



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS CASCAS DOS GRÃOS DE CACAU (*Theobroma cacao* L.) PRODUZIDOS NO BREJO PARAIBANO

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS CÁSCARAS DE LOS GRANOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) PRODUCIDOS EN EL BREJO PARAIBANO

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF COCOA BEAN SHELLS (*Theobroma cacao* L.) PRODUCED IN THE BREJO PARAIBANO REGION

Apresentação: Comunicação Oral

Elisandra Rabêlo da Silva¹; Wanessa Braz da Silva²; Marisa Oliveira dos Santos³; Isabel Cristina Freitas Feitosa⁴; Suzana Pedroza da Silva⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIIICIAGRO.0118>

RESUMO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é uma cultura de expressiva importância econômica, cujo beneficiamento gera volumes consideráveis de resíduos, entre eles a casca do grão de cacau, que corresponde a uma fração significativa da biomassa total processada. Apesar do potencial reconhecido desse subproduto, a literatura ainda apresenta lacunas quanto à sua caracterização físico-química. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar físico-quimicamente a casca do grão de cacau produzida no município de Areia – PB. As amostras foram coletadas, secas em estufa a 60 °C, moídas e padronizadas em peneiras de 32 mesh. Foram realizadas análises de umidade, atividade de água, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, açúcares redutores, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, compostos fenólicos totais e cafeína. Os resultados evidenciaram umidade de 7,74% e atividade de água de 0,61, indicando estabilidade microbiológica satisfatória durante o armazenamento. O teor de cinzas foi de 7,73%, compatível com valores descritos na literatura para variedades e regiões de cultivo. Os teores de proteínas (19,23%) e carboidratos (46,87%) situaram-se dentro das faixas reportadas para esse subproduto, refletindo a influência de fatores como variedade, condições climáticas e método de processamento. O teor de lipídeos (18,94%) foi superior à faixa típica descrita na literatura, resultado possivelmente associado à presença de fragmentos de *nibs* na amostra, sinalizando a necessidade de maior rigor na etapa de separação durante o preparo do material. A concentração de compostos fenólicos totais (708,33 mg EAG 100 mL⁻¹) foi expressiva, destacando a casca como fonte relevante de polifenóis. O teor de cafeína (0,69 mg g⁻¹) manteve-se dentro da faixa descrita na literatura para esse subproduto. De modo geral, a casca do grão de cacau cultivada em Areia – PB demonstrou elevado potencial de aproveitamento tecnológico na indústria de alimentos, com perspectivas para enriquecimento nutricional e melhoria das propriedades funcionais de produtos alimentícios, contribuindo ainda para a valorização da cadeia produtiva do cacau e para a redução do impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado.

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – PPCIAM, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE, elisandra.rabelos@ufape.edu.br

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – PPGEQ, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, wanessa.braz09@gmail.com

³Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE, marisa.oliveiras@ufape.edu.br

⁴Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE, isabel.cristina@ufape.edu.br

⁵Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, suzana.pedroza@ufape.edu.br

Palavras-Chave: composição proximal, compostos bioativos, subproduto agroindustrial.

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran importancia económica, cuyo procesamiento genera volúmenes considerables de residuos, entre ellos la cascarilla del grano de cacao, que representa una fracción significativa de la biomasa total procesada. A pesar del potencial reconocido de este subproducto, la literatura aún presenta lagunas en cuanto a su caracterización fisicoquímica. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar fisicoquímicamente la cascarilla del grano de cacao producida en el municipio de Areia – PB. Las muestras fueron recolectadas, secadas en estufa a 60 °C, molidas y estandarizadas en tamices de 32 mesh. Se realizaron análisis de humedad, actividad de agua, cenizas, lípidos, proteínas, carbohidratos, azúcares reductores, sólidos solubles totales, acidez total titulable, pH, compuestos fenólicos totales y cafeína. Los resultados evidenciaron una humedad de 7,74% y una actividad de agua de 0,61, lo que indica una estabilidad microbiológica satisfactoria durante el almacenamiento. El contenido de cenizas fue de 7,73%, compatible con los valores descritos en la literatura para distintas variedades y regiones de cultivo. Los contenidos de proteínas (19,23%) y carbohidratos (46,87%) se situaron dentro de los rangos reportados para este subproducto, reflejando la influencia de factores como la variedad, las condiciones climáticas y el método de procesamiento. El contenido de lípidos (18,94%) fue superior al rango típico descrito en la literatura, resultado posiblemente asociado a la presencia de fragmentos de nibs en la muestra, lo que indica la necesidad de mayor rigor en la etapa de separación durante la preparación del material. La concentración de compuestos fenólicos totales (708,33 mg EAG 100 mL⁻¹) fue expresiva, destacando la cascarilla como fuente relevante de polifenoles. El contenido de cafeína (0,69 mg g⁻¹) se mantuvo dentro del rango descrito en la literatura para este subproducto. En general, la cascarilla del grano de cacao cultivada en Areia – PB demostró un elevado potencial de aprovechamiento tecnológico en la industria alimentaria, con perspectivas para el enriquecimiento nutricional y la mejora de las propiedades funcionales de productos alimenticios, contribuyendo además a la valorización de la cadena productiva del cacao y a la reducción del impacto ambiental generado por su descarte inadecuado.

Palabras Clave: composición proximal; compuestos bioactivos; subproducto agroindustrial.

ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a crop of significant economic importance, whose processing generates considerable volumes of residues, among them the cocoa bean shell, which accounts for a significant fraction of the total processed biomass. Despite the recognized potential of this by-product, literature still presents gaps regarding its physicochemical characterization. In this context, the present study aimed to physicochemically characterize the cocoa bean shell produced in the municipality of Areia – PB. Samples were collected, dried in an oven at 60 °C, ground, and standardized through 32-mesh sieves. Analyses of moisture, water activity, ash, lipids, proteins, carbohydrates, reducing sugars, total soluble solids, titratable acidity, pH, total phenolic compounds, and caffeine were performed. The results showed a moisture content of 7.74% and water activity of 0.61, indicating satisfactory microbiological stability during storage. The ash content was 7.73%, consistent with values reported in the literature for different varieties and growing regions. Protein (19.23%) and carbohydrate (46.87%) contents were within the ranges reported for this by-product, reflecting the influence of factors such as variety, climatic conditions, and processing method. The lipid content (18.94%) was higher than the typical range described in the literature, a result possibly associated with the presence of nib fragments in the sample, indicating the need for greater rigor in the separation step during sample preparation. The concentration of total phenolic compounds (708.33 mg GAE 100 mL⁻¹) was expressive, highlighting the shell as a relevant source of polyphenols. The caffeine content (0.69 mg g⁻¹) remained within the range described in the literature for this by-product. Overall, the cocoa bean shell cultivated in Areia – PB demonstrated high potential for technological application in the food industry, with prospects for nutritional enrichment and improvement of the functional properties of food products, while also contributing to the valorization of the cocoa production chain and the reduction of environmental impacts caused by improper disposal.

Keywords: proximate composition bioactive compounds, agro-industrial by-product.

INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é uma cultura de grande importância econômica, sendo a principal matéria-prima para indústria de alimentos e bebidas, com ampla aplicação na produção de

chocolates, snacks e bebidas (Belwal *et al.*, 2022). A produção mundial de amêndoas de cacau em 2024 chegou a cerca de 5,23 milhões de toneladas. No contexto nacional, a produção chegou a 297,5 mil toneladas, com destaque para os estados do Pará, Bahia, Espírito Santo, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso, Ceará e Minas Gerais (IBGE, 2026; Statista, 2026).

O beneficiamento dos frutos do cacau resulta na geração de um grande volume de resíduos como a casca, a polpa e a casca do grão, que correspondem a cerca de 85% da biomassa total processada. Nesse sentido, o descarte inadequado desses resíduos representa um grande problema ambiental, visto que a decomposição da matéria orgânica pela ação de bactérias favorece a produção de metano e dióxido de carbono. Adicionalmente, o manejo impróprio desses resíduos pode contribuir para a propagação de doenças que afetam a lavoura e resultam em perdas significativas da colheita (Handojo; Triharyogi; Indarto, 2019; Mariatti *et al.*, 2021).

Esses resíduos, especialmente a casca do grão de cacau, apresentam uma composição físico-química semelhante à do grão, com exceção teor de gorduras, que é muito superior no próprio grão. As CGC possuem quantidades relevantes de proteínas, minerais, gorduras, além de compostos bioativos como teobromina, cafeína. Em relação aos carboidratos, predominam a celulose, hemicelulose e pectina. (Baber *et al.*, 2020; Rojo-Poveda *et al.*, 2020). Essa composição torna a casca do grão de cacau promissora para a incorporação em formulações de diversos produtos na indústria de alimentos como bolos, chocolates e bebidas, com o intuito de enriquecer nutricionalmente, melhorar as propriedades físico-químicas e funcionais desses produtos (Belwal *et al.*, 2022). Além do uso na alimentação humana, a casca do grão de cacau pode ser aproveitada na alimentação animal, na produção de biocombustível, como material adsorvente e de compósitos (Rojo-Poveda *et al.*, 2020).

Diante da potencialidade da casca do grão de cacau, a literatura ainda apresenta lacunas no que se refere a uma caracterização físico-química mais abrangente. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar físico-quimicamente a casca do grão do cacau (*Theobroma cacao* L.) produzida no Brejo Paraibano e avaliar sua composição e potencial de aproveitamento tecnológico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Cacau

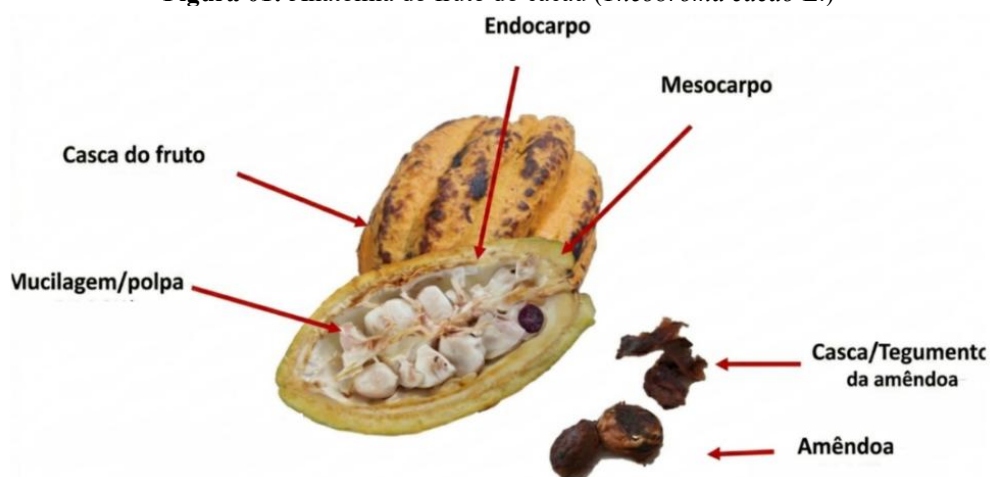
O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie arbórea perene pertencente a ordem Malvales, família Malvaceae e gênero *Theobroma*, com origem nas florestas tropicais úmidas da Amazonia. A denominação do gênero, que significa “alimento dos deuses”, foi estabelecida por Carl von Linné em 1737 e reflete a importância do fruto para civilizações pré-colombianas, como Maias e Astecas. Esses povos não atribuíram apenas valor econômico aos grãos de cacau, mas também significado simbólico os empregando em rituais políticos e religiosos (Guirlanda, 2022; Pinto *et al.*, 2022). Existem quatro

variedade principais, Criollo, Forastero e Trinitário. (Guirlanda, 2022; Pinto *et al.*, 2022; Soares; Oliveira, 2022).

