

FERMENTAÇÃO DE MOSTO CERVEJEIRO UTILIZANDO UMBU-CAJÁ (*SPONDIAS SPP*) COMO ADJUNTO DE MALTE

FERMENTATION OF BEER WORT USING UMBU-CAJÁ (*SPONDIAS SPP*) AS A MALT ADJUNCT

DOI: 10.65747/conali2025v2c10

Danielle de Novaes Tosta¹; Marília Lordêlo Cardoso Silva²; Hélia Lucila Malta²; Giovani Brandão Mafra de Carvalho²; Abraão Brito Peixoto²; Cassiane da Silva Oliveira Nunes³

¹Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UEFS; E-mail: dannytosta23@gmail.com

²Docente do Depto de Tecnologia – UEFS

³Docente do Instituto Federal Baiano campus Catu – IF Baiano

Resumo: Este estudo investigou a viabilidade do umbu-cajá (*Spondias spp*) como adjunto de malte na fermentação de mosto cervejeiro, buscando inovação e redução de custos na produção de cerveja. O objetivo principal foi avaliar os parâmetros de fermentação utilizando diferentes concentrações de polpa de umbu-cajá. A metodologia envolveu um delineamento inteiramente casualizado, com obtenção e caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá, produção de mosto cervejeiro e fermentação em bancada com levedura *Saccharomyces cerevisiae* 308. Foram testadas concentrações de polpa de 0%, 10%, 30% e 49%. Os resultados indicaram que a adição de polpa de umbu-cajá afetou a produção e produtividade de etanol, mas não a viabilidade celular da levedura. Embora concentrações mais altas de polpa (30% e 49%) tenham reduzido o teor final de álcool, elas aumentaram a produtividade. Não houve diferença significativa entre o teor final de álcool do ensaio sem polpa e o ensaio com 10% de polpa, enquanto as maiores concentrações de polpa mostraram maior produtividade. Concluiu-se que a polpa de umbu-cajá pode acelerar a reação fermentativa, mas em altas concentrações pode inibir o rendimento final devido a estresse osmótico ou toxicidade para as leveduras. Estudos futuros são sugeridos para investigar a influência de outros fatores como pH, acidez, temperatura e composição da polpa, além de análises sensoriais para otimizar a concentração de polpa para um produto comercial.

Palavras-chave: fermentação; mosto; umbu-cajá

Abstract: This study investigated the feasibility of umbu-cajá (*Spondias spp*) as an adjunct in brewing wort fermentation, aiming for innovation and cost reduction in beer production. The primary objective was to evaluate fermentation parameters using different concentrations of umbu-cajá pulp. The methodology involved a completely randomized design, including the acquisition and physicochemical characterization of

umbu-cajá pulp, brewing wort production, and bench-scale fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* 308 yeast. Pulp concentrations of 0%, 10%, 30%, and 49% were tested. The results indicated that the addition of umbu-cajá pulp affected ethanol production and productivity but not yeast cell viability. Although higher pulp concentrations (30% and 49%) reduced the final alcohol content, they increased productivity. There was no significant difference between the final alcohol content of the trial without pulp and the trial with 10% pulp, while higher pulp concentrations showed greater productivity. It was concluded that umbu-cajá pulp can accelerate the fermentative reaction, but at high concentrations, it may inhibit the final yield due to osmotic stress or toxicity to the yeasts. Future studies are suggested to investigate the influence of other factors such as pH, acidity, temperature, and pulp composition, as well as sensory analyses to optimize pulp concentration for a commercial product.

