

Bebidas Fermentadas e Destiladas: pesquisas e aplicabilidades

ISBN: 978-65-88884-19-5

Capítulo 03

Produção de cerveja sem álcool: aplicabilidade de leveduras não *Saccharomyces* em Microcervejarias

Danilo de Matos Rocha ^a, Walter de Paula Pinto Neto ^{b,*}, Rayssa Karla Silva ^b, Marcos Antonio de Moraes Júnior ^b, Rafael Barros de Souza ^a.

^a Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco. R. Arnóbio Marques, 310, Santo Amaro, Recife, PE, 50.100-130, Brasil.

^b Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, PE, 50.670-901, Brasil.

***Autor correspondente:** Mestre em Biotecnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, PE, 50.670-901, Brasil. walter.pinto@ufpe.br.

Data de submissão: 18-05-2022

Data de aceite: 10-08-2022

Data de publicação: 31-08-2022



10.51161/editoraime/248/75 

RESUMO

Introdução: Com as legislações que restringem consumo de álcool para motoristas, a preocupação com a saúde por parte dos consumidores a respeito dos efeitos intoxicantes do etanol e restrições religiosas que proíbem o consumo de bebidas alcoólicas em alguns países, a cerveja sem álcool ganhou posição de destaque no mercado das bebidas, a ponto de angariar atenção das cervejarias artesanais para este nicho. **Objetivo:** Nesse sentido, o presente trabalho pretendeu avaliar a aplicação de leveduras não *Saccharomyces* para produção de cerveja sem álcool em microcervejarias. Além disso, avaliou as características fermentativas das leveduras não *Saccharomyces* na composição organoléptica da cerveja sem álcool e sua viabilidade econômica. **Metodologia:** O estudo baseou-se em uma revisão bibliográfica de caráter integrativo. **Resultados:** A maioria dos estudos apresentou os métodos físicos e biológicos para produção de cerveja sem álcool, suas implicações na qualidade do produto final e os investimentos econômicos necessários a serem feitos pelas cervejarias. Contudo, os investimentos mais altos são relacionados aos métodos físicos e podem estar fora do padrão de capital das microcervejarias. **Conclusão:** Neste contexto, concluiu-se que a utilização de leveduras não *Saccharomyces* apresenta vantagem econômica para adaptação em microcervejarias com resultados satisfatórios na qualidade final da cerveja sem álcool. Porém, é necessário que se realize mais estudos com novas linhagens de leveduras não *Saccharomyces* e novas receitas de mosto para avaliar se esta estratégia tecnológica tem potencial para gerar cervejas sem álcool com maior qualidade sensorial do que as cervejas produzidas pelos métodos físicos de remoção do etanol.

Palavras-chave: Bebidas sem álcool; Leveduras especiais; Fermentação interrompida.

1 INTRODUÇÃO

A cerveja sem álcool ganhou espaço no mercado como consequência da Lei Seca Americana que proibiu o consumo de bebidas alcoólicas nos solos americanos e das legislações de trânsito, responsáveis por gerar consequências às pessoas que ingerem álcool e dirigem veículos automotivos (MULLER *et al.*, 2020). Nos dias atuais, a cerveja sem álcool vem apresentando acelerado crescimento em todo o mundo também como conjuntura dos costumes saudáveis e estéticos das gerações “Millenials” e “Z”, que fogem dos efeitos tóxicos do etanol no corpo (LAFONTAINE *et al.*, 2020). Essa realidade tem trazido a atenção das cervejarias para a produção de cervejas sem álcool, que projetam expansão extensa para atender a nova demanda de consumidores (BELLUT; ARENDT, 2019; LAFONTAINE *et al.*, 2020). E tanto as grandes cervejarias como as microcervejarias estão entrando neste nicho de mercado e enfrentando os desafios de produção.

A produção da cerveja sem álcool é semelhante ao processo de obtenção da cerveja com álcool, entretanto o etanol deve ser pouco produzido ou não produzido na fermentação ou deve ser removido após a fermentação (BRÁNYIK *et al.*, 2012). Os métodos de produção da cerveja sem álcool são divididos em métodos físicos, que consistem na remoção do etanol após a fermentação e métodos biológicos, caracterizados pela restrição da formação de etanol durante a fermentação (MULLER *et al.*, 2020).

O maior desafio na produção da cerveja sem álcool está na relação entre a qualidade do produto e o custo de produção. Para remover o etanol por métodos físicos requer altos investimentos na planta das cervejarias, podendo ser inviável em microcervejarias, enquanto os métodos biológicos de produção a partir da fermentação interrompida não necessitam de investimentos adicionais na planta (SALANTÃ *et al.*, 2020). Para todos os efeitos, as características de sabores e aromas das cervejas sem álcool produzidas pelos diversos métodos têm sido descritas como desagradáveis, com forte sabor de mosto e dulçor elevado (KREBS *et al.*, 2018; MULLER *et al.*, 2020).

