CERVEJA ARTESANAL DE ERVA-MATE: AVALIAÇÃO DA CINÉTICA FERMENTATIVA USANDO LEVEDURAS NÃO-CONVENCIONAIS

Mateus Pereira Flores SANTOS [1,2]*, Angie Jennifer Georget Garcia DOMINGUEZ [2], Jonathan Barbosa SANTOS [2], Jean Pereira COUTINHO [3], Antônio Fábio Reis FIGUEIREDO [4], Ana Paula Trovatti UETANABARO [5]

[1] Docente, Universidade Federal de Sergipe, DEAGROS; [2]Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, UESB [3] Docente, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais [4] Docente, Universidade Estadual de Santa Cruz [5] Programa de Pós-graduação em Biologia e Biotecnologia de Microrganismos, UESC

*E-mail para contato: mateuspfloress@outlook.com

RESUMO: A utilização de adjuntos botânicos como a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em cervejas artesanais busca a diferenciação sensorial e a inovação tecnológica. Este trabalho avaliou a viabilidade produtiva, a cinética fermentativa e a caracterização final de cervejas do estilo *Strong Bitter* elaboradas com diferentes tratamentos de erva-mate usando leveduras isoladas de dornas de cachaçaria. O delineamento experimental contou com quatro formulações de Cerveja: Controle, com Erva-Mate Verde, com Erva-Mate Tostada e com um Blend das duas variedades. O monitoramento do processo incluiu análises de densidade, pH, contagem celular e evolução do teor alcoólico (ABV). Os perfis cinéticos revelaram a robustez das linhagens de destilaria frente à matriz complexa, com picos de contagem celular ocorrendo entre 24 e 48 horas de fermentação, atingindo valores máximos superiores a $3{,}5 \times 10^8$ células/mL. Verificou-se que a presença da erva-mate não inibiu o crescimento, resultando em densidades populacionais superiores ao grupo controle. A caracterização físico-química ratificou a viabilidade da transposição tecnológica, com parâmetros dentro do enquadramento técnico no estilo *Strong Bitter*. Conclui-se que a transposição de leveduras isoladas de cachaçaria para produção de cerveja com erva-mate é viável e livre de inibição metabólica. O processo garante estabilidade e inovação tecnológica, conferindo identidade regional ao produto final.

Palavras-chave: Bebidas fermentadas; Bioprospecção; Biotecnologia de Alimentos; *Ilex paraguariensis*; *Saccharomyces cerevisiae SC52*; *Strong Bitter*

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas fermentadas mais antigas, tendo registros de sua produção

que datam de aproximadamente 9.000 anos atrás, na China, a qual era produzida pelo método de fermentação espontânea, por ação de leveduras selvagens. Após a Revolução Industrial, os avanços tecnológicos possibilitaram a adoção de métodos controlados, padronização do processo, bem como a utilização de diferentes técnicas para aumentar a estabilidade das bebidas, como a pasteurização e filtração. Além disso deu-se início a utilização de cepas selecionadas, bem como o isolamento de diferentes cepas ampliando a diversidade de estilos e sabores (Zdaniewicz et al., 2024).

A produção de cerveja envolve etapas fundamentais para assegurar um produto equilibrado e estável (Dubey, 2023). O processo compreende: (1) moagem dos cereais, (2) mosturação dos grãos moídos em água, que ocorre temperaturas específicas para ativar/inativar enzimas responsáveis pela quebra de proteínas e polissacarídeos, incluindo amidos; (3) fervura do mosto, que temo como objetivo concentrar e adicionar o lúpulo, fonte de alfa-ácidos que conferem amargor e equilíbrio ao dulçor do malte, além de compostos com ação antimicrobiana e impacto no aroma; (4) fermentação, fase crítica na qual as leveduras convertem açúcares em etanol, dióxido de carbono e metabólitos secundários que influenciam o perfil sensorial; (5) acabamento que tem com intuito filtração reduz a turbidez e assegura estabilidade microbiológica, além da carbonatação e envase (Gumienna et al., 2024).