Keywords: fermentation, wort, umbu-cajá

INTRODUÇÃO

Segundo o decreto 9.902, de 8 de julho de 2019, “cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro.” (1)

De um modo geral, a produção de cerveja utiliza quatro ingredientes clássicos: malte de cevada, água, lúpulo e levedura, envolvendo cinco etapas: maltagem, mosturação, fermentação, maturação e envase (2). O mosto é uma matriz complexa composta principalmente por carboidratos, sendo a maltose o açúcar mais abundante, seguido por maltotriose, monossacarídeos e sacarose. Esses açúcares são metabolizados pela levedura cervejeira que requer uma fonte orgânica de carbono (3). Durante a fermentação, os açúcares são convertidos em etanol, dióxido de carbono e outros produtos, como álcoois superiores e ésteres. Estima-se que 80% dos açúcares sejam utilizados durante o período inicial da fermentação e o teor alcóolico será maior quanto maior for a quantidade inicial destes. No início do processo fermentativo, a levedura se adapta às novas condições, o que leva de algumas a várias horas. Isto é seguido pela chamada fermentação principal, durante a qual a produção do álcool é maior (4). Uma consideração relevante no mercado atual de cervejas é o uso de adjuntos com alta concentração de açúcares fermentáveis, que contribuem para uma maior produção de etanol.

As cervejarias estão sob pressão do consumidor para desenvolver produtos inovadores, além da pressão para reduzir os custos com a produção. Para atender a esses objetivos, elas vêm utilizando adjuntos de malte mais baratos que causam alterações na qualidade sensorial da cerveja. A utilização de adjuntos pode aproveitar as vantagens de matérias-primas de diferentes regiões do mundo (5). A presença de compostos bioativos, como polifenóis e antioxidantes, faz das frutas adjuntos interessantes para aprimorar as características nutricionais e funcionais da cerveja. Além disso, podem ser utilizadas para alterar seu perfil sensorial, conferindo-lhe características únicas. Ao longo do processo de fabricação, estas podem ser incluídas na fermentação primária, na fermentação secundária, na fervura do mosto ou na maturação, em concentração que varia de 0,2% a 49%, dependendo das características da fruta e do produto desenvolvido (6). Frutas como banana (7), maracujá do mato (8)

e cacau (9) foram empregadas na fabricação de cerveja, levando principalmente à redução dos custos de produção pelo aumento do rendimento do volume e da produtividade, usando frutas tropicais abundantes no Brasil.

Nesse contexto, o umbu cajá surge como uma fruta tropical exótica com propriedades que podem ser atrativas e exploradas. Pertencente à família Anacardiaceae o umbu-cajá (*Spondia* spp) se origina do cruzamento de umbu e cajá e tem recebido atenção devido ao conteúdo de compostos bioativos, especialmente polifenóis (10), (1). A industrialização de umbu-cajá ainda é bastante limitada, sendo seu principal produto a polpa congelada. No entanto, há interesse em outros produtos como geleias e bebidas alcoólicas fermentadas (10). Seguindo a tendência de pesquisas envolvendo substituição de malte por polpa de fruta, este trabalho propôs o estudo do umbu-cajá como adjunto cervejeiro, onde foram avaliados os parâmetros de fermentação para diferentes concentrações de polpa utilizada.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento Experimental

O experimento de fermentação consistiu de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde as unidades experimentais foram alocadas aleatoriamente aos tratamentos.

Obtenção e armazenamento da polpa de umbu-cajá

Os frutos foram obtidos do distrito de Jaíba no município de Feira de Santana, Bahia, colhidos no estágio de maturação maduro. Os frutos selecionados foram lavados com água tratada corrente para a retirada de impurezas. Em seguida, foram sanificados por 30 minutos, com água a 100 ppm de cloro livre, e enxaguados com água corrente potável para a remoção do excesso de cloro. Posteriormente, os frutos foram despulpados, em despulpadeira de bancada, e armazenados a -18 °C em embalagens flexíveis de polietileno de baixa densidade até a realização dos ensaios.