A partir deste contexto, pretende-se aqui avaliar a aplicação do método biológico de restrição de formação de etanol na produção de cerveja sem álcool por meio de leveduras não *Saccharomyces* em microcervejarias, bem como analisar o perfil organoléptico das cervejas produzidas por este método e sua viabilidade econômica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Tipo de estudo

Para realização do trabalho foi desenvolvida uma revisão integrativa com base em pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa, com caráter exploratório conforme recomendado por Pereira *et al.*, (2018).

Coleta de dados

As pesquisas das fontes foram realizadas por meio de buscas bibliográficas de produções científicas em bancos de dados internacionais e nacionais, como a Scientific Library Online (SciELO) e National Library of Medicine (PubMed), da ferramenta do Google Acadêmico.

Relação das fontes bibliográficas utilizadas para fornecer respostas necessárias para o presente estudo:

- Os artigos científicos da temática foram publicados nos últimos 30 anos (1991 a 2021). Foram utilizados 13 artigos no total, sendo todos internacionais, disponíveis online e com texto completo. Os descritores utilizados foram: história da cerveja; método de produção de cerveja; características organolépticas da cerveja; fermentação cervejeira; métodos de produção de cerveja sem álcool; características sensoriais das cervejas sem álcool; tecnologias da cerveja sem álcool, uso de leveduras não *Saccharomyces* para produção de cerveja sem álcool. Do Inglês: beer history; beer production method; organoleptic characteristics of beer; brewery fermentation; non-alcoholic beer production methods; sensory characteristics of non-alcoholic beers; non-alcoholic beer technologies, use of non-*Saccharomyces* yeasts for non-alcoholic beer production;
- Foi utilizada 1 patente de 2014 disponibilizada no Google acadêmico;
- Foi utilizado 1 site com temas exclusivos sobre cervejas;
- Foram utilizados 3 livros, sendo 2 internacionais e 1 nacional.
- Foi utilizada 1 entrevista de congresso realizada em 2021;

Critérios de inclusão e exclusão

Foram consideradas como critérios de inclusão para a seleção das fontes, material bibliográfico que abordassem a cerveja com e sem álcool, suas características organolépticas, bem como seus processos históricos e as tecnologias envolvidas nas suas respectivas produções. Além disso, materiais que abordassem as perspectivas e características das gerações atuais que influenciam o mercado das cervejas. Por fim, estudos que não atendem as temáticas citadas foram excluídos.

Considerações éticas

A presente revisão não foi avaliada por um Comitê de Ética em Pesquisa, em razão dos dados expostos serem públicos. Neste trabalho houve comprometimento no processo de citação dos autores e seus respectivos estudos, respeitando as regras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6023/2000, a qual estabelece as normas de

formatação de referências bibliográficas em trabalhos acadêmicos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Leveduras não *Saccharomyces* na produção de cervejas sem álcool

Nos diversos processos de fermentação alcoólica a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é dominante por possuir uma alta eficiência e produtividade na transformação dos açúcares presentes no mosto em etanol e compostos organolépticos. Para a produção de cerveja sem álcool essa eficiência fermentativa precisa ser limitada. Por isso, diferentes leveduras vêm sendo estudadas com o objetivo de identificar linhagens que consigam produzir cervejas com alta complexidade organoléptica com no máximo 0,5% de álcool (Tabela 1).

Tabela 1: Lista de leveduras estudadas para a produção de cerveja sem álcool.

Leveduras	Referências
<i>Cyberlindnera mrakii</i>	Burini <i>et al.</i> , 2021
<i>Mrakia gelida</i>	De Francesco <i>et al.</i> , 2015
<i>Pichia kluyveri</i>	Antunes, 2021
<i>Saccharomycodes ludwigii</i>	De Francesco <i>et al.</i> , 2015
<i>Toluraspota delbrueckii</i>	Barga, 2021
<i>Kregervanrija delftensis</i>	Krogerus <i>et al.</i> , 2021
<i>Trigonopsis variabilis</i>	Krogerus <i>et al.</i> , 2021
<i>Meyerozyma caribbica</i>	Krogerus <i>et al.</i> , 2021
<i>Candida sojae</i>	Krogerus <i>et al.</i> , 2021
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	Krogerus <i>et al.</i> , 2021
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	Antunes, 2021

As leveduras *Pichia kluyveri*, *Saccharomycodes ludwigii* e *Zygosaccharomyces rouxii* são apresentadas como interessantes para produção de cervejas sem álcool uma vez que não possuem um maquinário bioquímico para metabolismo de maltose, o principal açúcar do mosto cervejeiro (BRÁNYIK *et al.*, 2012; DE FRANCESCO *et al.*, 2015; ANTUNES, 2021). Entretanto, as cervejas produzidas por *Z. rouxii* apresentaram níveis de diacetil acima do desejado (ANTUNES, 2021); já a performance das linhagens utilizadas de *S. ludwigii* foi satisfatória, tendo como resultado cervejas com proporção de etanol abaixo de 0,5% (v/v), quantidade apreciável de ésteres de interesse organolépticos e diacetil abaixo do limiar de sabor (DE FRANCESCO *et al.*, 2015).

