

Subprodutos da incubação ácida de sementes de cacau danificadas por doenças: caracterização inicial

Palavras-Chave: Cacau; vassoura-de-bruxa; podridão parda; Caracterização

Autores(as):

Caio Roberto Olivieri Gonzalez, FEA – UNICAMP

Profª. Drª. Priscilla Efraim (orientadora), FEA – UNICAMP

Taís Letícia de Oliveira Santos (co-orientadora), FEA – UNICAMP

INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a produção de cacau chegou a mais de 270 mil toneladas no ano de 2022, sendo considerado o sétimo maior produtor mundial, movimentando um valor de 3,4 bilhões de reais nesse período, se provando um produto importante para a economia do país.

As doenças que podem afetar o plantio do cacau, geram uma grande preocupação, por diminuírem a produtividade e causar grandes impactos econômicos, já que o cacaueiro (*Theobroma cacao*) são suscetíveis a várias delas, como a vassoura-de-bruxa a (*Moniliophthora perniciosa*), monilíase (*Moniliophthora roreri*) e a podridão-parda (*Phytophthora* spp.), as perdas na produção de cacau são estimadas em quase 30% devido à vassoura de bruxa (SANTOS, 2010; VALENTE, 2024).

Os frutos danificados já são utilizados como um produto de baixo valor, sendo vendidos secos para processadoras, essas, por sua vez, não tem como saber o percentual desse material que foi misturado ao saudável. O objetivo deste trabalho é encontrar novas formas para aproveitar esse material, entendendo se a incubação em meio ácido pode contribuir para a melhora da qualidade desses frutos.

METODOLOGIA

a) Preparo das amostras

Os frutos de cacaueiro utilizados no estudo foram fornecidos pela fazenda Agrícola Conduru localizada em Itabuna - BA. Os frutos foram separados em quatro grupos, sendo eles: saudáveis (S), com baixo ou possível dano por doenças (Bd), com grau médio de dano por doenças (Md) e com alto grau de dano e podridão (Ad).

O processamento foi feito na Faculdade de Engenharia de Alimentos - Unicamp, seguindo as etapas apresentadas na Figura 1. Os frutos foram quebrados e as sementes extraídas e congeladas a

-18°C até o uso. Para a realização dos experimentos de incubação, as sementes de cacau foram imersas em uma solução contendo ácido acético (0,15 mol/L) e etanol (5%), em seguida foram incubadas em temperatura de 50 °C sob agitação mecânica (180 rpm) por 5 dias (Santos, 2025). O meio de incubação foi coletado também após a incubação ácida e armazenado em recipiente plástico e refrigerado. Parte das amostras foram liofilizadas para a realização das análises dos teores de compostos fenólicos totais, lipídios e nitrogênio total, além da capacidade antioxidante.

b) Caracterização físico-química

Os métodos a seguir foram realizados de acordo com AOAC (2016). O pH foi determinado com um pHmetro (Gehaka, PG2000) de acordo com o método 970.21. A condutividade de todas as amostras foi medida usando condutivímetro digital (Ms Tecnopon, mCA 150) nas mesmas condições da determinação do pH. A acidez foi determinada de acordo com o método 942.15 por titulação com NaOH (0,1N). A umidade foi determinada nas sementes de acordo com o método 931.04. O teor de proteínas (nitrogênio total) foi determinado nos cotilédones, cascas e meio liofilizados de acordo com o método 960.52, com fator de correção para os cálculos de 6,25. A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com o comunicado técnico n° 216 da Embrapa (Polez, 2023).

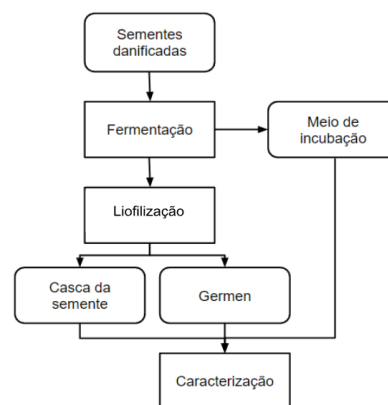


Figura 1- Fluxograma das etapas que serão realizadas para gerar as amostras que serão analisadas no projeto

c) Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas nas amostras S e Md tanto para as sementes quanto para os meios de incubação para compreender se houve crescimento microbiano durante a incubação ácida. Foram quantificados microrganismos aeróbios mesófilos, fungos totais e bactérias lácticas (ISO 15214, 1998; RYU, 2015; SILVA, 2017; RYSER, 2015).

d) Análises estatísticas

As diferenças estatisticamente significativas foram determinadas por ANOVA, seguidas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises foram realizadas utilizando o software jamovi (JAMOV, 2024; R CORE TEAM, 2024; FOX, 2023)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 a 4 são apresentados os resultados das determinações analíticas realizadas, separadas entre a semente e o meio de incubação investigados.