Produção do mosto

O mosto foi produzido de acordo com as técnicas convencionais de fabricação de cerveja no Laboratório de Fermentação da Universidade Estadual de Feira de Santana–UEFS, Bahia/Brasil. O malte (*Chateau Pilsen 3.25 EBC*, origem Bélgica) foi moído em moinho de bancada para diminuir a granulometria do grão e facilitar a hidrólise catalisada por enzimas durante a mosturação. A rampa de mosturação utilizada na produção do mosto foi adaptada de Carvalho e Zambiasi (12). O valor do pH inicial do mosto obtido foi ajustado para 5,3 por meio da adição de ácido láctico. Os mostos foram envasados a quente (> 90 °C) e mantidos a 0 °C até à sua utilização.

Inóculo

O inóculo foi preparado por propagação segundo as condições estabelecidas por Silva (13) a partir de células da levedura cervejeira *Saccharomyces cerevisiae* 308 de baixa fermentação (tipo lager), obtida do Centro de Tecnologia de Produtos Alimentares SENAI/Vassouras-RJ (procedente da coleção de cepas da Academia DOEMENS-Alemanha).

Fermentação de bancada

Os ensaios de produção de cerveja em escala de laboratório foram feitos com a combinação de três concentrações de polpa de umbu cajá (10%, 30% e 49%) como adjunto e mosto puro malte (0% de polpa), na temperatura de 15 °C e concentração de extrato original do mosto de 11 °P. A polpa foi adicionada ao mosto após a etapa de fervura, no início da fermentação de acordo com Carvalho (7), quando da utilização de frutas como adjunto. Os frascos Erlenmeyer de 500 ml e volume útil de 250 mL dispunham de válvula de airlock para fechar o sistema. A fermentação foi acompanhada com medições em intervalos regulares de 12 em 12 horas até a atenuação aparente alcançar cerca de 70-75% (1,0 °P acima do valor final de açúcares fermentescíveis).

Para inoculação inicial, as leveduras foram pesadas conforme indicação do fabricante e propagadas em frasco Erlenmeyer em incubadora shaker com agitação (100 mL/ 30 °C/ 150 rpm, 24 h) até proporcionar concentração celular de $1,0 \times 10^8$ cel mL⁻¹ para garantir o início da fermentação com $1,0 \times 10^7$ cel mL⁻¹. A propagação das leveduras foi realizada utilizando mosto puro malte (12 °P).

Para avaliar a contribuição da polpa de umbu-cajá como adjunto no processo de produção de cerveja, realizou-se o acompanhamento da fermentação através da análise dos parâmetros: consumo de substrato, produção de etanol e concentração celular.

Análise do mosto

Durante toda a fermentação foram retiradas amostras em triplicata. As células foram removidas por centrifugação a 4000 rpm por 10 min e o sobrenadante foi utilizado a 20 °C para quantificar o extrato aparente e a concentração de etanol, em equipamento analisador de cerveja (densímetro de bancada, Rudolph Research Analytical, marca Tecnal).

Contagem de células

A concentração de células em suspensão foi determinada em câmara de Neubauer e expressa em cell.mL⁻¹. A viabilidade celular foi determinada pelo método de coloração com azul de metileno. Cada determinação foi realizada em triplicata.

Análise estatística

A análise de variância (ANOVA) para os experimentos foi feita pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do software estatístico SISVAR 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A levedura iniciou a produção de etanol nas primeiras horas de fermentação nas quatro condições testadas, seguindo o mesmo padrão de aumento da concentração até a fase estacionária, que indica o fim da fermentação. Contudo, a análise dos gráficos permite identificar que a produção de etanol foi maior para o ensaio sem polpa, seguido pelo ensaio contendo 100 g/L de polpa (a menor quantidade acrescentada) (Figuras 1 a 3). Em concentrações mais altas de polpa, 300 g/L e 490 g/L, os picos de produção foram mais baixos (Tabela 2). Em contrapartida, pela análise da Figura 4, observa-se uma maior produtividade em etanol para os ensaios com maior concentração de polpa, ou seja, as velocidades instantâneas de produção são maiores nestes ensaios. Pela análise do gráfico de resíduos (Figura 5), observa-se que os pontos estão distribuídos aleatoriamente em torno da linha zero (Y=0), sem padrões discerníveis, o que indica

que o modelo está capturando bem a tendência dos dados e que os erros são aleatórios, mas há uma mudança na dispersão ao longo do tempo sugerindo que a variância do erro do modelo não é constante, o que pode ser um ponto a ser investigado para um possível refinamento do modelo.

