, São Paulo, Brasil) e armazenados a 30 °C até análise.

Fermentação no estado sólido

O indutor utilizado no processo fermentativo foi apenas o resíduo do bagaço da maçã do caju. Assim, 10 gramas do resíduo foi autoclavado (121°C/1 atm/15 min) em frascos Erlenmeyer de 125 mL. Após o resfriamento, o substrato estéril foi inoculado com 10^7 esporos/g de resíduo e umedecido com água destilada estéril até a determinação do valor de umidade desejado (40%). As fermentações foram incubadas em estufas bacteriológicas e as variáveis independentes, tais como temperatura de incubação (T, °C) e tempo de fermentação (t, h) foram avaliadas de acordo com o delineamento experimental Doehlert (Tabela 1).

Planejamento experimental Doehlert e análise estatística

Um planejamento experimental tipo Doehlert e metodologia de superfície de resposta (MSR) foram utilizados para avaliar a influência da temperatura de incubação (T, °C) e do tempo de fermentação (t, h) no teor de compostos fenólicos produzidos por *P. roqueforti* ATCC 10110 através

da fermentação em estado sólido com o bagaço da maçã do caju. A matriz consistiu de 9 experimentos (Tabela 1), incluindo três repetições no ponto central para estimar o erro experimental, avaliar efeitos quadráticos, lineares e de interação das variáveis e ajustar um modelo matemático obtido. A partir dos valores experimentais obtidos em resposta, um modelo polinomial de segunda ordem foi construído de acordo com a equação 1 para avaliar os efeitos das variáveis independentes sobre a resposta; onde Y é a resposta (teor de compostos fenólicos), β_0 é o termo constante; β_1 , β_2 e β_3 são o coeficiente de termos lineares; β_{11} , β_{22} e β_{33} são o coeficiente de termos quadráticos; β_{12} , β_{13} e β_{23} são o coeficiente de mistura, respectivamente.

$$Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_3C + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}B^2 + \beta_{33}C^2 + \beta_{12}AB + \beta_{13}AC + \beta_{23}BC \quad (1)$$

O nível de significância estatística do modelo gerado foi avaliado pela análise de variância (ANOVA, $p < 0.05$). Os coeficientes de regressão foram avaliados a partir do gráfico de Pareto (baseado em t-Student, $p < 0.05$); e a qualidade do modelo foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2) e pelo coeficiente de determinação ajustado (R^2 -adj). Foi também avaliado a falta de ajuste do modelo. O software Statistica versão 10 (Statsoft Inc.) foi usado para análise dos dados e dos gráficos.

Determinação do teor de fenólicos totais

A extração dos fenólicos totais foi realizada através de um processo seqüencial, utilizando 60% de água, 30% de etanol e 30% de acetona no bagaço da maçã do caju por 2 h a 34 °C, segundo Felix et al (2018). O teor total de fenólicos foi determinado de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu (REBAYA et al., 2015). Resumidamente, os extratos (0.5 mL) foram misturados com 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (4%). A mistura foi agitada e mantida temperatura ambiente durante 2h no escuro. A absorbância da amostra foi medida por espectrofotômetro (UV-340G, Gehaka, São Paulo, Brasil) a 750nm contra um branco. Soluções aquosas de ácido gálico foram usadas para calibração. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de resíduo (mgGAE/100g). Todas as medidas foram realizadas em triplicatas.