Tabela 1. pH, Condutividade e acidez de sementes de cacau e do meio de incubação usado.

Semente			
Amostra	pH	Condutividade (mS/cma)	Acidez (mEq NaOH/100 g)
S	4,64 ± 0,06 A	3,18 ± 0,24 A	0,5733 ± 0,1002 A
Bd	4,66 ± 0,04 A	3,33 ± 0,22 A	0,5167 ± 0,0651 A
Md	4,46 ± 0,05 B	2,60 ± 0,10 B	0,5600 ± 0,0346 A
Ad	4,94 ± 0,10 C	4,21 ± 0,19 C	0,3300 ± 0,0400 B

Meio de incubação			
Amostra	pH	Condutividade (mS/cma)	Acidez (mEq NaOH/100 mL)
S	4,19 ± 0,03 A	2,73 ± 0,14 A	0,6567 ± 0,0252 A
Bd	4,16 ± 0,02 A	2,73 ± 0,07 A	0,6633 ± 0,0379 A
Md	4,28 ± 0,04 B	3,11 ± 0,21 A	0,5433 ± 0,0416 B
Ad	4,72 ± 0,07 C	6,29 ± 0,42 B	0,5100 ± 0,0500 B

Na Tabela, S - Amostra de cacau saudável; Bd - Amostra de cacau com baixo dano; Md - Amostra de cacau com médio dano; Ad - Amostra de cacau com alto dano. Letras iguais em uma mesma coluna indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de significância (Teste de Tukey)

Tabela 2. Umidade e cinzas de sementes de cacau e do meio de incubação usado.

Semente		
Amostra	Teor de umidade (g /100 g)	Cinzas (g / 100 g - b.s.)
S	67,1 ± 2,5 A	2,07 ± 0,27 A
Bd	62,1 ± 1,4 A	1,90 ± 0,22 A
Md	82,5 ± 9,5 B	2,89 ± 0,99 A
Ad	78,0 ± 0,9 B	3,82 ± 0,27 B

Meio de incubação		
Amostra	Teor de umidade (g /100 g)	Cinzas base seca (g / 100 g - b.s.)
S	96,4 ± 0,1 A	9,89 ± 2,45 A
Bd	96,3 ± 0,1 A	8,14 ± 0,90 A
Md	98,6 ± 0,3 B	19,26 ± 4,76 B
Ad	97,6 ± 0,1 C	20,41 ± 7,01 B

Na Tabela, S - Amostra de cacau saudável; Bd - Amostra de cacau com baixo dano; Md - Amostra de cacau com médio dano; Ad - Amostra de cacau com alto dano. B.s.: Base seca. Letras iguais em uma mesma coluna indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de significância (Teste de Tukey)

As amostras com maior dano (Md e Ad) apresentaram um maior teor de umidade e de cinzas, o que implica em um menor teor de compostos orgânicos, demonstrando subdesenvolvimento em

relação às amostras saudáveis ou com baixo dano (Sd e B) e/ou um consumo desses compostos pelos microrganismos patógenos a planta.

Tabela 3. Análises microbiológicas de sementes de cacau e do meio de incubação usado.

Sementes			
Amostra	Aeróbios Mesófilos UFC/g	Fungos Totais UFC/g	Bactérias Láticas UFC/g
S	$3,0 \times 10^1$	< 10	< 10
Md	$3,8 \times 10^2$	< 10	$1,3 \times 10^2$
Meio de incubação			
Amostra	Aeróbios Mesófilos UFC/g	Fungos Totais UFC/g	Bactérias Láticas UFC/g
S	10	< 10	< 1
Md	$1,3 \times 10^2$	< 10	$6,8 \times 10^1$

.Na Tabela, S - Amostra de cacau saudável; Md - Amostra de cacau com médio dano. Letras iguais em uma mesma coluna indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de significância (Teste de Tukey)

Há uma maior presença de microrganismos na amostra Md, porém somente de aeróbios mesófilos e de bactérias láticas, sendo um indício de que as defesas para esses tipos de microrganismos nas sementes afetadas não são tão eficazes quanto na sementes saudáveis (S). A quantidade de fungos totais é baixa na amostra Md, podendo significar que ou as sementes não possuíam uma quantidade significativa de fungos que possivelmente causaram a doença na planta, ou que eles não sobreviveram ao processo de incubação. A análise microbiológica do material fresco poderia dar um melhor panorama sobre esse comportamento.

Tabela 4. Teor de proteínas e capacidade antioxidante do cotilédono e casca da semente e meio de incubação liofilizados.