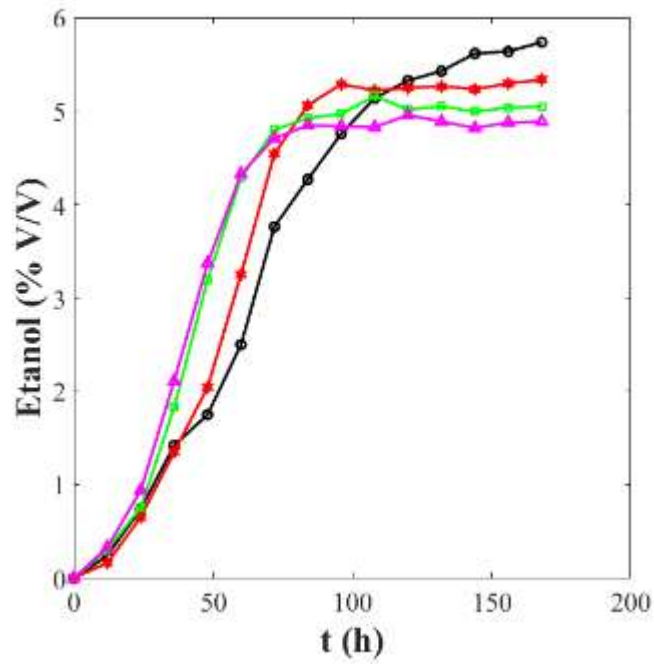


Figura 1: Produção de etanol ao longo do tempo de fermentação.

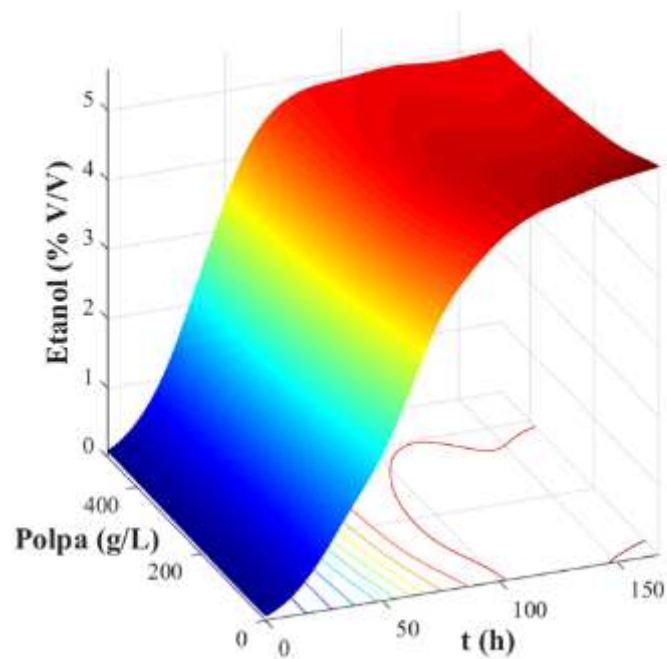


Figura 2: Superfície de resposta para a produção de etanol em função das variáveis tempo de fermentação e concentração de polpa de umbu-cajá.