Os frutos da variedade Criollo são valorizados pelo seu sabor suave, aroma complexo e notas florais e frutadas. Contudo, essa variedade apresenta uma menor produtividade e maior sensibilidade a doenças e pragas (Wahyuni *et al.*, 2021). A variedade Forastero, responsável por cerca de 80% da produção mundial, é a mais cultivada devido a maior resistência a doenças e pragas, embora tenha sabor geralmente menos característico que o de outras variedades (Soares; Oliveira, 2022; Wahyuni *et al.*, 2021). O Trinitário é um híbrido espontâneo resultante do cruzamento entre Criollo e Forastero, suas características combinam traços de ambas as linhagens, especialmente o potencial aromático (Wahyuni *et al.*, 2021).

Os frutos do cacaueiro (Figura 01) são compostos pelo exocarpo (casca) que é subdividido em três camadas: epicarpo uma camada mais externa, relativamente macia que adquire uma coloração amarela quando o fruto está maduro; mesocarpo é uma estrutura rígida que mantém os grãos protegidos a fortes impactos; endocarpo é um tecido macio e esbranquiçado que protege os grãos de cacau (Campos-Veja; Nieto-Figueroa; Oomah, 2018). A polpa uma camada mucilaginosa que recobre os grãos e apresenta um alto teor de açúcares fermentescíveis (Moretti *et al.*, 2023). O tegumento (casca) que reveste o grão e a amêndoa do cacau que apresenta uma cor púrpura, sabor amargo e adstringente (Ferreira *et al.*, 2021).

Figura 01: Anatomia do fruto do cacau (*Theobroma cacao* L.)



Fonte: Adaptado de Campos-Vega, Nieto-Figueroa e Oomah (2018).

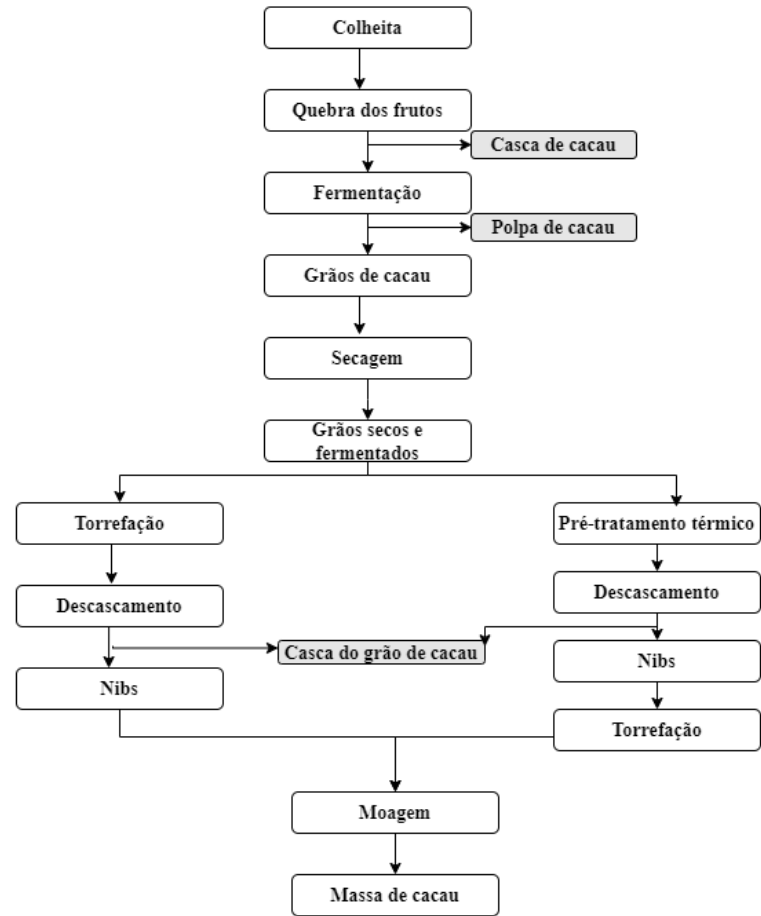
Beneficiamento do cacau

O sabor é um dos principais atributos sensoriais que atraem os consumidores de chocolate. A diferenciação do sabor dos grãos de cacau resulta de uma série de etapas e técnicas de processamento, as quais influenciam diretamente o perfil sensorial final dos produtos à base de cacau. O processamento

dos frutos em massa de cacau é a atividade central na cadeia industrial do cacau e ocorre em diferentes etapas, cada uma delas exercem um papel determinante na qualidade sensorial e físico-química do produto final (Soares; Oliveira, 2022; Wahyuni *et al.*, 2021).