Determinação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada usando os métodos DPPH e ABTS. O DPPH foi estimado pelo método de Brand-Williams et al. (1995) com pequenas modificações. A solução de DPPH (0,06 mM) foi diluída com etanol para se obter uma absorvância de 0.70 ± 0.02 unidades a 517 nm. Deixaram-se os extratos da amostra (0.1 mL) reagir com 3.9 mL da solução do radical DPPH durante 30 minutos no escuro e a diminuição da absorvância da solução resultante foi monitorada. A absorvância da mistura reacional foi medida usando um espectrofotômetro (UV-340G, Gehaka, São Paulo, Brasil) a 517 nm. Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Os resultados foram expressos como EC50 (g/g de DPPH), correspondendo à concentração da amostra que reduziu a absorvância inicial do DPPH em 50%. Para o ensaio ABTS, o procedimento seguiu o método de Evans et al. (1999) com pequenas modificações. O cation radical ABTS (ABTS⁺) foi gerado pela reação de 5 mL da solução aquosa de ABTS (7 mM) com 88 L de persulfato de potássio 140 mM (concentração final de 2.45 mM). A mistura foi mantida no escuro por 16 h antes do uso e depois diluída com etanol para obter uma absorvância de 0.70 ± 0.05 unidades a 734 nm utilizando um espectrofotômetro (UV-340G, Gehaka, São Paulo, Brasil). Em seguida, 30 mL do extrato foram adicionados em 3.0 mL de solução ABTS diluída. Após a adição de 30 µl de extrato, a absorvância a 734 nm foi registrada aos 6 min após a mistura. Soluções etanólicas de concentrações conhecidas de Trolox foram utilizadas para calibração e todos os ensaios foram realizados em triplicatas. Os resultados foram expressos como mM Trolox/g.

Resultados e discussão

Efeito da fermentação sobre o teor de fenólicos totais do bagaço da maçã do caju

Os resultados apresentados na Tabela 1 indicam o aumento do teor de compostos fenólicos totais no bagaço de caju após o processo de fermentação sob condições de temperatura de incubação e tempo de fermentação investigados. No entanto, algumas variações nos valores foram observadas quando diferentes níveis das variáveis foram utilizados. Para avaliar matematicamente essas variações, os resultados foram submetidos à análise de regressão para a construção de um modelo polinomial de segunda ordem, conforme a equação 2.

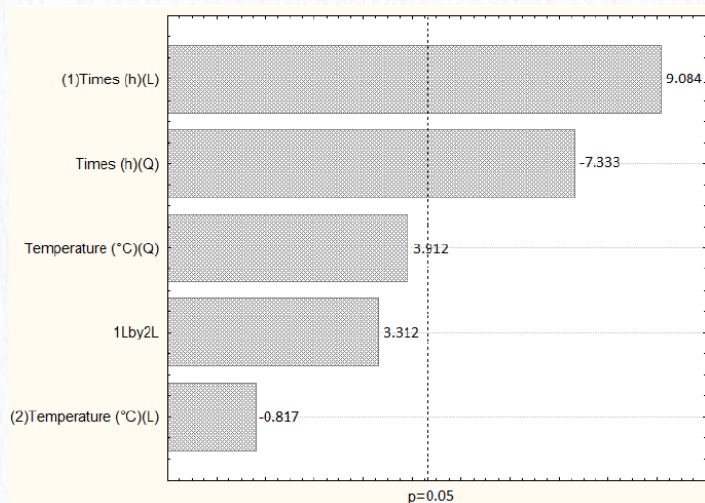
Tabela 1. Matriz Doehlert com os valores codificados e reais (entre parênteses) para as variáveis independentes, tempo de fermentação (t, h) e temperatura de incubação (T, °C), e considerando a variável dependente (resposta) como a quantidade de fenólicos totais (mg GAE/100g).

Experimentos	t	T	Teor de fenólicos totais sem fermentação (mgGAE/100g)	Teor de fenólicos totais com fermentação (mgGAE/100g)
1	+1 (120)	0 (30)	256.06 ± 22.32	382.12 ± 9.5
2	+0.5 (96)	+0.866 (40)	287.92 ± 6.15	393.34 ± 13.5
3	-1 (24)	0 (30)	266.31±7.47	277.23 ± 8.2
4	-0.5 (48)	-0.866 (20)	244.06 ± 12.65	347.05 ± 7.8
5	+0.5 (96)	-0.866 (20)	280.35 ± 3.73	368.06 ± 5.3
6	-0.5 (48)	+0.866 (40)	267.06 ± 22.32	305.20 ± 7.3
7	0 (72)	0 (30)	259.34 ± 4.90	387.08 ± 11.2
8	0 (72)	0 (30)	230.30 ± 22.28	407.32 ± 13.2
9	0 (72)	0 (30)	266.31 ± 14.15	398.16 ± 10.5

$$Y = 84.29 + 3.24 t - 0.29 t^2 + 10.83 T - 0.27 T^2 + 0.069 t \cdot T \quad (2)$$