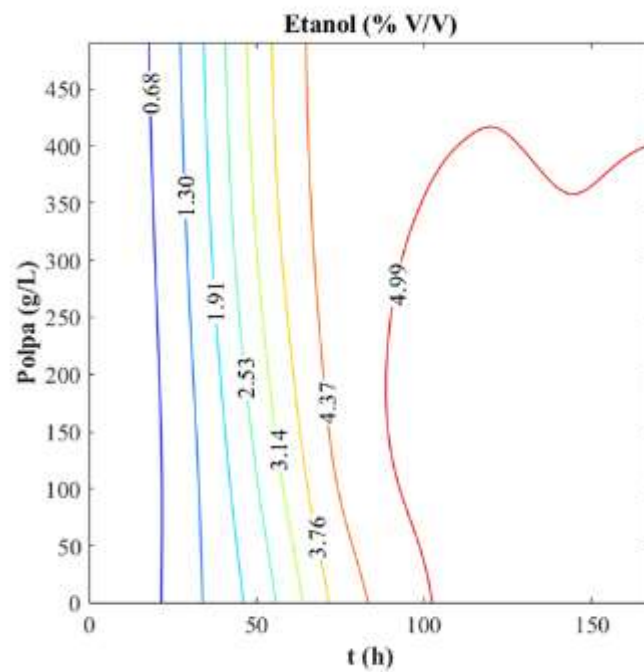


Figura 3: Curvas de nível para a produção de etanol em função das variáveis tempo de fermentação e concentração de polpa de umbu-cajá.

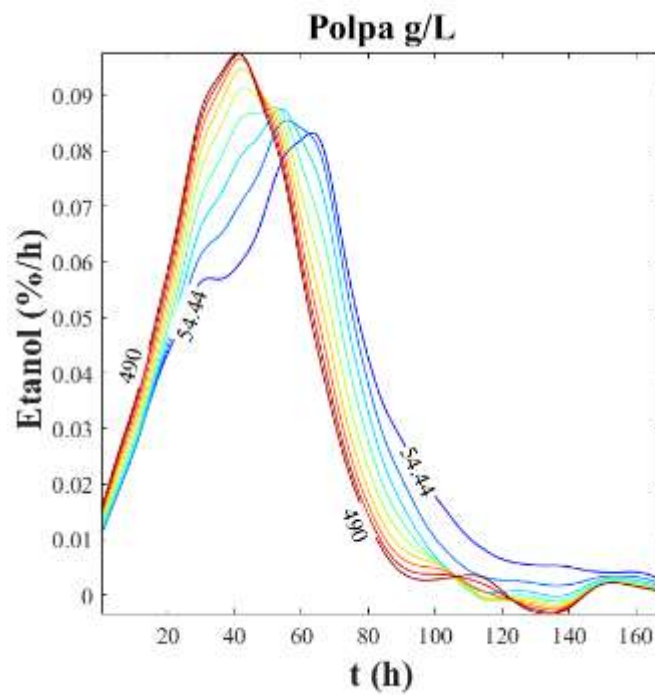


Figura 04: Produtividade em etanol por tempo de fermentação.

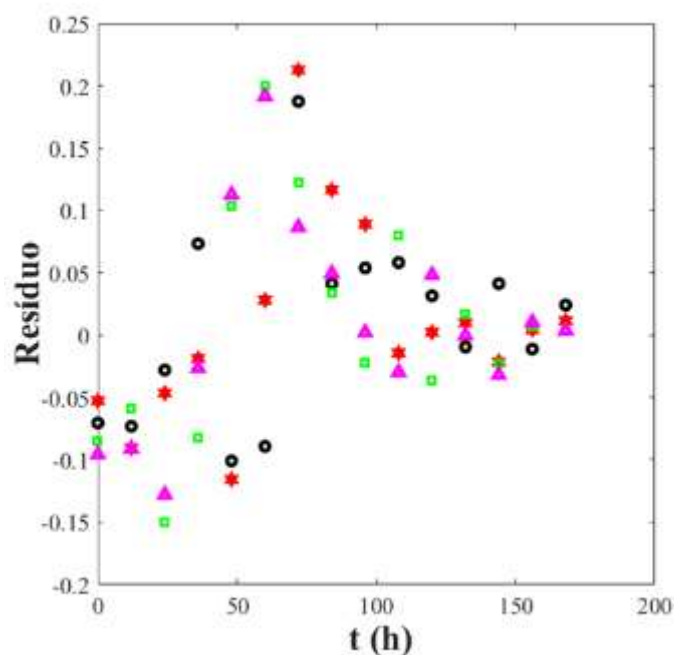


Figura 5: Gráfico de resíduos.