As leveduras utilizadas na produção da cerveja pertencem ao gênero *Saccharomyces* e estão distribuídas na espécie *S. cerevisiae*. A partir do potencial dessa espécie, o isolamento de novas cepas destaca-se como estratégia para diversificar sabores e ampliar a formação de compostos bioativos para as cervejas artesanais (Zdaniewicz et al., 2024). Essa busca por diferenciação impulsiona o uso de leveduras locais ou regionais, selecionadas por meio da bioprospecção em microbiotas naturais ou após processo de fermentações industriais e/ou espontâneos com intuito de conferir identidade às bebidas. A produção de diferentes metabólitos voláteis durante a fermentação, incluindo ésteres, álcoois superiores e fenóis, que vão influenciar diretamente o perfil aromático e funcional das cervejas artesanais. Esses compostos, sintetizados tanto por cepas convencionais quanto por não convencionais e híbridas, são responsáveis por definir a complexidade sensorial e a autenticidade necessária para a diferenciação competitiva no mercado artesanal (Coutinho, 2025)

As cervejas artesanais vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado brasileiro, e essa expansão decorre da mudança no comportamento do consumidor. Em 2023, a produção nacional ultrapassou 15,34 bilhões de litros, dos quais 24,7% correspondem a cervejas puro malte (Brasil, 2025). Neste contexto, conforme dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (Anuário da Cerveja), o mercado atingiu um crescimento atual de 5,5% ao ano, sendo impulsionado pelos pequenos produtores locais. (Brasil, 2025). Logo, observa-se que os consumidores têm optados por produtos artesanias/locais e de maior qualidade (SEBRAE, 2023). Essa tendência acompanha o cenário global, no qual atributos sensoriais e identidade artesanal ganham relevância e atraem investimentos no segmento de cervejas com ingredientes regionais.

A valorização de ingredientes locais fortalece a identidade do produto e agrega valor simbólico à experiência de consumo (De Simone *et al.*, 2021). Dentre os diversos produtos que podem ser utilizados na produção de cerveja, podemos destacar a erva-mate (*Ilex paraguariensis)* é uma planta família Aquifoliácea, sendo uma espécie nativa da América do

Sul. No Brasil, suas folhas são utilizadas no preparo de bebidas por infusão como chimarrão, chá mate e tereré, sendo muito apreciada devido a sua composição química rica em compostos bioativos, como, ácidos fenólicos, flavonoides, metilxantinas e saponinas, compostos responsáveis pela alta atividade antioxidante (Bisognin et al., 2019). Logo, devido sua composição química rica em compostos bioativo e suas características sensoriais únicas, a erva-mate pode vir a ser utilizada no preparo de bebidas destiladas fermentadas, como cervejas artesanais, com intuito de agregar sabor a estes produtos além de abaixar os custos de produção (Oliveira et al., 2017).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo verificar a influência da erva-mate nos parâmetros cinéticos da fermentação durante a produção da cerveja artesanal utilizando uma cepa de *S. cerevisiae* (SC52) isolada de dorna de cacharia do interior da BA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foi utilizada a cepa SC52, do Laboratório de Microbiologia Aplicada à Agroindústria (LABMA) da Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus, Bahia. A cultura estoque da cepa é conservada em ultrafreezer (Coldlab CL, modelo 800-80) a -80 °C, sendo utilizada para o preparo dos pré-inóculos em condições assépticas. As folhas de erva-mate (verde e tostada) utilizadas nesses experimentos foram cedidas pela INOVAMATE Indústria e Comércio de Erva-mate (Ilópolis-RS).

2.1. Produção do Mosto Cervejeiro

O mosto foi produzido nas instalações da Agroindústria da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), em Ilhéus, Bahia, Brasil. Para isso foram utilizados os seguintes insumos: água mineral; malte de cevada, do tipo Pale ale; malte de cevada, do tipo cristal; lúpulo de amargor, da marca Nugget em Pellets tipo 90, com aproximadamente 11,5% de ácidos alfa, e as folhas de erva-mate (verde e torradas), doadas pela empresa INOVAMATE.