A levedura *Toluraspota delbrueckii* foi mais uma levedura estudada e com característica metabólica apropriada (incapacidade de metabolizar maltose e maltotriose) para produção de cerveja sem álcool, além de ser resistente aos ácidos presente no lúpulo (BARGA, 2021; BURINI *et al.*, 2021). Em uma temperatura de 25 °C, a *T. delbrueckii* também produziu

cervejas com teor alcoólico abaixo de 0,5% (v/v), com baixa produção de diacetil e com características organolépticas de malte e pão (BELLUT; ARENDT, 2019). Algumas linhagens possuem capacidade de produzir níveis significativos de butanoato de etila (aroma frutado), composto ausente ou em baixa concentração nas cervejas sem álcool (BRÁNYIK *et al.*, 2012; MULLER *et al.*, 2020).

No estudo de De Francesco *et al.* (2018), leveduras da espécie *Mrakia gelida* foram utilizadas para produzir cerveja sem álcool, a qual foi comparada com a levedura *S. ludwigii*. Neste trabalho, os autores quantificaram o consumo dos carboidratos e a produção dos principais álcoois superiores e ésteres e também analisaram o perfil sensorial das cervejas. De forma similar, a levedura *M. gelida* também apresenta uma limitada capacidade de fermentar maltose, maltotriose e sacarose. Contudo, com relação a produção dos compostos organolépticos, apresentados na Tabela 2, as leveduras mostraram significativas diferenças. A levedura *S. ludwigii* apresentou uma maior produção tanto entre os álcoois superiores como entre os ésteres, isso poderia indicar que esta levedura teria maior qualidade organoléptica. Por outro lado, na análise sensorial, os avaliadores consideraram as amostras fermentadas por *M. gelida* mais frutadas do que as fermentadas por *S. ludwigii*, com notas de damasco e lichia, enquanto outros atributos de sabor, como amargor, dulçor e característica de malte foram julgados semelhantes.

Vale salientar que a *M. gelida* é uma levedura psicrófila e sua fermentação ocorreu a 10 °C no estudo. As fermentações em baixas temperaturas podem promover uma maior retenção de sabores primários e secundários, já que impedem a perda de aromas por evaporação (DE FRANCESCO *et al.*, 2018; STEWART, 2017). A dificuldade em correlacionar os resultados da produção dos compostos organolépticos com as análises sensoriais mostra a necessidade de se aplicar os dois tipos de análise para obtenção de parâmetros de qualidade dos produtos.

Tabela 2: Compostos organolépticos produzidos por *M. gelida* e *S. ludwigii* após fermentação e refermentação.

Compostos voláteis	Limiar de percepção	Fermentada (<i>M. gelida</i>)	Fermentada (<i>S. ludwigii</i>)
1-propanol(mg/L)	800	5,7 ± 0,4	2,6 ± 0,0
Isobutanol(mg/L)	200	9,8 ± 0,2	13,03 ± 1,1
3-metil-1- butanol (mg/L)	70	6,0 ± 0,3	14,3 ± 0,8
2-metil-1butanol(mg/L)	65	1,4 ± 0,1	5,5 ± 0,2
2-metil-1-2-fenil-etanol (mg/L)	125	2,6 ± 0,1	6,8 ± 0,7
Acetato de etila(mg/L)	25-30	0,6 ± 0,1	9,3 ± 0,3
Acetato de isoamila (mg/L)	1,6	n.d.	0,03 ± 0,00
Hexanoato de etila (mg/L)	0,23	0,009 ± 0,001	0,011 ± 0,002
Octanoato de etila (mg/L)	0,9	0,006 ± 0,001	0,009 ± 0,002

Fonte: Adaptado DE FRANCESCO *et al.*, 2018.

A levedura *P. kluyveri* é mais uma espécie avaliada como alternativa para produção de cerveja sem álcool por fermentar apenas a glicose presente no mosto cervejeiro e gerar boas características organolépticas frutadas (ANTUNES, 2021). Tal atributo foi mostrado por Burini *et al.* (2021) como resultado da produção de acetato de isoamila, butanoato de etila e octanoato de etila.