A significância estatística dos termos quadrático, linear e de interação (linear x linear) da equação 2 foi plotada como um gráfico de Pareto (Figura 1). Neste tipo de gráfico, o valor absoluto da amplitude do efeito padronizado (relação entre o efeito e o erro normal) de cada um dos coeficientes é plotado em ordem decrescente e comparado com uma magnitude de um fator estatisticamente significativo (NOVAES et al., 2018; NOVAES et al., 2017). Assumindo um nível de confiança de 95%, representado pela linha vertical traçada no gráfico, observou-se que apenas os termos t e t² foram significativos. O efeito significativo do termo linear t sugeriu que a variável tempo de fermentação era altamente crítica para a formação de compostos fenólicos. A significância do termo quadrático t² destaca a influência do tempo de fermentação variável na resposta, indicando que pequenas mudanças em seus valores afetariam significativamente o processo. Por outro lado, o termo linear e quadrático para a variável temperatura de incubação (T e T²), assim como o termo de interação (linear x linear) entre as variáveis investigadas (t·T) foram insignificantes em um nível de 95% de confiança. Estes resultados sugerem que o processo de fermentação em estado sólido por *P. roqueforti* ATCC 10110 no bagaço da maçã do caju para a formação de fenólicos totais não foi significativamente afetado pela variação na temperatura de incubação (no domínio experimental investigado), demonstrando que *P. roqueforti* ATCC O 10110 pode desenvolver bem e ser capaz de sintetizar compostos fenólicos em uma ampla faixa de temperatura.

Figura 1. Gráfico de Pareto mostrando a influência das variáveis e suas interações na extração do teor de fenólicos totais do bagaço da maçã do caju na fermentação em estado sólido pelo *P. roqueforti* ATCC 10110.



A ANOVA ($p < 0,05$) para o modelo matemático construído indicou alta significância estatística (Tabela 2), evidenciada pelo teste F para a regressão, obtendo um valor de F correspondente a 45.57 ($p < 0,01$). O valor de R^2 (0.9870) indicou alta correlação entre os valores preditos e os resultados experimentais, e 98,70% da variação da resposta (teor de fenólicos totais) podem ser explicados pelo modelo.

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para o modelo ajustado a partir dos resultados experimentais para os fenólicos totais do resíduo do bagaço da maçã do caju após fermentação no estado sólido através do *P. roqueforti* ATCC 10110.

	SQ	GL	QM	Valor de F	Valor de p
Regressão	15835.0652	5	3167.013	45.576	0.005
Resíduos	208.4678	3	69.489		
Erro total	16043.5330	8			
Falta de Ajuste	3,0246	1	3.025	0.029	0.879
Erro puro	205.4432	2	102.722		

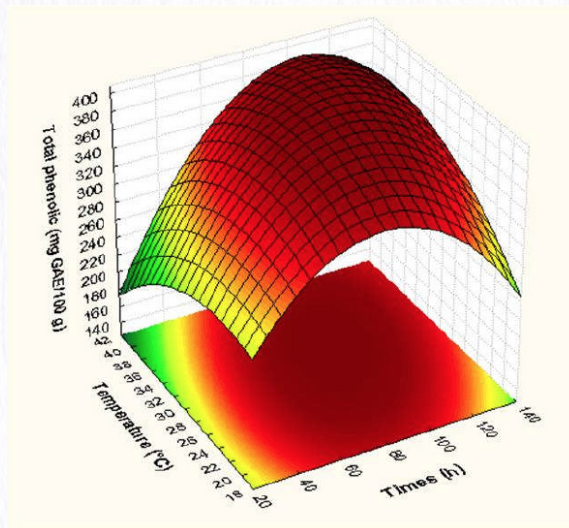
$R^2 = 0.9870$; SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; QM = Quadrado Médio.

