OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE INFUSÃO DE LICOR OBTIDO A PARTIR DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE ABACAXI

Autores: João Victor Duarte Santos[1], Geanderson Leonardo de Lima Pereira[2], Joel Camilo Souza Carneiro[3], Antonio Manoel Maradini Filho[4]

Universidade Federal do Espírito Santo / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias / Departamento de Engenharia de Alimentos, Alto Universitário, s/n, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, joao.vd.santos@edu.ufes.br; geandersonllima@gmail.com; joel.carneiro@ufes.br; antonio.maradini@ufes.br.

Resumo
Objetivou-se otimizar a infusão de um licor produzido com cascas e miolos de abacaxi. Aplicou-se um Delineamento Composto Central Rotacional com 13 ensaios, variando a massa de subproduto por litro de solução extratora e o teor alcoólico, e avaliaram-se a capacidade antioxidante *in vitro* por FRAP e DPPH e a aceitação sensorial. A desejabilidade indicou 394,97 g/L de casca e miolo e 41,97% (v/v) de álcool da solução extratora como condição ótima, com valor global de 0,7049. Na validação, FRAP e os atributos sensoriais permaneceram nos intervalos de confiança de 95%; o DPPH ficou 5,9% acima do limite superior. Os escores entre 7 e 8 demonstraram boa aceitação. O processo apresentou potencial para agregar valor aos subprodutos.
Palavras-chave: *Ananas comosus*. Economia circular. Bebida alcoólica. Otimização de processos. Análise sensorial.

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde - Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Introdução

O abacaxi (*Ananas comosus)* é uma fruta tropical de ampla relevância econômica e agroindustrial. Durante seu descascamento e processamento, frações como casca e miolo podem representar parcela expressiva da massa do fruto. Por apresentarem umidade e rápida deterioração, o descarte dessas frações amplia a carga orgânica dos resíduos e desperdiça açúcares, fibras e compostos bioativos ainda presentes na matriz vegetal. A valorização desses materiais, portanto, converge com a bioeconomia circular e com estratégias de produção e consumo responsáveis (Santos *et al*., 2021; Pereira; Firmo; Coutinho, 2022).

A elaboração de licores constitui uma alternativa tecnológica de processamento relativamente simples, baseada na extração de substâncias de origem vegetal por uma solução hidroalcoólica, seguida da padronização do teor alcoólico e de açúcar. No Brasil, licor é a bebida com graduação alcoólica de 15% a 54% em volume, a 20 °C, e teor de açúcares superior a 30 g/L (Brasil, 2025). A composição do solvente e a relação entre material vegetal e solução extratora influenciam a transferência de massa, a extração de compostos antioxidantes e o perfil sensorial do produto (Teixeira *et al*., 2005; Spigno; Tramelli; De Faveri, 2007; Oliveira; De Deus; Caliari, 2015).

Embora a produção de licores de frutas seja conhecida, ainda são limitados os estudos que otimizam simultaneamente a proporção de subproduto e o teor alcoólico da solução extratora, conciliando respostas instrumentais e sensoriais. Assim, objetivou-se otimizar o processo de infusão e caracterizar um licor elaborado com casca e miolo de abacaxi, buscando uma condição de processamento que apresentasse capacidade antioxidante *in vitro e* boa aceitação sensorial.

Metodologia

O estudo foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), *Campus* de Alegre. Utilizaram-se cascas e miolos provenientes de um estudo de mestrado da UFES. Inicialmente, três frutos foram pesados sem a coroa e as frações de casca e miolo foram quantificadas para determinação de seus rendimentos percentuais.

Para avaliar o efeito da massa de casca e miolo por litro de solução extratora (x_1) e do teor alcoólico dessa solução (x_2), aplicou-se um Delineamento Composto Central Rotacional, constituído por quatro

pontos fatoriais, quatro axiais e cinco repetições no ponto central, totalizando 13 ensaios. Os fatores variaram de 300 a 600 g/L de casca e miolo e de 40% a 96% (v/v) de álcool da solução extratora, respectivamente. As misturas foram mantidas em recipientes de vidro hermeticamente fechados, a aproximadamente 25 °C, ao abrigo da luz, durante 30 dias. Após filtração, os extratos foram padronizados para a obtenção de licores com 18 °GL e 30% (m/v) de açúcar.