As cervejas sem álcool produzidas tanto pelos variados métodos de remoção do etanol como pelos métodos de restrição da formação de etanol apresentam defeitos no quesito de sabor, principalmente quando comparadas às cervejas alcoólicas, seja pelo arrastro de compostos organolépticos durante a remoção do etanol ou pela ausência da produção destes somada à doçura do mosto não fermentado (KAVANAGH *et al.*, 1991; EBLINGER, 2009; SILVA *et al.*, 2010; BRÁNYIK *et al.*, 2012; DE FRANCESCO *et al.*, 2014; KREBS *et al.*, 2019 e MULLER *et al.*, 2020). Ainda que os variados métodos de produção de cerveja sem álcool promovam produtos frequentemente caracterizados pelos seus defeitos organolépticos, Burini *et al.* (2021) corroboram com as informações trazidas por Antunes (2021) a respeito da utilização de leveduras não *Saccharomyces* na produção de cerveja sem álcool, as quais conseguem fermentar apenas parte do mosto cervejeiro, deixando baixo teor residual de etanol (até 0,5% v/v) e em alguns casos podem reter e aumentar a complexidade dos aromas da cerveja.

Antunes (2021) também contribuiu com informações a respeito da “receita” da cerveja sem álcool como um fator importante para otimização dos sabores da bebida, como na possibilidade de utilizar maltes e lúpulos específicos para dar mais sabores à cerveja, assim como também é relatado na literatura que a composição do mosto também influenciará na concentração de substâncias organolépticas que contribuirá com o buquê do produto (VERSTREPEN *et al.*, 2003). A cerveja artesanal brasileira pioneira no nicho de cervejas sem álcool, a “Wäls Session Free”, é uma Índia Pale Ale (IPA), caracterizada pela adição de uma série de lúpulos que dão aromas à bebida. Ainda que a Wäls sem álcool seja produzida pelo processo de destilação a vácuo, o processo de lupulação característico desta cerveja é interessante para compensar as perdas de compostos organolépticos no processo de aquecimento na produção da bebida. Nesta mesma linha de raciocínio, Burini *et al.* (2021) mostraram que uma linhagem da levedura *Cyberlindnera mrakii* possui aplicação na produção de cerveja sem álcool, com a capacidade de reter os terpenos do lúpulo, que aromatizam a cerveja. Portanto, esta linhagem pode ser aliada no processo de produção de cerveja sem álcool com adição de lúpulos.

Sendo assim, percebe-se que as leveduras não *Saccharomyces* possuem alto potencial para produção de cerveja sem álcool em detrimento dos outros variados métodos físicos de produção deste tipo de bebida, por apresentar a capacidade em preservar sabores da bebida e pela ausência de necessidade de novos investimentos na planta das cervejarias, como observado por Muller *et al.* (2020) e Antunes (2021), podendo ser um chamariz para

microcervejarias que pretendem atuar neste nicho.

Aceitabilidade e características organolépticas das cervejas sem álcool

De acordo com Sohrabvandi *et al.*, (2010), as cervejas sem álcool produzidas pelos diversos métodos não possuem sabores e aromas tão bons quanto os das cervejas com álcool e essa informação consegue facilmente ser relacionada com a opinião de consumidores de cervejas alcoólicas, os quais consideram as cervejas sem álcool uma opção desleal. Dessa forma, pode-se inferir que mesmo com tamanho crescimento, o mercado das cervejas sem álcool ainda pode alavancar novas perspectivas diante do público consumidor das cervejas em geral. De acordo com Salantã *et al.* (2020), o maior desafio dos cervejeiros na produção da cerveja sem álcool é oferecer produtos com características organolépticas verdadeiramente semelhantes às cervejas com álcool, já que o crescimento da cerveja sem álcool no mundo se deu por conta da ausência dos efeitos intoxicantes do etanol e suas consequências fisiológicas e sociais.

Salantã *et al.* (2020) ainda infere que para as cervejarias artesanais o desafio ainda é maior, devido o volume de produção. Entretanto, vale salientar que as microcervejarias tendem a produzir produtos com características distintas do grande mercado industrial, podendo fazer variar os atributos organolépticos do produto e trazendo como conjuntura novos consumidores adeptos do mercado artesanal em plena expansão. Sendo assim, esses estabelecimentos precisam se adaptar às demandas do mercado para minimizar o baixo teor alcoólico pela manutenção de outras características que façam com que os consumidores procurem a bebida pelas características sensoriais semelhante aos produtos convencionais (BELLUT; ARENDT, 2019; IGNAT *et al.*, 2020; SOHRABVANDI *et al.*, 2010).

Antunes (2021) explicou a importância da adição de lúpulos na cerveja sem álcool e a cerveja artesanal sem álcool da Wäls, pioneira no nicho das cervejas artesanais sem álcool no Brasil, que utiliza uma série de lúpulos no seu produto. O lúpulo é importante para dar aromas e amargor a bebida. De acordo com Lafontaine *et al.* (2020) o lúpulo pode dar amargor na cerveja sem álcool, que é interessante para manter o equilíbrio com o dulçor geralmente presente neste tipo de bebida.