O gráfico de superfície de resposta (Figura 2) mostra o efeito das variáveis e suas interações sobre os fenólicos totais do bagaço da maçã do caju após o processo de fermentação. A partir deste gráfico, ficou evidente que a variável tempo de fermentação exerceu maior influência no

teor de compostos fenólicos totais. Além disso, observou-se uma região de teor máximo de compostos fenólicos totais quando o tempo de fermentação foi mantido entre 82 e 94 h e a temperatura de incubação entre 29 e 33 ° C. O ponto máximo estacionário foi determinado matematicamente pela aplicação do critério de Lagrange juntamente com o determinante de Hessian para a equação 2 (FERREIRA et al., 2004). Assim, as condições previstas para a produção máxima de compostos fenólicos totais foram: $T = 32\text{ °C}$ e $t = 93\text{h}$, sob essas condições, a resposta prevista foi de $408.81\text{ mgGAE}/100\text{g}$. A produção de compostos fenólicos totais foi confirmada e validada por meio de um experimento (em triplicata) sob condições otimizadas, obtendo-se um valor de $406.59 \pm 9,61\text{ mgGAE}/100\text{g}$, muito próximo do valor previsto. Este valor identificado para os fenólicos totais foi 63% superior ao encontrado para o bagaço da maçã do caju não fermentado ($249.10 \pm 34.76\text{ mgGAE}/100\text{g}$).

Os valores identificados para os fenólicos totais neste trabalho foram significativamente superiores aos determinados para o pedúnculo e frutos carnosos. Em trabalhos anteriores, por exemplo, Melo et al. (2006) e Rufino et al. (2010) determinaram $295.25 \pm 25,91$ e $118 \pm 3.7\text{ mgGAE}/100\text{g}$, com base na polpa de caju fresca, respectivamente, e Chandrasekara e Shahidi (2011) determinaram $269.05\text{--}347.99\text{ mgGAE}/100\text{g}$ na castanha de caju.

Figura 2. Gráfico de superfície de resposta representando interações entre o tempo de fermentação (t) e a temperatura de incubação (T) no teor de fenólicos totais do bagaço da maçã do caju (mgGAE/100g).



Efeito da fermentação sobre a atividade antioxidante do bagaço da maçã do caju

Amostras de bagaço da maçã de caju fermentado em estado sólido com *P. roqueforti* ATCC 10110 foram examinadas quanto a atividades antioxidantes utilizando dois métodos diferentes de ensaio: DPPH e ABTS. Esses métodos distinguem-se uns dos outros por seu mecanismo de ação e podem ser complementares ao estudo do potencial antioxidante.

O método DPPH foi expresso na CE50, a concentração inibitória do bagaço de caju necessária para inibir 50% dos radicais DPPH, obtida a partir da curva padrão. Indicando que quanto menor o seu EC50, maior a atividade antioxidante. O método ABTS foi expresso como a capacidade antioxidante total equivalente ao Trolox com base na capacidade dos antioxidantes em capturar o cátion ABTS⁺, indicando que quanto maior o seu valor maior a atividade antioxidante.

Os valores encontrados neste trabalho foram EC50 de 4.619,57±209.95 g/g DPPH e 22.25±0.82 µMTrolox/g para ABTS⁺. As porcentagens de aumento de antioxidante demonstradas pelos extratos obtidos após 93 h de fermentação com *P. roqueforti* ATCC 10110 foram cerca de 10 e 63% respectivamente maiores em comparação com os valores não fermentados (EC50 de 5.170,91±305 g/g DPPH e 13.6±1.8 µMTrolox/g, para ABTS⁺). Esses resultados também foram superiores aos relatados por Rufino et al. (2010), que encontraram EC50 de 7.142±205 g/g DPPH e 11.2±0.04 µMTrolox/g de fruto para o pedúnculo carnoso, respectivamente.