A adição de polpa acelera a reação, mas prejudica o rendimento final, um clássico dilema de otimização em processos fermentativos. Inicialmente, a adição de polpa acelera a reação, mas com o aumento da concentração, o próprio substrato (no caso, a polpa) pode se tornar tóxico ou inibitório para as leveduras, gerando um estresse osmótico ou toxicidade. Além disso, pode ocorrer inibição pelo produto, ou seja, à medida que o etanol se acumula a atividade metabólica da levedura vai diminuindo até cessar (14).

A adição de polpa de cacau ao mosto cervejeiro aumentou a produtividade volumétrica e o rendimento em etanol (9). Utilizando-se polpa de maracujá do mato como adjunto de malte foi encontrado um teor alcoólico de 6,2% de etanol (8). Diferentes frutas impactam de forma diferente na fermentação e outros fatores podem influenciar a produção de etanol, como temperatura, pH, tipo de microrganismo, e composição da polpa. Nessa perspectiva, este trabalho representa uma análise exploratória inicial que pode ser expandida para o estudo de outros fatores em trabalhos futuros.

Tabela 2: Percentual de etanol determinado ao longo do tempo de fermentação para os ensaios realizados.

ETANOL % (média ± desvio)*				
Tempo	Concentração de polpa			
	0 g/L	100 g/L	300 g/L	490 g/L
0	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

12	0,24 ± 0,04	0,16 ± 0,19	0,30 ± 0,16	0,33 ± 0,03
24	0,74 ± 0,05	0,65 ± 0,19	0,75 ± 0,06	0,94 ± 0,31
36	1,42 ± 0,05	1,35 ± 0,15	1,83 ± 0,42	2,11 ± 0,61
48	1,75 ± 0,16	2,04 ± 0,09	3,20 ± 0,56	3,37 ± 0,48
60	2,50 ± 0,16	3,25 ± 0,05	4,29 ± 0,05	4,33 ± 0,37
72	3,76 ± 0,32	4,54 ± 0,07	4,80 ± 0,02	4,71 ± 0,07
84	4,27 ± 0,43	5,06 ± 0,05	4,93 ± 0,02	4,85 ± 0,04
96	4,76 ± 0,16	5,29 ± 0,14	4,97 ± 0,02	4,84 ± 0,02
108	5,14 ± 0,10	5,22 ± 0,02	5,16 ± 0,36	4,83 ± 0,02
120	5,33 ± 0,07	5,25 ± 0,04	5,02 ± 0,03	4,96 ± 0,13
132	5,43 ± 0,01	5,27 ± 0,04	5,05 ± 0,01	4,89 ± 0,03
144	5,62 ± 0,09	5,24 ± 0,04	5,00 ± 0,04	4,82 ± 0,02
156	5,64 ± 0,11	5,30 ± 0,10	5,04 ± 0,01	4,88 ± 0,06
168	5,74 ± 0,11 ^a	5,34 ± 0,14 ^a	5,05 ± 0,05 ^b	4,89 ± 0,02 ^b

*médias com letras iguais não diferem entre si (p>0,05)

A atenuação do extrato aparente foi semelhante para os ensaios contendo polpa de umbu-cajá e se destacou para o ensaio controle, o qual atingiu 2,51%, tendo sido iniciado em 11,49% (Tabela 3). Esses dados corroboram com os de produção de etanol, uma vez que os açúcares do mosto são utilizados para a conversão em álcool e dióxido de carbono, além de outros metabólitos, ao longo do processo fermentativo.

Tabela 3: Percentual de extrato aparente determinado ao longo do tempo de fermentação.