O processamento tem início no próprio local de cultivo (Figura 02), com a colheita dos frutos maduros e sua higienização, seguida da quebra manual da casca externa e da extração das sementes envoltas em uma polpa mucilaginosa. As sementes são submetidas a um processo de fermentação, etapa que tem duração de 2 a 8 dias, em que os microrganismos degradam os açúcares presentes na polpa, produzindo em metabólitos que atuam como precursores dos compostos responsáveis pelo sabor e aroma característico do cacau. Após a fermentação, as sementes são submetidas a um processo de secagem, ao sol ou mecânica, até atingirem um teor de umidade de aproximadamente 7%. As etapas posteriores ocorrem na indústria, com os grãos fermentados e secos podendo ser submetidos a um pré-tratamento térmico ou diretamente a torrefação, seguida da etapa de descascamento, que resulta na remoção da casca do grão. Os grãos torrados e descascados são posteriormente moídos, obtendo-se a massa de cacau, matéria-prima essencial para a produção de chocolates, manteiga e outros derivados (Soares; Oliveira, 2022).

Figura 02: Fluxograma do processamento do fruto do cacau (*Theobroma cacao* L.)



Fonte: Adaptado de Soares e Oliveira (2022).

Resíduos do beneficiamento do cacau

Durante o beneficiamento do cacau gera-se cerca de 70 a 80% de resíduos, incluindo as cascas das vagens, a polpa e as cascas dos grãos de cacau. O descarte inadequado desses materiais ocasiona impactos ambientais, como odores desagradáveis, proliferação de doenças e pragas, além da ocupação de grandes áreas (Guirlanda; Silva; Takahashi, 2021). Entretanto, a composição desses resíduos torna possível o desenvolvimento de soluções inovadoras para seu aproveitamento em diversos setores industriais.

A casca do grão de cacau gerada após o processo de torrefação apresenta uma composição com quantidades significativas de proteínas, aminoácidos (ácido aspártico, glutâmico, arginina, lisina, prolina, valina, histidina, leucina e metionina) lipídeos, fibras solúveis e insolúveis, minerais (cálcio, potássio, ferro, fosforo e magnésio) e vitaminas (D, B1, B2 e E) (Hernández-Hernández *et al.*, 2018; Rojo-Poveda *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2020; Soares; Oliveira, 2022). Bem como, altas concentrações de compostos bioativos, especialmente polifenóis como (-) epicatequina, (+) catequina, procianidina (B1) e (B2) (Rebollo-Hernanz *et al.*, 2019; Rojo-Poveda *et al.*, 2019). alcaloides (cafeína, teobromina e teofilina) e ácidos graxos (ácido oleico, linoleico, capríco, palmítico e esteárico) (Soares; Oliveira, 2022).

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como do tipo experimental de natureza quantitativa. As cascas de grãos de cacau (*Theobroma cacao* L.) foram adquiridas no Engenho Triunfo, localizado no município de Areia – PB (Latitude: 6°97'48.1" S e Longitude: 35°69'44.0" O), na microrregião do Brejo Paraibano. A amostra foi acondicionada e transportada para o Laboratório de Análises de Alimentos (LAAL) na Seção de Laboratórios Multiusuários de Ciência e Tecnologia de Alimentos (SLACTAL) e no Laboratório de Processos e Inovação em Café (LAPIC) na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE).

Preparo da amostra

As cascas de cacau foram secas em estufa a 60 °C por 24 h, moídas em moedor convencional de lâminas (OMDRI100-220, Oster, São Paulo) e padronizadas em peneiras de Tyler (32 mesh; abertura de 0,5 mm). Para as análises de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), pH, açúcares redutores (AR), compostos fenólicos totais (FT) o extrato foi preparado a partir da infusão das cascas de cacau por 3 min, na proporção de 5 g de amostra para 50 mL de águas destilada a 90 - 92 °C, por 3 min. Após a infusão, o extrato foi filtrado em papel de filtro quantitativo (Unifil, Alemanha, gramatura 85 g m⁻² e espessura 0,20 mm). Para a quantificação de cafeína, o extrato obtido foi submetido a uma filtração

adicional em membrana de seringa PVDF (0,45 μm) e transferido para o *vial* de 1,5 mL. Previamente à injeção, os extratos foram diluídos na proporção de 1:30 (v/v) para adequação à faixa de detecção do método.

Caracterização físico-química

O teor de umidade das cascas de cacau foi determinado por secagem direta em estufa a 105 °C. O teor de cinzas foi obtido por incineração em mufla a 550 °C, e os lipídeos foram quantificados por extração em aparelho do tipo *Soxhlet*. A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl, compreendendo as etapas de digestão, destilação e titulação, com posterior aplicação do fator de conversão (6,25) de nitrogênio em proteína bruta. A acidez total titulável (ATT) foi determinada por titulometria. Todos os resultados foram expressos em percentual (%) e obtidos conforme as metodologias preconizadas pelo Instituto Adolf Lutz (2008) e Detmann *et al.* (2012). O teor de carboidratos, incluindo fibras, será determinado pela diferença entre o percentual total e o somatório dos demais componentes (umidade, cinzas, proteína, lipídeos) (Terra *et al.*, 2010).

As demais análises foram realizadas a partir da leitura direta nos respectivos equipamentos, como se segue: A atividade de água (aW) foi determinada com leituras diretas em um analisador de atividade de água (Pre Water Activity Analyzer, Aqualab, Pullman). Os sólidos solúveis totais (SST) foram avaliados utilizando um refratômetro digital (Megabrix/Redi - P101, São Paulo, Brasil) e os resultados expressos em (%), o pH foi mensurado utilizando um pHmetro digital (Marconi/PA-200, Piracicaba, Brasil).

O teor de açúcares redutores foi determinado pelo método DNSA (ácido 3,5 – dinitrosalicílico) descrito por Miller (1959). Em um tubo de ensaio foi adicionado 0,1 mL de amostra e 1,0 mL do reagente DNSA, a mistura foi homogeneizada e levada a banho em temperatura de ebulição por 5 min, posteriormente foi resfriada em banho de gelo e adicionado 5 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS (Bel/Wuv-M51, São Paulo, Brasil) em um comprimento de onda de 540 nm e os resultados expressos em mg de glicose mL⁻¹.