O preparo do mosto seguiu as seguintes etapas: moagem do malte, mosturação por 85 minutos seguindo a rampa de mosturação (**Tabela 1**), filtragem e fervura. A fervuras foi realizada por um tempo total foi de 60 minutos, de modo que nos 15 minutos finais foram adicionas as proporções pré-determinadas das folhas de erva-mate. Após a fervura, o mosto foi movimentado de forma tangencial para concentrar o *trub* no fundo do recipiente. O *trub* foi separado e o mosto resfriado e acondicionado em recipiente estéril onde ocorreu a propagação das leveduras e posteriormente a fermentação.

Tabela 1. Rampa de mosturação com as respectivas temperaturas, tempos de ativação e enzimas ativadas.

Temperatura (ºC)	Tempo (min)	Enzima ativa
65	70	Dextrinases e beta-amilases
72	10	Alfa-amilases
76	5	Inativação

2.1.1. Ativação, Cultivo e Fermentação

A partir da cultura estoque, a cepa de levedura SC52 foi reativada em caldo Sabouraud a 30 °C por 24 h sendo posteriormente cultivada em ágar Sabouraud nas mesmas condições. Após a incubação, as culturas foram transferidas, por meio da raspagem superficial das placas, com uso de alça de platina e em condições assépticas usando a Cabine de Segurança Biológica (CSB), para frascos de Erlenmeyer contendo mosto cervejeiro, iniciando a etapa de propagação. Os frascos foram incubados a 30 °C em agitador rotatório a 150 rpm por 24 h, conforme descrito por Coutinho (2025). Posteriormente a incubação, realizaram-se a contagem celular, utilizando a câmara de Neubauer, e a padronização dos pré-inóculos para uma concentração de $1{,}2 \times 10^8$ células/mL, de modo que o volume de inóculo correspondesse a 10% (v/v) do volume total de fermentação.

A fermentação foi conduzida em escala de bancada, em frascos de 1000 mL, sendo utilizado um volume útil de 900 mL, dos quais 90 % eram provenientes do mosto advindo da fervura e 10 % do mosto proveniente da propagação. Com a finalidade de promover o revigoramento e um rápido crescimento das leveduras, nas 12 horas iniciais da etapa de fermentação os frascos foram mantido fechado com capuchão estéril, possibilitando a via respiratória da levedura, energeticamente mais eficiente. Em seguida foi realizada a troca do capuchão estéril por válvula tipo *airlock*, para fechar o sistema, garantindo as condições anaeróbicas. Todo a etapa da fermentação ocorreu em estufa tipo BOD a 20 ºC, de modo que a fermentação foi monitorada durante 7 dias. Após a fermentação primária as amostras foram posteriormente armazenada em câmara fria para maturação e posterior uso experimental. (Figueirêdo *et al.,* 2018).

2.1.1. Acompanhamento da fermentação

Durante todo o processo fermentativo foram retirados alíquotas periódicas, em intervalos de 12 h, até o término da fermentação. O tempo final da fermentação foi determinado quando se alcançou o ponto de atenuação (concentração de açúcares não fermentescíveis do ensaio do ponto final).

Nessa etapa foram feitas medições de pH foi determinado em pHmetro com compensação manual de temperatura, equipado com eletrodo de vidro calomelano (Hanna Instruments, modelo HI 2221). Os sólidos solúveis foram quantificados com refratômetro óptico de Brix portátil. A densidade inicial (gravidade original) foi aferida com densímetro, com o líquido a 20 °C. Além das caracterizações físico-químicas da fermentação foi analisada a concentração de células em suspensão foi determinada por metodologia de contagem em câmara de Neubauer (1/400 mm^2 x 1/10 mm) e expressa em $cel.mL^{-1}$. A determinação da viabilidade celular (células viáveis e não viáveis) foi realizada pelo Método Internacional de coloração com azul de metileno (Figueirêdo *et al.,* 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros fermentativos das cervejas elaboradas com e sem adição de erva-mate foram monitorados ao longo de 168 horas (7 dias) de fermentação estão apresentados na Figura 1, que reúne os perfis de contagem celular (a), densidade (b), teor alcoólico (expresso em ABV) (c) e pH (d) para as amostras todas as mostras analisadas, controle (CC), cerveja com erva-mate verde (CMV) e cerveja com erva-mate tostada (CMT).