O bagaço da maçã de caju fermentado foi mais eficaz na remoção de radicais ABTS⁺ do que os radicais DPPH, isto pode ser devido à complexidade da fermentação do bagaço da maçã de caju, propriedades químicas de polaridade, podendo assim, levar a resultados variados de bioatividade dependendo do método adotado. Fatores como a solubilidade do extrato nos diferentes sistemas de solventes também foram relatados a afetar a capacidade de alguns extratos em extinguir diferentes radicais (GUERRINI et al., 2009). Wang et al. (2008) relataram que alguns compostos que possuem atividade sequestradora de radicais ABTS⁺ não apresentam atividade do DPPH. Em um estudo anterior de compostos fenólicos como fontes antioxidantes, Prior et al. (2005), menciona que existem diferenças entre os métodos de análise, devido a vários fatores, como a influência do solvente nos componentes extraídos, a interação cruzada de solventes extrativos, sensibilidade e seletividade.

No entanto, essas diferenças nos valores da atividade antioxidante são compreensíveis pela maneira como os extratos reagem diferentemente com os radicais introduzidos nos ensaios, uma vez que o radical ABTS⁺ é catiônico e o radical DPPH é neutro e com estrutura molecular diferente (SANCHEZ-MORENO, 2002; SCHLESIER et al., 2002).

Considerações finais

A fermentação em estado sólido com o *P. roqueforti* ATCC 10110 foi capaz de aumentar o teor de compostos fenólicos totais antioxidantes no resíduo do bagaço da maçã do caju, podendo agregar valor econômico a esse resíduo e reduzir possíveis problemas ambientais. Assim, a exploração desses recursos renováveis abundantes e baratos poderia ser feita pelas indústrias. A substituição total ou parcial de antioxidantes sintéticos por estes antioxidantes naturais pode representar redução de custos e melhorar o valor de saúde dos produtos. No entanto, estudos toxicológicos precisarão ser realizados para validar sua aplicabilidade a esse respeito.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB, Bahia, Brasil - Projeto RED0024/2014), à Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq, Brasil) pelo apoio financeiro.

Referências

- ADOU, M., KOUASSI, D.A., TETCHI, F.A. AND AMANI, N.G. (2012). Phenolics profile of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) from Yamoussoukro and Korhogo (Cote d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* 49, 3331-3338.
- ALBERTI, F., FOSTER, G.D., BAILEY, A.M., 2017. Natural products from filamentous fungi and production by heterologous expression. *Appl Microbiol Biotechnol.* 101, 493–500.
- AL-DHABI, N. A., PONMURUGAN, K., & MARAN JEGANATHAN, P. (2017). Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 206–213.
- ALTEMIMI, A., WATSON, D. G., KINSEL, M., LIGHTFOOT, D. A. 2015. Simultaneous extraction, optimization, and analysis of flavonoids and polyphenols from peach and pumpkin extracts using a TLC-densitometric method. *Chemistry Central Journal*, 9, 39. <https://doi.org/10.1186/s13065-015-0113-4>.
- BATAGLION, G. A., DA SILVA, F. M. A., EBERLIN, M. N., KOOLEN, H. H. F., 2015. Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC–MS/MS. *Food Chem.* 180, 280–287.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technol.* 28, 25-30.
- CHANDRASEKARA, N., SHAHIDI, F., 2011. Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. *J. Agric. Food Chem.* 59, 5006–5014.
- DE ALBUQUERQUE, T.L., GOMES, S.D.L., MARQUES JR, J.E., DA SILVA JR, I.J. and ROCHA, M.V.P. (2015). Xylitol production from cashew apple bagasse by *Kluyveromyces marxianus* CCA510. *Catalysis Today* 255, 33-40.

DULF, F.V., VODNAR, D.C., SOCACIU, C., 2016. Effects of solid-state fermentation with two filamentous fungi on the total phenolic contents, flavonoids, antioxidant activities and lipid fractions of plum fruit (*Prunus domestica* L.) by-products. *Food Chem.* 209, 27-36.

EVANS, C.R., RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26, 1231-1237.

FAO, 2017. Faostat- Statistical databases of the Food and Agriculture-Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/> (acessado em 09.07.2018).