Determinação dos teores de cafeína e fenólicos totais

A quantificação da cafeína foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência, em cromatógrafo modelo Acella (Thermo Scientific), equipado com detector PDA (UV-Vis), bomba Acella 600 Pump, amostrador automático e coluna C18 e operando no comprimento de onda de 272 nm. As condições cromatográficas foram baseadas na metodologia descrita por Perrone, Donangelo e Farah (2008), com adaptações. A eluição foi conduzida em modo isocrático, com fase móvel composta por metanol e ácido fórmico a 0,3% na proporção de 30:70 (v/v), fluxo de 2,0 mL min⁻¹ e tempo total de corrida de 5 minutos.

O teor de fenólicos totais foi determinado por espectrofotometria, de acordo com o método de Folin- Ciocalteu. Em um tubo de ensaio, foram adicionados 0,2 mL da amostra e 1,0 mL do reagente Folin- Ciocalteu, após 1 minuto adicionou-se 0,8 mL de carbonato de sódio (75 g L⁻¹), a mistura foi homogeneizada em vórtex e armazenada por 2 h sob o abrigo da luz. A absorbância foi medida a 765 nm e os resultados foram expressos em mg 100 mL⁻¹ de equivalentes de ácido gálico (Singleton *et al.*, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de umidade e atividade de água encontrados para a casca do grão de cacau foram de 7,74 ± 0,28% e 0,61 ± 0,01, respectivamente, (Tabela 1). O teor de umidade obtido está em conformidade com a faixa relata na literatura que varia de 3,60 a 13,13% para este subproduto agroindustrial (Rojo-Poveda *et al.*, 2020). Esse resultado associado ao valor de atividade de água determinado, são um indicativo que a casca do grão de cacau avaliada nesse estudo se mantém estável durante o armazenamento. Isso ocorre, porque o valor de atividade de água encontra-se dentro da faixa considerada segura, em que o crescimento de microrganismos deteriorantes é mínimo (Donato *et al.*, 2024). Vale ressaltar que esse comportamento se mostra relevante mesmo considerando que a casca do grão de cacau é um subproduto com elevada higroscopicidade (Rojo-Poveda *et al.*, 2019).

Tabela 01: Composição físico-química da casca do grão de cacau (*Theobroma cacao* L.)

Parâmetros	Casca do grão de cacau (Média ± Desvio Padrão)
Umidade (%)	7,74 ± 0,28
AW	0,61 ± 0,01
Cinzas (%)	7,73 ± 0,14
Lipídeos (%)	18,94 ± 0,30
Proteína (%)	19,23 ± 0,58
Carboidratos (%)*	46,87 ± 1,28
AR (mg mL ⁻¹)	2,72 ± 0,05
SST (%)	1,93 ± 0,06
ATT (%)	3,36 ± 0,05
pH	4,94 ± 0,04
CE (mS cm ⁻¹)	2,96 ± 0,01
FT (mg EAG 100 mL ⁻¹)	708,33 ± 1,03
Cafeína (mg g ⁻¹)	0,69 ± 0,01

*Incluindo fibras; AW – Atividade de água; AR – Açúcares Redutores; SST – Sólidos Solúveis Totais; ATT – Acidez Total Titúlavel; FT – Compostos Fenólicos Totais; EAG – Equivalente de ácido gálico. **Fonte:** Própria.

O teor de cinzas obtido para casca do grão de cacau cultivado em Areia - PB foi de 7,73 ± 0,14%. Esse valor encontra-se dentro da faixa relatada por Djali *et al.* (2023) para cascas de grãos de cacau das variedades Criollo e Forastero (6,48 – 8,21%), cultivados na Indonésia. O resultado desse

parâmetro pode variar conforme as etapas de processamento adotadas. Durante a secagem ao sol, por exemplo, as cascas do grão do cacau ficam expostas a possíveis contaminações por materiais particulados provenientes do ambiente, o que pode contribuir para o aumento do teor de cinzas. Outra etapa que pode influenciar esse parâmetro, é a torrefação, as condições de temperatura e tempo influenciam diretamente no grau de remoção de água do material, resultando consequentemente na concentração da matéria inorgânica (Agus; Mohamad; Hussain, 2018; Dzelagha; Ngwa; Nde Bup, 2020).

O teor de lipídeos obtido para a casca cultivada no município de Areia - PB ($18,94 \pm 0,30\%$) foi consideravelmente superior aos valores relatados por Djali *et al.* (2023) para cascas de grãos de cacau das variedades Criollo e Forastero (6,48 – 8,21%), bem como a faixa relatada na literatura, que varia de 1,50 a 8,49% (Rojo-Poveda *et al.*, 2020). Essa discrepância pode estar relacionada a presença de fragmentos de nibs (amêndoas) na amostra analisada, visto que não foi realizada uma etapa de separação desse material durante o preparo da casca, o que pode ter resultado em uma contaminação lipídica proveniente da fração mais interna do grão, naturalmente mais rica em gordura do que a casca propriamente dita.

O teor de proteína encontrado para a casca do grão de cacau foi de $19,23 \pm 0,58\%$, valor inferior ao relatado por Agus, Mohamad e Hussain (2018) para cascas de grãos de cacau torrados (25,07%) e não torrados (27,43%) cultivados na Península da Malásia, porém dentro da faixa descrita na literatura, que varia de 10,30 a 27,43% (Rojo-Poveda *et al.*, 2020). Essa variabilidade é esperada, uma vez que o cacau e seus subprodutos, por serem de origem vegetal, apresentam composição proximal sujeita a variações significativas. Tais variações estão relacionadas a diversos fatores, entre os quais se destacam as condições climáticas da região de cultivo, a variedade do cacau e as condições de processamento, como fermentação, secagem, temperatura e tempo de torrefação (Diomande *et al.*, 2015).

