



RCAGT

REVISTA

de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Potencialidades do vinagre como ingrediente alimentar e perspectivas futuras: uma revisão

Potentialities of vinegar as a food ingredient and prospects future: a review

Natalia Miranda do Nascimento¹, Ana Claudia Barana²

¹Instituto Federal Fluminense e Universidade Estadual de Ponta Grossa, 84.030-900, Ponta Grossa/PR, Brasil

² Universidade Estadual de Ponta Grossa, CEP 84.030-900, Ponta Grossa/PR, Brasil

Resumo: O vinagre, uma solução aquosa de ácido acético, pode conter diversas outras substâncias orgânicas e sua qualidade depende da matéria-prima, processo de fabricação e envelhecimento empregados. Seu consumo tem sido associado a benefícios para a saúde, como controle da pressão arterial, regulação gastrointestinal, atividade antioxidante e redução de peso corporal. O mercado global de vinagres está em crescimento, especialmente a demanda por vinagre orgânico e a exploração de novas matérias-primas na produção. Existem três principais métodos para obter vinagre a partir da conversão microbiológica do etanol presente no fermentado alcoólico. O vinagre balsâmico é produzido a partir da fermentação alcoólica e acética de mostos de uvas cozidos e concentrados, com diferenças entre as versões de *Modena* e *Reggio Emilia*. Além disso, o vinagre pode ser utilizado como conservante em alimentos e na sanitização de vegetais devido às propriedades antimicrobianas dos ácidos orgânicos, principalmente o ácido acético. O consumo de vinagre é global e apresenta compostos orgânicos e voláteis, sendo possível explorar subprodutos agroindustriais na produção. Estudos bibliográficos têm buscado compreender seus processos e efeitos na saúde, com interesse crescente na fermentação do vinagre, diversificação de matérias-primas e avaliação de compostos funcionais e propriedades conservantes. Embora estudos em roedores tenham demonstrado eficácia no tratamento de doenças e prevenção através do consumo de vinagres, ainda são necessárias mais pesquisas sobre seus aspectos funcionais em humanos.

Palavras-chave: Fermentação acética. Antioxidante. Saúde.

Abstract: Vinegar, an aqueous solution of acetic acid, can contain several other organic substances and its quality depends on the raw material, manufacturing process and aging employed. Its consumption has been associated with health benefits such as blood pressure control, gastrointestinal regulation, antioxidant activity and body weight reduction. The global vinegar market is growing, especially the demand for organic vinegar and the exploration of new raw materials in production. There are three main methods to obtain vinegar from the microbiological conversion of ethanol present in alcoholic ferment. Balsamic vinegar is produced from the alcoholic and acetic



fermentation of cooked and concentrated grape musts, with differences between the Modena and Reggio Emilia versions. In addition, vinegar can be used as a preservative in foods and in sanitizing vegetables due to the antimicrobial properties of organic acids, especially acetic acid. Vinegar consumption is global and presents organic and volatile compounds, making it possible to explore agro-industrial by-products in production. Bibliographical studies have sought to understand its processes and effects on health, with increasing interest in vinegar fermentation, diversification of raw materials and evaluation of functional compounds and preservative properties. Although studies in rodents have demonstrated efficacy in disease treatment and prevention through the consumption of vinegars, more research is still needed on its functional aspects in humans.

Keywords: Acetic fermentation. Antioxidant. Health.

1 INTRODUÇÃO

O vinagre é uma solução aquosa de ácido acético, contendo substâncias orgânicas como carboidratos, álcoois, ácidos, compostos voláteis e aminoácidos. Sua qualidade varia em função da matéria-prima utilizada como substrato, processo de acetificação, fermentação e envelhecimento aplicado na fabricação (Chochevska et al., 2021). Este produto da fermentação alcoólica e acética, surgiu no início da humanidade com a descoberta da fermentação (Mazza & Murooka, 2009). Possui uma grande variedade, tradicionalmente utilizando a uva como matéria-prima. No entanto, sua produção tem sido explorada com novas matérias-primas (Ubeda et al., 2012).

São observadas correlações positivas entre o consumo de vinagre e controle da pressão arterial, regulação gastrointestinal, atividade antioxidante, relação com a eliminação de radicais livres, ação bactericida e redução do peso corporal em camundongos (Chen, Huang, et al., 2017; Shishehbor et al., 2017).

De acordo com o *Information Management Research Center (IMARC)*, o mercado global de vinagres atingiu um valor de 2,25 bilhões de dólares em 2020, e nos últimos anos também houve um aumento na demanda por vinagre orgânico, e prevê-se que este mercado atingirá um valor de 2,55 bilhões de dólares em 2026, já considerando as incertezas da pandemia do COVID-19 (IMARC, 2022).

Por ser o vinagre um produto consumido em todo o mundo, há espaço para sua produção ser explorada, através do aproveitamento de subprodutos agroindustriais, matérias-primas de baixo custo, desde que apresentem composição favorável de açúcares fermentescíveis.



RCAGT

REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Nesta revisão centramo-nos nos desafios e oportunidades e nos estudos recentes na área da produção de vinagres.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada busca bibliográfica nas bases de dados CAPES, Science Direct e Web of Science de artigos publicados entre 2002 e 2022, utilizando as seguintes combinações de palavras-chave: “ácido acético”, “produção de vinagre”, “saúde e vinagre”, “subprodutos aplicados a vinagres”. Estudos foram apresentados e estudos em animais foram incluídos destacando o interesse global no consumo de vinagre. Os critérios de exclusão foram artigos publicados antes de 2002, de baixo valor de impacto, e que não apresentaram um diferencial quanto a sua potencialidade como ingrediente alimentar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Processos de fermentação com levedura

As técnicas de fermentação têm sido amplamente utilizadas para conservar alimentos, sendo que os produtos fermentados fazem parte da dieta de muitas pessoas (Molelekoa et al., 2018). Os principais microrganismos aplicados na fermentação são as leveduras e têm diversas aplicações, tanto na área de panificação quanto na produção de bebidas. Entre elas, destaca-se o uso do microrganismo *Saccharomyces cerevisiae* sp., que tem sido amplamente aplicado em estudos recentes (**Tabela 1**).