Lafontaine *et al.* (2020) também realizou um estudo no processo de avaliação de cerveja sem álcool: 11 painelistas da Califórnia, consumidores de cervejas experimentaram diversas cervejas sem álcool produzidas pelos diversos métodos conhecidos e, como conclusão, os painelistas não ficaram satisfeitos com as cervejas sem álcool com características de malte (trazidas no estudo como característica de mosto), mas preferiram as cervejas sem álcool com características de refrigerante, com aromas frutados, cítricos e maior carbonatação. Este estudo confronta o estudo de De Francesco *et al.* (2014), de que as cervejas sem álcool precisam ser mais parecidas com as cervejas com álcool para obterem maior aceitação. Não obstante, o estudo de Lafontaine *et al.* (2020) apresenta a preferência dos painelistas por

cervejas sem álcool com características de refrigerantes e vale salientar que os participantes do estudo são culturalmente viesados no costume de tomar cervejas mais frutadas e carbonatadas, fugindo do “padrão *Lager*” e, ainda assim, o estudo mostra que as cervejarias artesanais possuem um leque de opções para produção de cervejas sem álcool de diferentes estilos, a depender do público-alvo.

De acordo com Antunes (2021), das leveduras não *Saccharomyces* utilizadas para produção de cerveja sem álcool, a *Pichia kluyveri* e *Saccharomycodes ludwigii* são as mais estudadas e possuem bons resultados na metodologia. Na revisão de Bellut e Arendt (2019), *S. ludwigii* foi caracterizada como uma levedura que dependendo da linhagem e da receita utilizada (quantidade de açúcares no mosto), os resultados podem ser satisfatórios, com quantidade apreciável de ésteres e controle na produção de diacetil, não obstante, comumente cervejas sem álcool produzidas por *S. ludwigii* têm sido reprovadas por painelistas e caracterizadas por forte sabor de malte e dulçor excessivo.

Saerens (2014), realizou estudo com duas cepas de *P. kluyveri* (Linhagens A e B), fermentando mosto Barley e trigo como adjunto a 20 °C. O resultado dos compostos organolépticos das cervejas sem álcool produzidas pelas linhagens foram analisados e comparados com os compostos de três cervejas comerciais sem álcool e com álcool — a 3 horses, Hollandia, Bavaria (sem álcool), Heineken Lager, Carlsberg Pilsner e Stella Premium Lager (com álcool). As cervejas produzidas por *P. kluyveri* possuíam níveis de Compostos Aromáticos Ativos (CAA) semelhantes aos das cervejas comerciais com álcool, nas substâncias de álcool isoamílico, hexanoato de etila, butanoato de etila e octanoato de etila (Figura 1). Além disso, as cervejas produzidas por *P. kluyveri* apresentaram maiores níveis de ésteres e álcoois superiores entre as cervejas sem álcool, enquanto as cervejas comerciais sem álcool possuíam baixas quantidades de compostos típicos de sabores comparadas às cervejas com álcool. As linhagens de *P. kluyveri* são consideradas ideais para produção de cervejas sem álcool com teores de 0,1 a 0,2% de etanol (v/v).