O conteúdo de carboidratos encontrado para a casca do grão de cacau foi de $46,87 \pm 1,28\%$, valor foi superior ao da casca não torrada (44,63%) e inferior ao da casca torrada (55,85%) relatada por Agus, Mohamad e Hussain (2018). Na literatura, a faixa de valores para esse parâmetro varia de 7,85 a 70,25% (Rojo-Poveda *et al.*, 2020), amplitude que pode estar associada aos fatores já mencionados como condições climáticas, variedade e processamento. Ademais, por ser calculado por diferença em relação aos demais componentes da composição proximal, esse parâmetro tende a acumular variações individuais de cada componente, o que contribui para sua elevada variabilidade. Vale destacar ainda que os carboidratos presentes na casca do grão de cacau são constituídos predominantemente por fibras alimentares, incluído pectina, hemicelulose e celulose, além de amido e açúcares (Rojo-Poveda *et al.*, 2020).

O teor de açúcares redutores obtido para a casca do grão de cacau foi de $2,72 \pm 0,05 \text{ mg mL}^{-1}$.

Sabe-se que os açúcares predominantes na casca do grão de cacau são os redutores e a sacarose, sendo que esta última pode sofrer redução durante o processo de fermentação, no qual enzimas como as invertases hidrolisam a sacarose em açúcares redutores como glicose e frutose (Afoakwa *et al.*, 2011). O teor de sólidos solúveis totais obtido para a casca do grão de cacau cultivado no município de Areia – PB foi de $1,93 \pm 0,06\%$. Os sólidos solúveis presentes em cascas, como de grãos de café e cacau, são normalmente influenciados pelo estágio de maturação dos frutos no momento da colheita, sendo que frutos com maior maturação tendem a apresentar teores mais elevados de açúcares como sacarose, frutose e glicose (Velásquez *et al.*, 2021).

Os valores de acidez total titulável (ATT) e pH obtidos para a casca do grão de cacau foram de $3,36 \pm 0,05\%$ e $4,94 \pm 0,04$, respectivamente. O valor de ATT foi superior, enquanto o de pH foi inferior ao relatado por Umali *et al.* (2025) para a casca do grão de cacau da variedade Trinitário – UF18 cultivado nas Filipinas (ATT = 2,21% e pH = 5,45), indicando que a casca avaliada nesse estudo apresenta um perfil de acidez mais pronunciado. Essa diferença é esperada, uma vez que a ATT e o pH são parâmetros inversamente relacionados e comumente associados ao sabor ácido dos alimentos (Sandler; Murphy, 2010). Adicionalmente, a ATT quantifica o total ácidos presentes na amostra, sendo que, para a casca de grão de cacau, os principais compostos identificados na literatura são os ácidos orgânicos como o ácido oxálico, cítrico, succínico, tartárico, málico e acético. A natureza, a concentração e o perfil desses ácidos orgânicos são influenciados por fatores como o processo de fermentação, os microrganismos envolvidos e a variedade do cacaueiro (Botella-Martinez *et al.*, 2021).

A concentração de compostos fenólicos totais (FT) determinada para a casca do grão de cacau foi $708,33 \pm 1,03$ mg EAG 100 mL^{-1} ($7.083,3\text{ }\mu\text{g EAG mL}^{-1}$), valor consideravelmente superior ao relatado por Agus, Mohamad e Hussain (2018) para cascas torradas ($5,947\text{ }\mu\text{g EAG mL}^{-1}$) e não torradas ($9,056\text{ }\mu\text{g EAG mL}^{-1}$) cultivadas na Península da Malásia. Essa discrepância pode ser atribuída as diferentes condições climáticas, o manejo da cultura e as condições de processamento como a fermentação e a secagem, que promovem diferentes transformações químicas e bioquímicas nos frutos e consequentemente na casca (Rojo-Poveda *et al.*, 2021). Vale destacar que entre os produtos e subprodutos do cacau, a casca do grão se sobressai por apresentar o maior número de polifenólicos com destaque para catequina, epicatequina e quercetina. Esse perfil composicional torna a casca uma fonte de baixo custo e elevado potencial para extração desses compostos bioativos com vistas a sua aplicação industrial (Botella-Martinez *et al.*, 2021).

A concentração de cafeína determinada para a casca do grão de cacau foi de $0,69 \pm 0,01$ mg g^{-1} , valor inferior ao relatado por Jokic *et al.* (2020) para amostras de casca de grãos de cacau cultivados na Croácia ($1,10 - 1,34$ $0,69 \pm 0,01$ mg g^{-1}), no qual foi empregada a técnica de extração com água supercrítica, porém dentro da faixa descrita na literatura para esse subproduto, que varia de $0,1 - 4,2$ mg

g⁻¹ (Sánchez *et al.*, 2023). A cafeína é um dos principais alcaloides presentes no cacau e em seus produtos e subprodutos. Sua síntese ocorre nos cotilédones dos grãos de cacau e sua concentração pode ser influenciada pela variedade do cacaueiro e pelo método de processamento, especialmente a fermentação, etapa em que os alcaloides migram do cotilédone dos grãos para a casca do grão (Djali *et al.*, 2023).