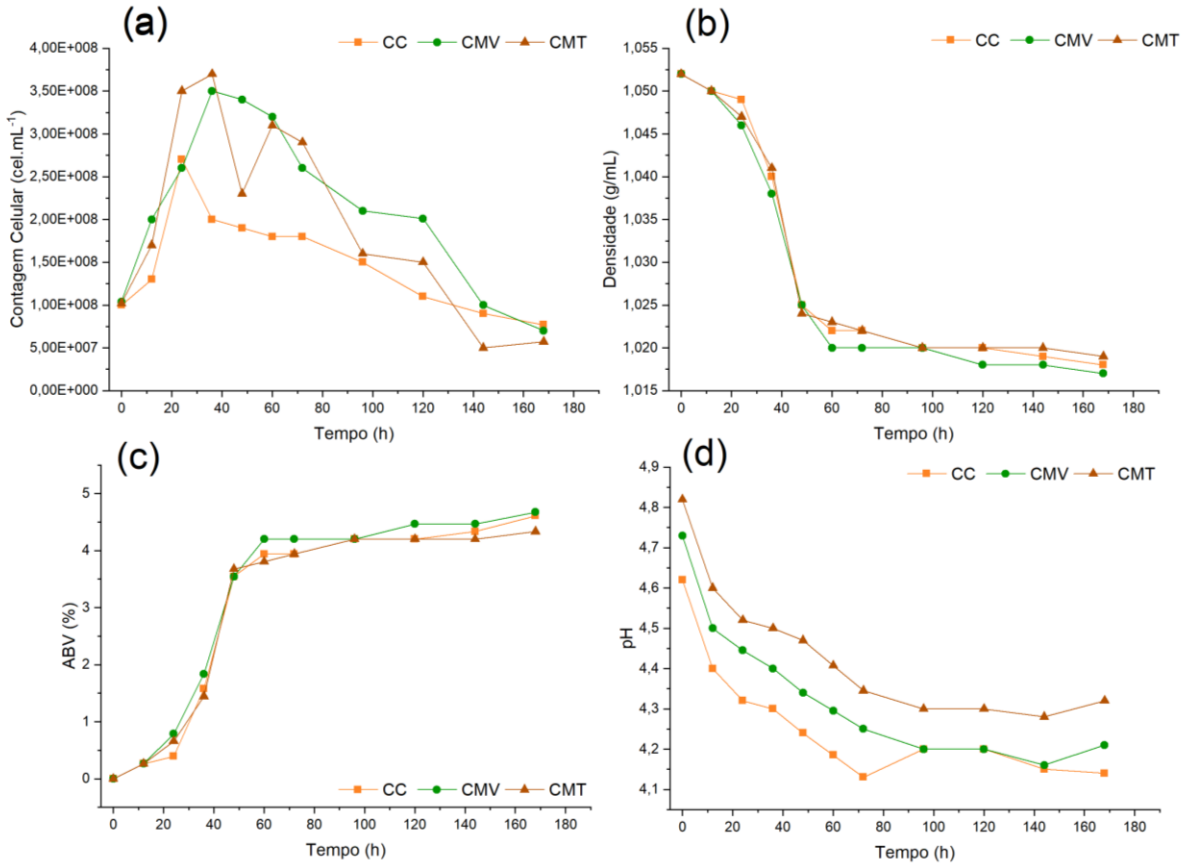


Figura 1. Figura 1. Evolução dos parâmetros fermentativos: Contagem celular (a); Densidade (b); Teor alcoólico (c) e pH (d), das cervejas elaboradas com adição de erva-mate verde (CMV) e erva-mate tostada (CMT) em comparação ao controle (CC).