EXTRATO APARENTE % (média ± desvio)				
Tempo	Concentração de polpa			
	0 g/L	100 g/L	300 g/L	490 g/L
0	11,49 ± 0,07	11,15 ± 0,33	11,06 ± 0,10	10,93 ± 0,09
12	11,12 ± 0,07	10,88 ± 0,29	10,58 ± 0,26	10,42 ± 0,04
24	10,34 ± 0,07	9,82 ± 0,29	9,88 ± 0,10	9,46 ± 0,48
36	9,27 ± 0,07	9,02 ± 0,23	8,20 ± 0,66	7,64 ± 0,96
48	8,76 ± 0,24	7,94 ± 0,14	6,05 ± 0,88	5,66 ± 0,75

60	7,58 ± 0,24	6,05 ± 0,08	4,34 ± 0,08	4,15 ± 0,58
72	5,61 ± 0,50	4,03 ± 0,12	3,55 ± 0,03	3,56 ± 0,10
84	4,81 ± 0,67	3,21 ± 0,07	3,35 ± 0,03	3,35 ± 0,06
96	4,05 ± 0,26	2,86 ± 0,22	3,28 ± 0,02	3,36 ± 0,03
108	3,46 ± 0,15	2,96 ± 0,04	2,98 ± 0,56	3,37 ± 0,02
120	3,15 ± 0,10	2,92 ± 0,06	3,21 ± 0,04	3,18 ± 0,20
132	2,99 ± 0,01	2,89 ± 0,06	3,15 ± 0,01	3,28 ± 0,05
144	2,70 ± 0,13	2,95 ± 0,06	3,24 ± 0,06	3,38 ± 0,03
156	2,67 ± 0,11	2,78 ± 0,14	3,17 ± 0,02	3,30 ± 0,08
168	2,51 ± 0,34 ^a	2,74 ± 0,22 ^b	3,16 ± 0,07 ^b	3,28 ± 0,04 ^b

*médias com letras iguais não diferem entre si (p>0,05)

As células se mantiveram viáveis em todos os ambientes de fermentação ao longo dos 7 dias, com valores que estiveram na faixa de 70 a 80% na maioria dos tempos avaliados. Não houve diferença estatisticamente significativa para a porcentagem de viabilidade celular ao final da fermentação para as quatro condições testadas, contudo, cruzando os dados da Tabela 4 com os da Tabela 2, percebe-se que mesmo com alta viabilidade celular, em ambiente com alta concentração de polpa, as células, vivas e saudáveis, não garantiram uma fermentação eficaz. Isso pode ser devido a presença de inibidores ou a alta densidade do mosto, que gera um estresse osmótico, como já foi discutido anteriormente.

Tabela 4: Viabilidade celular determinada ao longo do tempo de fermentação.

VIABILIDADE CELULAR % (média ± desvio)				
Tempo	Concentração de polpa			
	0 g/L	100 g/L	300 g/L	490 g/L
0	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	88,46 ± 4,58	84,68 ± 3,0
12	55,17 ± 16,65	71,07 ± 8,30	92,90 ± 5,69	90,45 ± 7,45
24	24,64 ± 36,57	14,29 ± 21,39	91,29 ± 52,00	85,20 ± 49,67
36	51,63 ± 13,44	52,32 ± 6,10	91,16 ± 4,33	74,79 ± 17,70
48	38,58 ± 21,23	83,39 ± 16,15	91,85 ± 7,98	86,57 ± 4,32
60	70,03 ± 3,27	77,35 ± 26,99	80,09 ± 14,57	88,26 ± 9,29
72	69,03 ± 17,15	90,45 ± 4,48	84,00 ± 15,30	70,62 ± 16,75
84	63,10 ± 9,82	76,53 ± 7,94	91,75 ± 5,15	83,33 ± 22,15