CONCLUSÕES

A casca do grão de cacau (*Theobroma cacao* L.) cultivada no município de Areia – PB apresentou composição físico-química compatível com a descrita na literatura para esse subproduto agroindustrial, com valores de umidade e atividade de água que indicam estabilidade microbiológica satisfatória durante o armazenamento. Os teores de proteínas, carboidratos, cinzas, compostos fenólicos totais, cafeína e açúcares redutores reforçam o potencial nutricional e funcional desse material. O elevado teor de lipídeos observado, superior à faixa típica relatada para a casca, pode estar associado à presença de fragmentos de *nibs* na amostra, o que sugere a necessidade de maior rigor no processo de separação durante o preparo do material. Além disso, a presença de compostos bioativos, como polifenóis e alcaloides, associada aos carboidratos confere à casca do grão de cacau características promissoras para aplicação tecnológica na indústria de alimentos, com potencial para enriquecimento nutricional e melhoria das propriedades funcionais de produtos alimentícios. De modo geral, a casca do grão de cacau cultivada em Areia -PB constitui um subproduto com elevado potencial de aproveitamento, contribuindo para a valorização da cadeia produtiva do cacau e para a redução do impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro e, ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (PPCIAM) / Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE, Brasil).

DECLARAÇÃO DE DIVULGAÇÃO

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram Claude (Anthropic) com o objetivo de melhorar a legibilidade, a gramática e a tradução. Após o uso da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.

REFERÊNCIAS

AFOAKWA, E. O.; QUAO, J.; BUDU, A. S.; TAKRAMA, J.; SAALIA, F. K. Effect of pulp

preconditioning on acidification, proteolysis, sugars and free fatty acids concentration during fermentation of cocoa (*Theobroma cacao*) beans. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 62, n. 7, p. 755-764, 2011. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.581224>

AGUS, B. A. P.; MOHAMAD, N. N.; HUSSAIN, N. Composition of unfermented, unroasted, roasted cocoa beans and cocoa shells from Peninsular Malaysia. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 4, p. 2581-2589, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9875-4>.

BARBER, T. M.; KABISCH, S.; PFEIFFER, A. F.; WEICKERT, M. O. The health benefits of dietary fiber. **Nutrients**, v. 12, n. 10, p. 3209, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12103209>

BELWAL, T.; CRAVOTTO, C.; RAMOLA, S.; THAKUR, M.; CHEMAT, F.; CRAVOTTO, G. Bioactive compounds from cocoa husk: Extraction, analysis and applications in food production chain. **Foods**, v. 11, n. 6, p. 798, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11060798>

BOTELLA-MARTÍNEZ, C.; LUCAS-GONZALEZ, R.; BALLESTER-COSTA, C.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Á.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; DELGADO-OSPINA, J.; VIUDA-MARTOS, M. Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean shells coproducts: Effect of particle size on chemical composition, bioactive compound content and antioxidant activity. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 401, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020401>.

CAMPOS-VEGA, R.; NIETO-FIGUEROA, K. H.; OOMAH, B. D. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 172-184, 2018. <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.tifs.2018.09.022>

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. B. **Métodos para análise de alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. 1ªed. 2012.

DIOMANDE, D.; ANTHEAUME, I.; LEROUX, M.; LALANDE, J.; BALAYSSAC, S.; REMAUD, G. S.; TEA, I. Multi-element, multi-compound isotope profiling as a means to distinguish the geographical and varietal origin of fermented cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. **Food Chemistry**, v. 188, p. 576-582, 2015. [10.1016/j.foodchem.2015.05.040](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.040).

DJALI, M.; SANTASA, K.; INDIARTO, R.; SUBROTO, E.; FETRIYUNA, F.; LEMBONG, E. Proximate composition and bioactive compounds of cocoa bean shells as a by-product from cocoa industries in Indonesia. **Foods**, v. 12, n. 17, p. 3316, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12173316>.

DONATO, M. V. L. C.; SILVA, S. R. S.; TAVARES, M. E. S.; SILVA, E. R.; SILVA, S. P. Caracterização físico-química de cascas de café: um estudo comparativo entre o processamento via seca e fermentado. **International Journal of Agrarian Sciences-PDVAGRO**, v. 3, n. 2, p. 114-129, 2024. <https://doi.org/10.31692/2764-3425.v3i2.510>.

DZELAGHA, B.; NGWA, N. M.; NDE BUP, D. A review of cocoa drying technologies and the effect on bean quality parameters. **International Journal of Food Science**, v. 2020, n. 1, p. 8830127, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8830127>.

FERREIRA, B. C. F.; PIEREZAN, M. D.; MALAGHINI, C. M. E.; MANASSI, C. F.; VERRUCK, S. Processamento de cacau e chocolate: influência sobre a qualidade do produto final. In: **AVANÇOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS-VOLUME 5**. Editora Científica Digital, 2021. p. 300-334. [10.37885/211106835](https://doi.org/10.37885/211106835).

GUIRLANDA, C. P.; DA SILVA, G. G.; TAKAHASHI, J. A. Cocoa honey: Agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product?. **Future Foods**, v. 4, p. 100061, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100061>

GUIRLANDA, P. C. Caracterização, estudo do processamento e conservação do mel de cacau. Belo Horizonte, 2022. 136 p. **Tese** (Ciência de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, UFMG, 2022.

HANDOJO, L.; TRIHARYOGI, H.; INDARTO, A. Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 8, n. Suppl 1, p. 485-491, 2019. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0271-9>

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, C.; VIERA-ALCAIDE, I.; MORALES-SILLERO, A. M.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, G. Bioactive compounds in Mexican genotypes of cocoa cotyledon and husk. **Food Chemistry**, v. 240, p. 831-839, 2018. [10.1016/j.foodchem.2017.08.018](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.018)

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de cacau**. 2026. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cacau/br>. Acesso em: 20 de maio de 2026

JOKIĆ, S.; NASTIĆ, N.; VIDOVIĆ, S.; FLANJAK, I.; ALADIĆ, K.; VLADIĆ, J. An approach to value cocoa bean by-product based on subcritical water extraction and spray drying using different carriers. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 2174, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12062174>.