Cotilédono		
Amostra	Teor de proteínas (g /100 g - b.s.)	Capacidade antioxidante (μmol Trolox/g)
S	$14,77 \pm 0,23$ A	$28,86 \pm 2,37$ A
Bd	$16,05 \pm 0,28$ A	$35,40 \pm 2,13$ B
Md	$17,82 \pm 0,38$ B	$19,54 \pm 0,55$ C
Ad	$20,69 \pm 0,08$ C	$30,96 \pm 4,72$ A
Casca		
Amostra	Teor de proteínas (g /100 g - b.s.)	Capacidade antioxidante (μmol Trolox/g)
S	$14,69 \pm 0,52$ A	$31,30 \pm 2,10$ A
Bd	$15,12 \pm 0,17$ A	$15,44 \pm 0,68$ B
Md	$14,96 \pm 0,25$ A	$14,05 \pm 0,06$ C
Ad	$16,72 \pm 0,14$ B	$29,13 \pm 3,24$ A
Meio de incubação		
Amostra	Teor de proteínas (g /100 g - b.s.)	Capacidade antioxidante (μmol Trolox/g)
S	$13,91 \pm 0,47$ A	$32,66 \pm 1,85$ A
Bd	$14,42 \pm 0,21$ A	$17,75 \pm 1,57$ B

Md	15,69 ± 0,96 B	14,48 ± 1,85 B
Ad	17,45 ± 0,51 C	16,97 ± 0,37 B

Na Tabela, S - Amostra de cacau saudável; Bd - Amostra de cacau com baixo dano; Md - Amostra de cacau com médio dano; Ad - Amostra de cacau com alto dano. Letras iguais em uma mesma coluna indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de significância (Teste de Tukey)

As sementes saudáveis apresentaram maior capacidade antioxidante, a qual decaiu conforme a progressão do nível de dano, comportamento que mudou nas amostras Ad, possivelmente indicando um aumento da resposta ao estresse biótico em etapas mais avançadas de deterioração. O teor de proteínas é maior conforme aumenta o nível de dano. Comparando somente os cotilédones liofilizados das amostras S e Ad há um aumento de aproximadamente 40%. Um estudo mais aprofundado sobre o perfil dessas proteínas pode propiciar informações que favoreçam um possível uso.

CONCLUSÕES

O estudo mostra diferenças significativas nas características das sementes e meio de incubação em função do grau de dano nas sementes. A amostra Bd mostrou similaridades com a S, indicando que menor intensidade de dano pode não causar grandes diferenças na composição e qualidade dos materiais obtidos. As amostras com maior grau de dano (Md e Ad) demonstraram maior diferença em relação à amostra saudável. Esse estudo preliminar demonstra pontos que podem ser aprofundados sobre essas diferenças, como um estudo aprofundado sobre o perfil protéico dos materiais danificados que pode sugerir novas aplicações para esse material.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC, in Dr. George W Latimer, Jr. (ed.), **Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL**, 22 (New York, 2023; online edn, AOAC Publications, 4 Jan. 2023), Official Methods 970.21, 942.15, 972.15, 931.04, 960.52
- DAND, R. **History and origins of the international cocoa trade**. 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2022.
- POLEZ, V. L. P.; DANTAS, K. C. de S.; DUARTE, A. de O.; MAGARELLI, G.; SILVA, L. P. da. **Método de avaliação antioxidante de material vegetal por DPPH em microplaca e controle de qualidade**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, n. 216, p. 1-16, out. 2023. (Comunicado Técnico, 216).
- SANTOS, T.L.O. **Cacao's diseases, intelligent systems, and fermentation-like incubation of damaged seeds**, 2025.
- SANTOS, R. M.; LEMOS, L. S. L.; JUCA, F. F.; DOS SANTOS, M. V. O.; KRUSCHEWSKY, M. C.; GANEM, R. S.; GRAMACHO, K. P. **Obtenção de produtos de PCR dos principais fungos causadores de doenças no cacauero visando estudos filogenéticos e taxonômicos**. 2010.
- JAMOVI; **The jamovi project**. (Version 2.6) [Computer Software]. 2024.
- R CORE TEAM. **R: A Language and environment for statistical computing**. (Version 4.4) [Computer software]. 2024.
- FOX, J., ; WEISBERG, S. **car: Companion to Applied Regression. [R package]**. 2023
- RYSER, E.T. & SCHUMAN, J.D. **Mesophilic Aerobic Plate Count**. In SALFINGER, Y & TORTORELLO, M.L. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 5th, American Public Health Association, Washington, D.C., 2015.
- ISO 15214:1998. **Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – Colony-count technique at 30°C**, 1st ed. The International Organization for Standardization, 1998
- RYU, D. & WOLF-HALL, C. **Yeast and Molds**. In SALFINGER, Y & TORTORELLO, M.L. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 5 th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., 2015.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A.R.; OKAZAKI, M.M. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. 5a ed. São Paulo: Livraria Varela, 2017
- VALENTE, D. R. et al. **Manejo integrado da vassoura de bruxa do cacauero: uma revisão**. Anais do INIC 2024