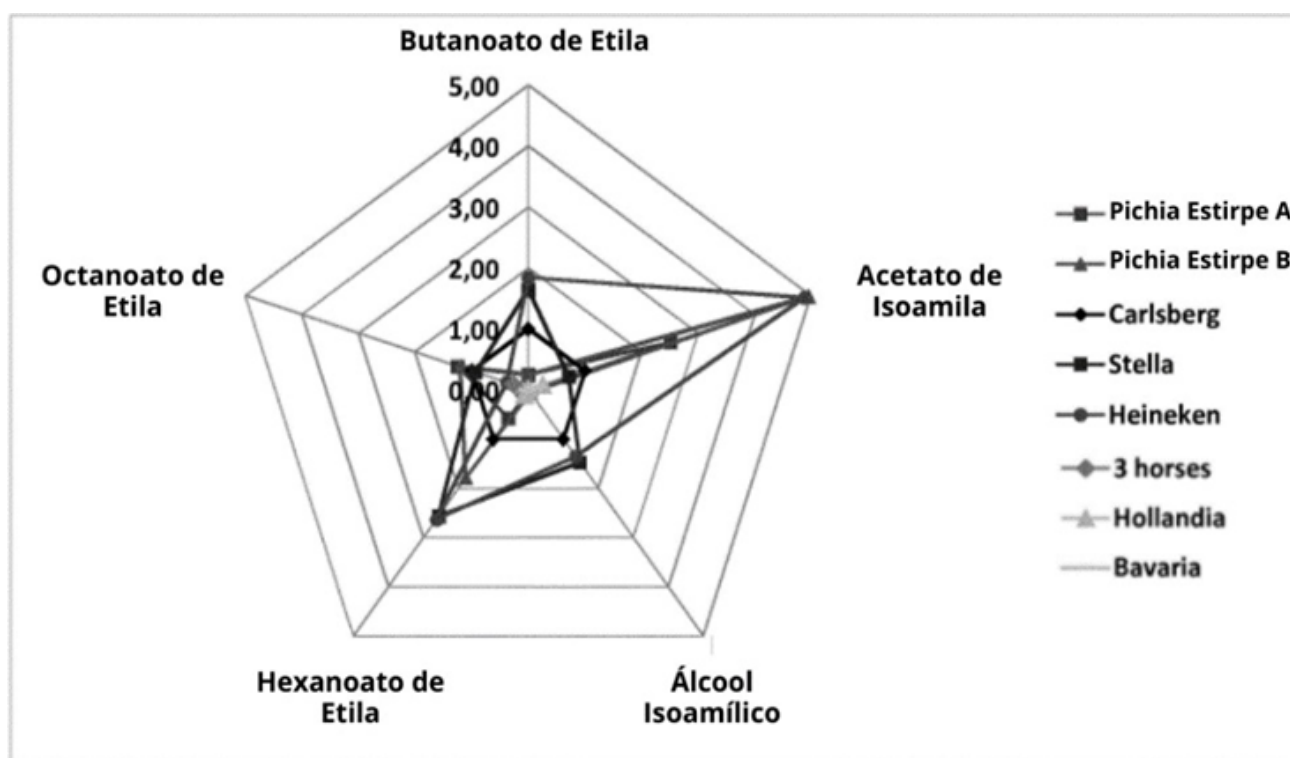
Os dados de Saerens (2014) corroboram com as informações trazidas por Antunes (2021), de que a *P. kluyveri* possui potencial para produção de cervejas sem álcool com boas características organolépticas, pois algumas linhagens possuem capacidade de gerar quantidades de CAA semelhantes aos níveis presentes nas cervejas comerciais alcoólicas mais populares do mundo. Este fato mostra o potencial que as cervejas sem álcool que são produzidas por *P. kluyveri* têm para alavancar o mercado artesanal neste nicho, com a associação do baixo investimento e com a qualidade do produto semelhante às cervejas alcoólicas.

Viabilidade econômica da produção da cerveja sem álcool pelo método biológico em microcervejarias

O uso de leveduras não *Saccharomyces* explanado por Antunes (2021) como opção para produção de cervejas sem álcool se torna uma opção viável do ponto de vista de qualidade

da bebida em comparação aos outros métodos empregados de produção de cerveja sem álcool e, principalmente, econômico. Bellut e Arendt (2019) enfatizam que o uso de leveduras não *Saccharomyces* em cervejarias não passa de uma modificação no processo de receita, uma vez que não é necessário investimento adicional em equipamentos específicos, tornando a metodologia realmente viável para cervejarias de todos os tamanhos que desejam produzir cervejas sem álcool ou de baixo teor alcoólico. Ainda segundo Bellut e Arendt (2019), mudar a levedura para o processo de produção de bebida chega a ser simples, principalmente quando comparado aos altos investimentos necessários para instalação de equipamentos que atuam na desalcoolização da cerveja.

Figura 1: Comparação de compostos organolépticos (mg/L) das cervejas sem álcool comerciais e produzidas por linhagens de *P. kluyveri* e das cervejas comerciais com álcool.



Fonte: SAERENS *et al.* 2014.

Para Salantã *et al.* (2020), os fatores que afetam os cervejeiros de microcervejarias no momento de decidir quais técnicas utilizar para produção da cerveja sem álcool giram em torno do investimento necessário para poder gerir o produto e da qualidade do produto final. Ainda de acordo com Salantã *et al.* (2020), os métodos térmicos para remoção do álcool promovem a vantagem de uma produção em maior escala da bebida, porém, com a necessidade de alto investimento em equipamento e energia. Os métodos de separação por membrana apresentam vantagem na produção da bebida pela menor perda de compostos de sabores, ainda assim apresenta um alto custo operacional e de investimento; enquanto que os métodos biológicos, em geral, são mais econômicos, porém as cervejas produzidas possuem sabores mais adocicados e atípicos (Tabela 3), como já descritos por Krebs *et al.*

(2019) e Muller *et al.* (2020).