MARIATTI, F.; GUNJEVIĆ, V.; BOFFA, L.; CRAVOTTO, G. Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 68, p. 102601, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102601>

MILLER, G. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.

MORETTI, L. K.; RAMOS, K. K.; AVILA, P. F.; GOLDBECK, R.; VIEIRA, J. B.; EFRAIM, P. Influence of cocoa varieties on carbohydrate composition and enzymatic activity of cocoa pulp. **Food Research International**, v. 173, p. 113393, 2023. [10.1016/j.foodres.2023.113393](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113393).

PERRONE D.; DONANGELO C. M.; FARAH A. Fast simultaneous analysis of caffeine, trigonelline, nicotinic acid and sucrose in coffee by liquid chromatography-mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 110, n. 4, p.1030-5, 2008. [10.1016/j.foodchem.2008.03.012](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.012).

PINTO, J. M.; LIMA, I. O.; CAO, J.; FAVERO, R. G.; SILVA, M. B. Cacauicultura no Brasil: bibliografia de como a luz altera a eficiência fotossintética em genótipos do cacau. **Agriculturae**, v. 4, n.1, p.22-31, 2022. [10.6008/CBPC2674-645X.2022.001.0003](https://doi.org/10.6008/CBPC2674-645X.2022.001.0003)

REBOLLO-HERNANZ, M.; ZHANG, Q.; AGUILERA, Y.; MARTÍN-CABREJAS, M. A.; DE MEJIA, E. G. Cocoa shell aqueous phenolic extract preserves mitochondrial function and insulin sensitivity by attenuating inflammation between macrophages and adipocytes in vitro. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 63, n. 10, p. 1801413, 2019. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801413>

ROJO-POVEDA, O.; BARBOSA-PEREIRA, L.; MATEUS-REGUENGO, L.; BERTOLINO, M.; STÉVIGNY, C.; ZEPPA, G. Effects of particle size and extraction methods on cocoa bean shell functional beverage. **Nutrients**, v. 11, n. 4, p. 867, 2019. <https://doi.org/10.3390/nu11040867>

ROJO-POVEDA, O.; BARBOSA-PEREIRA, L.; ZEPPA, G.; STÉVIGNY, C. Cocoa bean shell—A by-product with nutritional properties and biofunctional potential. **Nutrients**, v. 12, n. 4, p. 1123, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>

ROJO-POVEDA, O.; ZEPPA, G.; FERROCINO, I.; STÉVIGNY, C.; BARBOSA-PEREIRA, L. Chemometric classification of cocoa bean shells based on their polyphenolic profile determined by RP-HPLC-PDA analysis and spectrophotometric assays. **Antioxidants**, v. 10, n. 10, p. 1533, 2021. <https://doi.org/10.3390/antiox10101533>.

SADLER, G. D.; MURPHY, P. A. pH and titratable acidity. In: **Food analysis**. Boston, MA: Springer Us, 2010. p. 219-238. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1_13.

SÁNCHEZ, M.; LACA, A.; LACA, A.; DÍAZ, M. Cocoa bean shell: A by-product with high potential for nutritional and biotechnological applications. **Antioxidants**, v. 12, n. 5, p. 1028, 2023. <https://doi.org/10.3390/antiox12051028>.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; RAVENTÓS, R. M. L. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: **Methods in Enzymology**. Academic press, p. 152-178, 1999.

SOARES, I. D.; OKIYAMA, D. C. G.; RODRIGUES, C. E. C. Simultaneous green extraction of fat and bioactive compounds of cocoa shell and protein fraction functionalities evaluation. **Food Research International**, v. 137, p. 109622, 2020. [10.1016/j.foodres.2020.109622](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109622)

SOARES, T. F.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Cocoa by-products: characterization of bioactive compounds and beneficial health effects. **Molecules**, v. 27, n. 5, p. 1625, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27051625>

STATISTA. **Cocoa bean production worldwide 2015 -2024, by country**. 2026. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263855/cocoa-bean-production-worldwide-by-region/>. Acesso em: 20 de maio de 2026.

TERRA, J.; ANTUNES, A. M.; BUENO, M. I. M. S.; PRADO, M. A. Um método verde, rápido e simples para determinar o valor energético de farinhas e cereais matinais. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1098–1103, 2010.

UMALI, A. B.; LARGADO, A. A.; MENIA, J. J. C.; FLANDEZ, L. E. L.; FELISMINO, R. M.; CASTILLO-ISRAEL, K. A. T.; & DUQUE, S. M. M. Comparative evaluation of the physicochemical properties and prebiotic potential of cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean shell and commercial cocoa powders with varying degrees of alkalization. **Discover Food**, v. 5, n. 1, p. 85, 2025. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00353-2>.

VELASQUEZ, S.; FRANCO, A. P.; PEÑA, N.; BOHORQUEZ, J. C.; GUTIERREZ, N. Classification of the maturity stage of coffee cherries using comparative feature and machine learning. **Coffee Science**, v. 16, e. 161710, 2021. <https://doi.org/10.25186/v16i.1710>.

WAHYUNI, N. L.; SUNARHARUM, W. B.; MUHAMMAD, D. R. A.; SAPUTRO, A. D. Formation and development of flavour of cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivar Criollo and Forastero: a review.

In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012078.
Formation and development of flavour of cocoa (*Theobroma cacao L.*) cultivar Criollo and Forastero: a review. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012078.