Conforme observado na Figura 1a, todas as amostras apresentaram crescimento celular nas primeiras horas de fermentação, atingindo contagens máximas entre 24 e 36 horas, com destaque para os mostos que continham a erva-mate (CMV e CMT), que alcançaram valores superiores a $3{,}5 \times 10^8$ cel.mL^{-1}, superando o crescimento das leveduras que estavam fermentando o mostro controle (CC) que teve um pico de crescimento em 24 h com concentração de células viáveis em torno de $2{,}5\times 10^8$ cel.mL^{-1}. De acordo com Ziemlewska *et al.* (2021), a composição química da erva mate (*Ilex paraguariensis)*, pode estar diretamente relacionado ao maior crescimento das leveduras no meio, devido a sua composição de aminoácidos, vitaminas do complexo B (B1 e B2), minerais essenciais como potássio, magnésio, fósforo, cálcio e zinco, além de compostos polifenólicos. Estes compostos são fundamentais para o metabolismo e o crescimento celular das leveduras, e minerais como

fosfato, potássio, cálcio, magnésio e zinco são cruciais para a saúde das leveduras e, consequentemente, para o sucesso da fermentação. Assim, a adição de erva-mate ao mosto cervejeiro pode ter contribuído com nutrientes complementares que favoreceram o crescimento celular das leveduras nas amostras CMV e CMT.

De acordo com Figueirêdo *et al.* (2018), para a produção de cerveja, a fermentação é o ponto central, tendo como principal objetivo a conversão dos açúcares presentes no substrato em etanol e gás carbônico pela ação das leveduras. De modo que a sua concentração e viabilidade celular são fundamentais para o processo. Além disso podemos observar ainda que a partir do 5 dia (120 h) as leveduras acabam entrando na transição da fase estacionária para a fase de declínio, indicando assim que estas cepas têm uma fermentação mais rápidas que leveduras comerciais convencionais que apresentam um tempo médio de fermentação de 7 dias.

Em consonância com o crescimento celular, a densidade (Figura 1b) reduziu-se acentuadamente nas primeiras 48 horas, estabilizando-se em torno do 5º dia com uma densidade final próxima de 1,020 g/mL, confirmando que estas cepas apresentam maior velocidade de fermentação devido a estabilização mais rápida do consumo dos açúcares fermentescíveis. Observa-se ainda que teor alcoólico (Figura 1c) que acompanhou esse comportamento, porém de maneira inversamente proporcional à densidade, refletindo diretamente o consumo dos açúcares fermentescíveis ao longo do tempo e sua conversão em etanol pelas leveduras. Todas as amostras avaliadas, a produção de etanol seguiu perfis cinéticos semelhantes, com atenuação mais intensa nas primeiras 60 horas, estabilizando-se progressivamente até o final do processo atingindo valores próximos 4,7% ao término da fermentação. A densidade do mosto, utilizada como variável indicadora do processo, permitiu acompanhar o perfil fermentativo por meio do consumo de substrato e da formação de etanol, sendo amplamente utilizada como parâmetro cinético em estudos de fermentação cervejeira (De Almeida e Ferreira, 2022)

O pH (Figura 1d) apresentou queda acentuada nas primeiras horas do processo fermentativo para todas as amostras avaliadas, estabilizando-se entre 72 e 96 horas, comportamento esperado e característico da fermentação cervejeira. Com o aumento da concentração de CO_2 e com a produção de ácidos orgânicos na fase anaeróbica do metabolismo das leveduras, ocorre a redução do pH durante o processo de obtenção de cerveja. Os valores de estabilização situaram-se entre 4,1 e 4,2, dentro da faixa típica para cervejas, sendo que valores abaixo de 4,4 favorecem a clarificação do produto, aceleram a reabsorção de diacetil e aumentam a estabilidade biológica da bebida (Santos et al., 2017). Observou-se ainda que a CMT manteve pH ligeiramente mais elevado ao longo de todo o processo em relação às demais amostras, o que pode estar associado à presença de compostos tamponantes oriundos da erva-mate tostada.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível produzir uma cerveja adicionada de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), valorizando assim produtos nacionais e contribuindo para a difusão do consumo da erva-mate além de sua região de origem tradicional. Pode-se concluir ainda que a levedura isolada de dorna de cachaçaria (SC52) demonstrou-se eficaz no processo fermentativo, garantindo uma fermentação completa em aproximadamente 5 dias, mesmo na

presença da erva-mate como adjunto, indicando que a adição deste ingrediente não ocasionou reduções ou alterações negativas na etapa de fermentação. Pelo contrário, a utilização da erva-mate mostrou-se benéfica ao processo, uma vez que, além de potencializar o crescimento das leveduras, ainda possibilitou a redução da quantidade de lúpulo utilizado na formulação, o que representa um potencial ganho econômico e tecnológico para a produção cervejeira.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem INOVAMATE pela doação da erva-mate e as instituições de fomento CNPq e CAPES pelas conceção das bolsas e às instituições: UESC, UESB, UFS e IFNMG pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