Os dados de Salantã *et al.* (2021) a respeito da qualidade da cerveja sem álcool produzida pelos diversos métodos físicos e biológicos parecem discordar com os dados de Antunes (2021) no quesito da qualidade de cerveja produzida por leveduras chamadas “especiais”. Em seu estudo, a qualidade da cerveja produzida por leveduras especiais (*Saccharomyces* e não *Saccharomyces*) foi caracterizada como baixa com relação a alguns métodos físicos, tanto térmicos quanto por membranas. Porém, percebe-se que o estudo de Salantã *et al.* (2020) não trouxe apenas dados de leveduras não *Saccharomyces* para a produção de cerveja sem álcool, além do levantamento de informações a respeito de leveduras especiais que produzem cervejas sem álcool com pouca qualidade sensorial, diferente de Antunes (2021) que apresentou apenas leveduras não *Saccharomyces*, das quais apresentam mais informações a respeito da atividade destas para produção de cervejas sem álcool.

Tabela 3: Comparação de investimentos (\$), custos operacionais (\$) e qualidade da bebida produzida (👍) pelos principais métodos de produção de cerveja sem álcool.

Processo	Custos de instalação	Custos operacionais	Qualidade da cerveja
Processo biológico			
Processo de mosturação alterado	\$	\$\$	👍
Contato com fermento frio	\$	\$\$	👍
Fermento especial	\$	\$\$	👍
Fermento imobilizado	\$\$	\$\$	👍
Processo térmico			
Evaporação de camada fina	\$\$\$	\$	👍 👍
Retificação a vácuo	\$\$\$	\$	👍 👍
Evaporador de filme descendente	\$\$\$	\$\$	👍
Processos de membrana			
Osiose reversa	\$\$	\$\$	👍 👍
Destilação osmótica	\$\$	\$\$	👍 👍
Diálise	\$\$\$	\$	👍
Pervaporação	\$\$	\$\$	👍 👍 👍

Fonte: SALANTÃ *et al.*, 2020.

De acordo com Barga (2021), uma problemática nos processos biológicos de fermentação interrompida e fermentação a frio na produção de cerveja sem álcool é o monitoramento do extrato. Barga (2021) corrobora com os dados de Antunes (2021) a respeito da possibilidade de menor monitoramento na produção de cerveja com o extrato no uso de leveduras não *Saccharomyces* como consequência do metabolismo restrito dos

carboidratos. Ainda segundo Barga (2021), espécies de leveduras não *Saccharomyces* já estão disponíveis comercialmente. A *S. ludwigii*, por exemplo, já está disponível no Brasil por meio de uma parceria entre a empresa Bio4 e Siebel Institute of Technology. Este fato permite que microcervejarias de todos os portes possam optar pelas linhagens de leveduras não *Saccharomyces* disponíveis e aptas para produção da cerveja sem álcool sem necessidade de investimentos extras na planta da cervejaria e com uma metodologia que permite lucro a partir do investimento em pequena escala nas linhagens das leveduras, ao contrário dos métodos físicos, dos quais o lucro advém de uma produção em maior escala.

Neste contexto, a utilização de leveduras não *Saccharomyces* pode ser uma alternativa economicamente viável para pequenos estabelecimentos como microcervejarias e com resultados satisfatórios na qualidade final da cerveja sem álcool. Contudo, mais estudos com novas cepas de leveduras não *Saccharomyces* e novas composições de mosto ainda podem gerar cervejas sem álcool com maior qualidade sensorial do que as cervejas produzidas atualmente.

4 CONCLUSÃO

O mercado da cerveja sem álcool encontra-se em plena expansão por todas as partes do mundo. Neste mesmo sentido, as cervejarias artesanais tem ganhado visibilidade e agregado muito valor a seus produtos, angariando novos consumidores preocupados com as qualidades e detalhes da bebida. Dessa maneira, foi visto que o mercado de cervejas artesanais tem começado a engatinhar no nicho das cervejas sem álcool.

Nesse estudo, foi explorada a metodologia biológica utilizada nos dias atuais para produção de cervejas sem álcool, bem como suas características econômicas e seus resultados no produto final. Também foi observado que todos os processos tecnológicos envolvidos na produção da cerveja sem álcool possuem desafios para a qualidade do produto final, o qual deve atender um público com expectativa de apreciar uma bebida semelhante à sua versão alcoólica.

Vale salientar que especialmente no caso das microcervejarias, deve ser levado em consideração o equilíbrio entre o investimento a ser feito na planta industrial e a qualidade do produto a ser obtido, já que as cervejarias artesanais têm como característica o enfoque sensorial e diverso das bebidas em detrimento da produção em larga escala.

A partir desta revisão, conclui-se que a metodologia biológica de restrição da formação de etanol por uso de leveduras não *Saccharomyces* é uma possibilidade viável às microcervejarias no quesito econômico de investimento e na produção de cervejas com características sensoriais aceitáveis. Porém, é necessário que se realize mais estudos com novas linhagens de leveduras não *Saccharomyces* e novas receitas de mosto para avaliar se esta estratégia tecnológica tem potencial para gerar cervejas sem álcool com maior qualidade sensorial do que as cervejas produzidas pelos métodos físicos de remoção do etanol.