96	67,21 ± 5,51	81,75 ± 9,05	83,60 ± 11,48	83,33 ± 8,53
108	67,24 ± 10,01	83,38 ± 3,67	82,67 ± 2,54	79,33 ± 5,63
120	61,06 ± 9,96	84,72 ± 13,18	79,21 ± 2,39	81,40 ± 8,23
132	75,08 ± 3,72	71,98 ± 27,76	89,61 ± 4,75	95,30 ± 3,08
144	68,91 ± 6,67	84,42 ± 162,74	71,52 ± 6,38	76,58 ± 11,60
156	65,96 ± 7,16	81,38 ± 7,04	78,57 ± 10,60	77,38 ± 14,78
168	57,14 ± 17,97 ^a	71,73 ± 19,72 ^a	74,69 ± 5,76 ^a	75,56 ± 9,81 ^a

*médias com letras iguais não diferem entre si (p>0,05)

CONCLUSÕES

Os experimentos realizados permitiram avaliar a influência da adição de polpa de umbu-cajá como adjunto na fermentação de mosto cervejeiro. A polpa afetou tanto a produção quanto a produtividade em etanol, mas não afetou a viabilidade celular. A adição de polpa em altas concentrações reduziu o teor de álcool final, mas aumentou sua produtividade. Estudos complementares podem levar a compreensão dos achados nesse estudo, como a influência do pH, acidez, temperatura e composição da polpa. Além disso, a obtenção do perfil sensorial da cerveja pode auxiliar na definição da melhor concentração de polpa para se obter um produto comercial.

REFERÊNCIAS

- (1) **BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019.** Dispõe sobre a definição oficial de cerveja. *Diário Oficial da União*: seção 1, **Brasília, DF, 8 jul. 2019.**
- (2) SILVA, J. R. et al. Mandacaru fruit pulp (*Cereus jamacaru* D.C.) as an adjunct and its influence on beer properties. **Food Chemistry**, v. 406, p. 135066, 2023.
- (3) PAULINA, B.; KORDIALIK-BOGACKA, E. Alternatives to malt in brewing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 65, p. 1–9, jul. 2017.
- (4) ZDANIEWICZ, M. et al. The effect of different oat (*Avena sativa* L) malt contents in a top-fermented beer recipe on the brewing process performance and product quality. **Journal of Cereal Science**, v. 101, p. 103301, 2021.
- (5) SILVA, N. T. Effects of yeast fermented soursop and umbu-cajá pulps on the colonic microbiota of middle-aged hypertensive adults. **Revista de Alimentos Funcionais**, v. 10, p. 150–160, 2023.
- (6) RADU, E.-D. et al. Unconventional raw materials used in beer and beer-like beverages production: Impact on metabolomics and sensory profile. **Food Research International**, v. 183, p. 114203, 2024.
- (7) CARVALHO, G. B. M. Utilização de banana como adjunto no processo de fabricação de cerveja. **Scopus**, 2009. Disponível em: <<https://www.scopus.com>>. Acesso em: 17 jul. 2025.

- (8) MELO, T. V. et al. Effect of different concentrations of bush passion fruit pulp and temperature in the production of beer. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 32, p. 1758–1765, 2017.
- (9) NUNES, C. S. O. et al. Cocoa pulp in beer production: Applicability and fermentative process performance. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 8, p. 2452–2460, 2017.
- (10) SANTOS, A. F. Process optimization for elaboration of cajá-umbu (spondias spp.) fruit jelly: the effect of pulp and pectin contents on sensory attributes and volatile constituents. **Food Chemistry**, v. 274, p. 45–52, 2021.
- (11) MACÊDO, R. D. Análise dos compostos bioativos do umbu-cajá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, n. 3, p. 123–132, 2023.
- (12) CARVALHO, J.; ZAMBIAZI, R. C. Elaboração de cerveja utilizando polpa de frutas como adjunto: adaptação do processo de mosturação. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 45–52, 2011.
- (13) SILVA, L. C. **Fermentação de cerveja: métodos de propagação da levedura *Saccharomyces cerevisiae***. 2. ed. São Paulo: Editora SENAI, 2005.
- (14) DORAN, P. M. **Bioprocess engineering principles**. 2nd ed. London: **Academic Press**, 2013.