FELIX, A.C.S.; ALVAREZ, L.D.G.; SANTANA, R.A.; VALASQUES JUNIOR, G.L.; BEZERRA, M.A.; DE OLIVEIRA NETO, N.M; DE OLIVEIRA LIMA, E.; DE OLIVEIRA FILHO, A.A; FRANCO, M; DO NASCIMENTO JUNIOR, B.B. 2018. Application of experimental designs to evaluate the total phenolics content and antioxidant activity of cashew apple bagasse. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 17, 1, 165-175.

FERREIRA, A. N.; RIBEIRO, D. DOS S.; SANTANA, R. A.; FELIX, A. C. S.; ALVAREZ, L. D. G.; LIMA, E. DE O.; DE FREITAS, J. S.; VALASQUES JUNIOR, G. L.; FRANCO, M. NASCIMENTO JUNIOR, B. B. 2017. Production of lipase from *Penicillium* sp. using waste oil s and *Nopalea cochenillifera*. *Chemical Engineering Communications*, 204, 10, 1167–1173. Doi: 10.1080/00986445.2017.1347567.

FERREIRA, S.L.C., SANTOS, W.N.L., QUINTELA, C.M., NETO, B.B., BOSQUE-SANDRA, J.M., 2004. Doehlert matriz: a chemometric tool for analytical chemistry – review. *Talanta*, 63, 1061-60167.

FONTELES, T. V.; LEITE, A. K.; DA SILVA, A. R. A.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Sonication Effect on Bioactive Compounds of Cashew Apple Bagasse. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 1854–1864, 2017. Doi: 10.1007/s11947-017-1960-x.

GUERRINI, A., SACCHETTI, G., ROSSI, D., PAGANETTO, G., MUZZOLI, M., ANDREOTTI, E., 2009. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (*Piperaceae*) essential oils from Eastern Ecuador. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 27, 39–48.

HUSSAIN, Z., DASTAGIR, N., HUSSAIN, S., JABEEN, A., ZAFAR, S., MALIK, R., HOUDHARY, M. I. (2016). *Aspergillus Niger*-mediated biotransformation of methenolone enanthate, and immunomodulatory activity of its transformed products. *Steroids*, 112, 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.04.007>.

KOOLEN, H. H. F., DA SILVA, F. M. A., GOZZO, F. C., DE SOUZA, A. Q. L., DE SOUZA, A. D. L. (2013). Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC-ESI-MS/MS. *Food Research International*, 51(2), 467–473. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.039>.

LIMÓN, R. I., PEÑAS, E., TORINO, M.I., MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C., DUEÑAS, M., FRIAS, J., 2015. Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean extracts. *Food Chem.* 172, 343–352.

MARTIN, J.G.P., PORTO, E., CORRÊA, C.B., ALENCAR, S.M., GLORIA, E.M., CABRAL, I.S.R. & AQUINO, L.M. 2012. Antimicrobial potential and chemical composition of agro-industrial wastes. *J Nat Prod.*, 5: 27-36.

MELO, E.A., LIMA, V.L. A.G., MACIEL, M.I.S., CAETANO, A.C.S., LEAL, F.L.L., 2006. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. *Braz J Food Technol.* 9, 89-94.

MIOSO, R., TOLEDO MARANTE, F.J., HERRERA-BRAVO. L., 2015. *Penicillium roqueforti*: A multifunctional cell factory of high value-added molecules. *J. Appl. Microbiol.* 118, 781–791.

MORALES, A.B., ROS, M., AYUSO, L.M., BUSTAMANTE, M.A., MORAL, R., PASCUAL, J.A., 2016a. Agroindustrial composts to reduce the use of peat and fungicides in the cultivation of muskmelon seedlings. *J. Sci. Food Agric.* 97, 875–881.

MORALES, P., BARROS, L., DIAS, M.I., SANTOS-BUELGA, C., FERREIRA, I.C.F.R., RAMIREZ ASQUIERI, E., BERRIOS, J.D.J., 2016b. Non-fermented and fermented jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. *Food Chem.* 208, 220–227.