5 REFERÊNCIAS

- BARGA, Marcelo. Leveduras não-*Saccharomyces* para produção de cerveja semálcool. **Engarrafador moderno**, 2021. Disponível em: <https://engarrafadormoderno.com.br/ingredientes/leveduras-nao-saccharomycespara-producao-de-cerveja-sem-alcool>. Acesso em: 25 dez. 2021.
- BELLUT, Konstantin; ARENDT, Eike K. Chance and Challenge: non-*Saccharomyces* yeasts in nonalcoholic and low alcohol beer brewing - a review. **Journal Of The American Society Of Brewing Chemists**, [S.L.], v. 77, n. 2, p. 77-91, 21 mar. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>.
- BRÁNYIK, T. *et al.* A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 4, p. 493–506, fev. 2012.
- BURINI, J. A. *et al.* Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 53, n. 4, p. 359–377, out. 2021.
- DE FRANCESCO, G. *et al.* Effects of Operating Conditions during Low-Alcohol Beer Production by Osmotic Distillation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 14, p. 3279–3286, 9 abr. 2014.
- DE FRANCESCO, G. *et al.* Screening of new strains of *Saccharomyces ludwigii* and *Zygosaccharomyces rouxii* to produce low-alcohol beer. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 121, n. 1, p. 113–121, fev. 2015.
- DE FRANCESCO, G. *et al.* *Mrakia gelida* in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain. **Food Microbiology**, v. 76, p. 354–362, dez. 2018.
- EßLINGER, H. M. Fermentation, maturation and storage. In H. M, Handbook of brewing: processes, technology, markets. **Weinheim**: Wiley VCH. pp. 207-224, 2009.
- GONÇALVES, José Antunes. Novas Tendências para um Novo Consumidor: cervejas sem álcool, sem glúten e low carb. Cervejas sem álcool, sem glúten e Low Carb. 2021. Live. Disponível em: <https://www.crowdcast.io/e/novas-tendencias-para-um>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- IGNAT, Maria Valentina *et al.* Current Functionality and Potential Improvements of Non-Alcoholic Fermented Cereal Beverages. **Foods**, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 1031, 1 ago. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9081031>.
- KAVANAGH, T. E. *et al.* Volatile flavor compounds in low alcohol beers Technical quarterly - Master Brewers Association of the Americas (USA), **CARLTON AND U. B.LTD**, 1991.
- KREBS, Georg. *et al.* “Characterization of the Macromolecular and Sensory Profile of

Non-Alcoholic Beers Produced with Various Methods”. **Food Research International**, vol. 116, fevereiro de 2019, p. 508–17.

KROGERUS, Kristoffer; EERIKÄINEN, Ronja; AISALA, Heikki; GIBSON, Brian. Repurposing brewery contaminant yeast as production strains for low-alcohol beer fermentation. **Yeast**, [S.L.], v. 39, n. 1-2, p. 156-169, 2 nov. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/yea.3674>.

LAFONTAINE, S. *et al.* Evaluating the Chemical Components and Flavor Characteristics Responsible for Triggering the Perception of “Beer Flavor” in Non- Alcoholic Beer. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1914, 21 dez. 2020.

MULLER, C. *et al.* Processes for alcohol-free beer production: a review. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 273–281, jun. 2020.

PEREIRA, A. S. *et al.* Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. **Santa Maria**. Ed. UAB/ NTE/UFSM. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 de dezembro de 2021.

SAERENS, Sofie. Production of Low-Alcohol or Alcohol-Free Beer With *Pichia Kluyveri* Yeast Strains Field of the Invention. **Bureau Internacional**. US n. WO 2014/135673 A2. 12 set. 2014. p. 1-19, 2014.

SILVA, D. P., BRÁNYIK, T., TEIXEIRA, J. A., ALMEIDA E SILVA, J. B. Cerveja sem álcool. In: Venturini Filho, WG (Ed.), **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**, vol.1. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, p. 69 — 83.

SOHRABVANDI, S. *et al.* Alcohol-free Beer: methods of production, sensorial defects, and healthful effects. **Food Reviews International**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 335-352, 30 set. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2010.496022>.

STEWART, Graham. The Production of Secondary Metabolites with Flavour Potential during Brewing and Distilling Wort Fermentations. **Fermentation**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 63, 27 nov. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/fermentation3040063>.

VERSTREPEN, Kevin J. *et al.* Flavor-active esters: Adding fruitiness to beer. **Journal Of Bioscience And Bioengineering**, [s.l.], v. 96, n. 2, p.110-118, jan. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723\(03\)90112-5](http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723(03)90112-5).