BISOGNIN, D. A., LUZ, L. V., LENCINA, K. H., SANTOS, C. O., SAUTTER, C. K. Contents of total phenolics and flavonoids in and antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* leaves. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Online), v. 54, p. 1-8, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação Geral de Vinhos e Bebidas. **Anuário da Cerveja 2025: ano referência 2024**. Brasília: MAPA, 2025. 68 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br.

COUTINHO, Jean Pereira. Produção de cervejas artesanais com apelo à origem: aplicação do maracujá-do-campo (*Passiflora cincinnata*) e transferência de tecnologia com enfoque em uma levedura isolada da Mata Atlântica da Bahia. 2025. 165 f. Tese (Doutorado em Biologia e Biotecnologia de Microrganismos) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2025.

DE ALMEIDA, V. G., & FERREIRA, R. C. Modelagem e simulação do processo fermentativo de cerveja artesanal. *Brazilian Journal of Development*, *9*(10), 28082–28096. 2023.

DE SIMONE N, RUSSO P, TUFARIELLO M, FRAGASSO M, SOLIMANDO M, CAPOZZI V, GRIECO F, SPANO G. Autochthonous Biological Resources for the Production of Regional Craft Beers: Exploring Possible Contributions of Cereals, Hops, Microbes, and Other Ingredients. *Foods*. 2021; 10(8):1831.

DUBEY, M. Beer production by fermentation process: a review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2023.

FIGUEIRÊDO, A. F. R.; CARVALHO, G. B. M.; UETANABARO, A. P. T.; FIGUEIREDO, V. R.; DIAS, J. C. T. Application of Multivariate Analysis Techniques for Selection of Yeast with Potential for Beer Wort Fermentation. *Acta Scientific Microbiology*, v. 1, p. 3-11, 2018.

GUMIENNA, M.; LASIK-KURDYŚ, M.; GÓRNA, B. The development of the craft beer market, microorganisms, unconventional additives and their impact on the final product. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość / Food Science Technology Quality*, v. 31, n. 2, p. 5–23, 2024.

OLIVEIRA, M. D.; FABER, C. R.; OVIEDO, M. S. V. P. A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) como substituto parcial do lúpulo amargor na fabricação de cerveja artesanal. *Brazilian Journal of Food Research*. v. 8, n. 4, p. 1-12. 2017

SANTOS, S. F. D. M., MORAES, F. D. S., Fernandes, L. M., Ribeiro, L. B., & FREIRE, K. R. D. L. Análise cinética da fermentação das leveduras comerciais S-04 e S-33. *Revista Saúde e Ciência Online*, v. 7, n. 2, p. 502. 2017.

SEBRAE. O lucrativo mercado da cerveja: saiba como empreender com sabor. 27 mar. 2023. Disponível em: https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-lucrativo-mercado-da-cerveja-saiba-como-empreender-com-sabor . Acesso em: 20 maio 2026.

ZDANIEWICZ, M.; SATORA, P.; KANIA, P.; FLORKIEWICZ, A. The impact of selected *Lachancea* yeast strains on the production process, chemical composition and aroma profiles of beers. *Molecules*, v. 29, n. 23, 5674, 2024.

ZIEMLEWSKA, A., NIZIOŁ-ŁUKASZEWSKA, Z., BUJAK, T., ZAGÓRSKA-DZIOK, M., WÓJCIAK, M., & SOWA, I. Effect of fermentation time on the content of bioactive compounds with cosmetic and dermatological properties in Kombucha Yerba Mate extracts. *Scientific Reports*, *11*(1), 18792. 2021.