A capacidade antioxidante *in vitro* foi determinada pelos métodos DPPH, expressa como EC_{50} em gramas de amostra por grama de DPPH, e FRAP, expressa em µmol de sulfato ferroso equivalente por litro de licor, conforme Rufino *et al*. (2007) e Rufino *et al.* (2006), respectivamente. Menores valores de EC_{50} no DPPH indicam maior atividade sequestrante, enquanto maiores valores de FRAP indicam maior poder redutor.

A análise sensorial foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFES, conforme Parecer nº 7.969.214. Noventa avaliadores não treinados, com idades entre 18 e 67 anos, avaliaram cor, aroma, sabor, consistência e impressão global das nove formulações distintas de licor utilizando escala hedônica de nove pontos (Dutcosky, 2019). Os dados foram ajustados a modelos polinomiais de segunda ordem no software Statistica 12, com nível de significância de 5%. A otimização conjunta foi realizada pela função de desejabilidade múltipla, maximizando FRAP e os atributos sensoriais e minimizando o EC_{50} do DPPH (Derringer; Suich, 1980).

Resultados

Os frutos apresentaram massa média de 1.520,72 ± 45,93 g sem a coroa. A casca correspondeu a 32,07 ± 2,70% e o miolo a 8,57 ± 1,69%, totalizando 40,64% de subprodutos potencialmente aproveitáveis.

Os modelos ajustados apresentaram coeficientes de determinação entre 0,7232 e 0,9640 (Tabela 1). Cor e consistência apresentaram os maiores ajustes; o modelo DPPH apresentou a menor proporção de variabilidade explicada.

Tabela 1 - Coeficientes de determinação dos modelos ajustados para as respostas do licor.

Resposta	R^2	Resposta	R^2
FRAP	0,8402	Cor	0,9640
DPPH	0,7232	Aroma	0,8493
Sabor	0,8689	Consistência	0,9081
Impressão global	0,8435	-	-

Fonte: elaborado pelo próprio autor (2026).

A função de desejabilidade múltipla indicou como melhor compromisso a combinação de 394,97 g/L de casca e miolo com solução extratora contendo 41,97% (v/v) de álcool. A desejabilidade global foi de 0,7049. A formulação produzida nessas condições apresentou FRAP de 976,16 µmol SFE/L e escores sensoriais de 7,00 para cor, 7,50 para aroma, 7,87 para sabor, 8,00 para consistência e 7,91 para impressão global. Esses resultados ficaram dentro dos respectivos intervalos de confiança de 95% do modelo (Tabela 2).

Tabela 2 - Validação experimental na condição otimizada de infusão.

Resposta	IC 95%	Valor experimental	Situação
FRAP (µmol SFE/L)	803,03 a 1.988,46	976,16	Dentro
DPPH (g amostra/g DPPH)	64.089,10 a 111.850,30	118.426,87	Fora (+5,9%)
Cor	6,91 a 7,24	7,00	Dentro
Aroma	6,17 a 8,64	7,50	Dentro
Sabor	5,90 a 9,67	7,87	Dentro

Resposta	IC 95%	Valor experimental	Situação
Consistência	7,11 a 8,17	8,00	Dentro
Impressão global	6,15 a 9,55	7,91	Dentro

Nota: IC 95% = intervalo de confiança de 95%; SFE = sulfato ferroso equivalente.
Fonte: elaborado pelo próprio autor (2026).

Para o DPPH, entretanto, o valor experimental de 118.426,87 g de amostra/g de DPPH superou em aproximadamente 5,9% o limite superior do intervalo de confiança. Como essa resposta é expressa por EC_{50}, o aumento numérico representa menor atividade sequestrante do que a esperada pelo modelo. Assim, a validação foi satisfatória para FRAP e para a aceitação sensorial, mas não confirmou com a mesma precisão a previsão do DPPH.

Discussão

O rendimento conjunto de 40,64% confirma que casca e miolo constituem uma parcela tecnologicamente relevante do fruto. Santos *et al*. (2021) relataram que o processamento do abacaxi pode gerar aproximadamente 50% de subprodutos, com intervalos de 29% a 40% para a casca e de 9% a 10% para o miolo. O valor observado para a casca está dentro desse intervalo, enquanto o do miolo se aproxima de seu limite inferior. Diferenças de cultivar, maturação e espessura do corte podem explicar a variação. O aproveitamento dessas frações em uma bebida reduz o descarte de material úmido e cria uma forma de agregar valor coerente com a economia circular (Pereira; Firmo; Coutinho, 2022).