NOVAES, C. G., YAMAKI, R. T., DE PAULA, V. F., NASCIMENTO JUNIOR, B. B., BARRETO, J. A., VALASQUES, G. S., BEZERRA, M. A. 2017. Otimização

de métodos analíticos usando metodologia de superfícies de resposta - parte I: variáveis de processo, *Rev. Virtual Quim.*, 9, 1184-1215. doi:10.21577/1984-6835.20170070.

NOVAES, C. G., YAMAKI, R. T., DE PAULA, V. F., NASCIMENTO JUNIOR, B. B., BARRETO, J. A., VALASQUES, G. S., BEZERRA, M. A. 2018. Otimização de métodos analíticos usando metodologia de superfícies de respostas - parte II: variáveis de mistura, *Rev. Virtual Quim.*, 10, 393-420. doi:10.21577/1984-6835.20180030.

PRIOR, R L., WU, X., SCHAICH, K., 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.* 53, 4290–4302.

QUEIROZ, C., DA SILVA, A. J. R., LOPES, M. L. M., FIALHO, E., & VALENTE MESQUITA, V. L. (2011). Polyphenol oxidase activity, phenolic acid composition and browning in cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) after processing. *Food Chemistry*, 125(1), 128–132.

RAJENDRAN, P., NANDAKUMAR, N., RENGARAJAN, T., PALANISWAMI, R., GNANADHAS, E. N., LAKSHMINARASIAH, U., NISHIGAKI, I. 2014. Antioxidants and human diseases. *Clinica Chimica Acta*, 436, 332–347. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2014.06.004>.

REBAYA, A., BELGHITH, S.I., BAGHDIKIAN, B., LEDDET, V.M., MABROUKI, F., OLIVIER, E., AYADI, M.T., 2015. Total phenolic, total flavonoid, tannin content, and Antioxidant Capacity of *Halimium halimifolium* (Cistaceae). *J. Appl. Pharm. Sci.* 5, 52–57.

REN, X., HE, L., WANG, Y., CHENG, J. 2016. Optimization Extraction, Preliminary Characterization and Antioxidant Activities of Polysaccharides from Semen Juglandis. *Molecules*, 21(10), 1335. <https://doi.org/10.3390/molecules21101335>

RIZZELLO, C.G., VERNI, M., BORDIGNON, S., GRAMAGLIA, V., GOBBETTI, M., 2017. Hydrolysate from a mixture of legume flours with antifungal activity as an ingredient for prolonging the shelf-life of wheat bread. *Food Microbiol.* 64, 72–82.

RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E., DE BRITO, E.S., PEREZ-JIMENEZ, J., SAURA-CALIXTO, F., MANCINI-FILHO, J., 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 121, 996–1002.

SANCHEZ-MORENO, C., 2002. Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci Technol Int.* 8, 121–137.

SCHLESIER, K., HARWAT, M., BOHM, V., BITSCH, R., 2002. Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radic. Res.* 36, 177–187.

SÓJKA, M., KOŁODZIEJCZYK, K., MILALA, J., ABADIAS, M., VIÑAS, I., GUYOT, S., BARON, A., 2015. Composition and properties of the polyphenolic extracts obtained from industrial plum pomaces. *J Funct Foods.* 12, 168–178.

TORINO, M.I., LIMON, R.I., MARTINEZ-VILLALUENGA, C., MAKINEN, S., PIHLANTO, A., VIDAL-VALVERDE, C., FRIAS, J., 2013. Antioxidant and antihypertensive properties of liquid and solid state fermented lentils. *Food Chem.* 136, 1030–1037.

WANG, W., WU, N., ZU, G., FU, Y., 2008. Antioxidant activity of *Rosmarinus officinalis* (L), essential oil compared to its main components. *Food Chem.* 108, 1019–1022.

ZHANG, Z., LV, G., PAN, H., FAN, L., SOCCOL, C.R., PANDEY, A., 2012. Production of powerful antioxidant supplements via solid-state fermentation of wheat (*Triticum aestivum* Linn.) by *Cordyceps militaris*. *Food Technol. Biotechnol.* 50, 32–39.