As respostas FRAP e DPPH apresentaram tendências distintas porque avaliam mecanismos químicos diferentes e utilizam escalas de interpretação opostas. A superfície de resposta para FRAP indicou maiores valores em regiões com maior massa vegetal e menor teor alcoólico, sugerindo que a maior proporção de água favoreceu a extração de constituintes polares com poder redutor. No DPPH, a redução do EC_{50} foi favorecida pelo aumento da massa de subproduto em combinação com teores alcoólicos intermediários a elevados. Sistemas hidroalcoólicos podem extrair compostos de polaridades distintas, e sua eficiência depende da proporção entre água e etanol (Spigno; Tramelli; De Faveri, 2007).

Os elevados coeficientes de determinação de cor e consistência mostraram que as variáveis da infusão explicaram grande parte da variação desses atributos. Para o aroma, maiores notas foram associadas aos menores teores alcoólicos; para sabor e impressão global, as melhores regiões ocorreram em combinações intermediárias. Esse comportamento evidencia a necessidade de uma otimização simultânea: a condição que maximiza uma resposta isolada não necessariamente produz o melhor equilíbrio global. A formulação otimizada alcançou notas entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”, faixa que indica boa aceitação do produto (Dutcosky, 2019).

A divergência observada na validação do DPPH é compatível com o menor R^2 desse modelo e recomenda cautela em previsões pontuais. A diferença não invalida a rota de processamento, mas delimita a robustez da resposta antioxidante mensurada por esse ensaio. Portanto, os resultados devem ser apresentados como capacidade antioxidante *in vitro*, sem inferir efeitos funcionais no organismo. Ensaios adicionais, caracterização dos compostos fenólicos, avaliação de estabilidade e repetições independentes podem ampliar a compreensão do produto e a confiabilidade dos resultados.

Conclusão

A casca e o miolo representaram 40,64% da massa do abacaxi sem a coroa e puderam ser utilizados na elaboração de licor. A otimização indicou 394,97 g/L de subprodutos e 41,97% (v/v) de teor alcoólico na solução extratora como a melhor condição conjunta, com desejabilidade global de 0,7049. A validação confirmou as previsões para FRAP e para todos os atributos sensoriais, cujos escores indicaram boa aceitação, mas revelou menor capacidade preditiva para DPPH. O processo apresenta potencial tecnológico para agregar valor a subprodutos do abacaxi, sendo necessários estudos complementares de composição, estabilidade, vida de prateleira e viabilidade econômica.

Referências

BRASIL. Decreto nº 12.709, de 31 de outubro de 2025. Regulamenta a fiscalização de produtos de origem vegetal estabelecida pela Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, pelo art. 27-A, *caput*, inciso IV, e § 1º, inciso III, pelo art. 28-A e pelo art. 29-A da Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, pela Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, pela Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, e pela Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 nov. 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/d12709.htm. Acesso em: 25 ago. 2026.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, v. 12, n. 4, p. 214-219, 1980. DOI: https://doi.org/10.1080/00224065.1980.11980968.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 5. ed. rev. Curitiba: PUCPRESS, 2019. 540 p.

OLIVEIRA, É. R.; DE DEUS, K. O.; CALIARI, M. Production, characterization and acceptability of different alcohol-based pineapple liqueurs. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 108-114, jan-mar, 2015. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2736. Acesso em: 3 dez. 2025.

PEREIRA, L. F. A.; FIRMO, W. da C. A.; COUTINHO, D. F. A importância do reaproveitamento de resíduos da indústria alimentícia: o caso do processamento de frutas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, e38111234089, set. 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34089.

RUFINO, M. do S. M. *et al.* **Metodologia científica:** determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4 p. (Comunicado Técnico, 125). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/664098. Acesso em: 12 maio 2026.

RUFINO, M. do S. M. *et al.* **Metodologia científica:** determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/426953. Acesso em: 4 maio 2026.

SANTOS, D. I. *et al.* Pineapple (*Ananas comosus L.)* by-products valorization: novel bio ingredients for functional foods. **Molecules**, v. 26, n. 11, art. 3216, May 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules26113216.

SPIGNO, G.; TRAMELLI, L.; DE FAVERI, D. M. Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 200-208, July 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.021.

TEIXEIRA, L. J. Q.; RAMOS, A. M.; CHAVES, J. B. P.; SILVA, P. H. A.; STRINGHETA, P. C. Avaliação tecnológica da extração alcoólica no processamento de licor de banana. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 329-346, 2005. DOI: https://doi.org/10.5380/cep.v23i2.4482.

Agradecimentos

Aos coautores deste trabalho, pelas contribuições científicas, pela orientação e pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa; à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), pela infraestrutura e pelo suporte institucional; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa e pelo incentivo à formação científica.