A produção de vinagres envolve dois processos de fermentação: a fermentação alcoólica e a fermentação acética. Esses processos oferecem uma forma de obter produtos com valor agregado a partir de subprodutos do processamento agroindustrial contendo açúcares ou amido (Tesfaye et al., 2002). Além disso, os alimentos fermentados, como o vinagre, são preservados graças à ação dos microrganismos, que conferem a eles características próprias (Gong et al., 2021).

Tabela 1 -Pesquisas relacionadas a vinagres.

**RCAGT**

REVISTA

de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Substrato	Tipos de fermentação e microrganismos	Análises	Referências
Resíduos de Alimentos (Arroz cozido, vegetais, carne, ovos etc.)	Alcoólica e acética, inoculadas. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Acetobacter aceti</i>	Ácidos graxos voláteis (VFA)	(Li et al., 2015)
Manga	Alcoólica e acética, inoculadas. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Bactéria do ácido acético isolada de um vinagre.	pH, Fenol Total, acidez titulável Gravidade Específica Cor Avaliação sensorial	(Adebayo-Oyetoro et al., 2017)
Cerveja preta	Alcoólica e acética, inoculadas. <i>Saccharomyces carlsbergensis</i> <i>Acetobacter aceti</i>	Teor fenólico total (TPC) Cromatografia líquida de alto desempenho acoplada com ionização por eletro pulverização positiva e detecção de matriz de diodos (HPLC-DAD-ESI (+)-MS)	(Mudura et al., 2018)
Resíduos de marula (<i>Sclerocarya birrea subsp. Caffra</i>)	Alcoólica e acética, inoculadas. Levedura isolada <i>Acetobacter aceti</i>	HPLC, avaliação da cor e determinação do teor de fenólicos totais, teor de flavonoides totais, atividade antirradical e atividade antimicrobiana	(Molelekoa et al., 2018)
Repolho roxo	<i>Acetobacter pasteurianus</i>	Espectroscopia de RMN de compostos solúveis em água. GC/MS- compostos voláteis.	(Ishihara et al., 2018)
Abacaxi	Alcoólica e acética, inoculadas. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Acetobacteracetii</i> <i>vat Europeans</i>	Cultura de Células de Citotoxicidade In Vitro Análise do ciclo celular O projeto de experimento quimiopreventivo Teste de risco in vitro	(Mohamad et al., 2019)
Resíduo de Physalis e Pitaya vermelha.	Alcoólica e acética, inoculadas. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Acetobacter aceti</i> <i>Acetobacter pasteurianus</i>	Análise do peso corporal e peso do tumor Avaliação sensorial, antioxidante e antimicrobiana	(Fernandes et al., 2019)
Abacaxi			(Mohamad et al., 2019)



	Alcoólica e acética, inoculadas <i>S. cerevisiae</i> <i>Acetobacter aceti</i> vat <i>Europeans</i>	Perfil bioquímico do sangue de camundongos ensaio de adipocina estudo metagenômico	
Maçã-Kei	<i>Schizosaccharomyces pombe</i> <i>Acetobacter pasteurianus</i> , <i>Acetobacter malorum</i> , <i>Kozakia balien-sis</i> , <i>Gluconobacter cerinus</i> , and <i>Gluconobacter oxydans</i> consortium	Ácidos fenólicos	(Minnaar et al., 2021)
Casca de Banana	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> acetificação natural	Propriedades físico-químicas antes e depois da digestão in vitro.	(Prisacaru et al., 2021)
Caju	Alcoólica e acética, inoculadas <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> <i>Acetobacter sp.</i>	Análise sensorial, cromatográfica, físico-química.	(da Rocha Neves et al., 2021)
Concentrado de tangerina	Alcoólica e acética, inoculadas. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Físico-química, fenóis totais, DPPH, atividade antiobesidade	(Yun et al., 2021)
Mirtilo, maçã, framboesa, roseira brava, amora preta e caqui.	<i>A. pasteurianus</i> Dupla fermentação espontânea.	Capacidade Antioxidante, Caracterização; voltametria cíclica	(Chochevska et al., 2021)

3.2 Fermentação Alcoólica

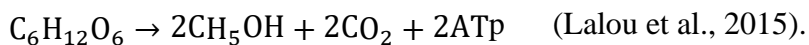
A fermentação alcoólica ocorre antes da produção do vinagre, na qual microrganismos transformam a sacarose e açúcares simples, como glicose, frutose ou monossacarídeos em álcool, sendo a levedura *Saccharomyces cerevisiae* a cepa mais utilizada. Uma hidrólise enzimática é necessária antes da fermentação em processos que usam o amido, para transformá-lo em açúcares monoméricos (Almeida et al., 2022).

Nos processos de fermentação alcoólica pela ação das leveduras, produz-se etanol e compostos aromáticos (B. Wang et al., 2021). Em maçãs fermentadas, os açúcares solúveis são a principal fonte de carbono, e uma concentração de 120 g/L é suficiente para sustentar o crescimento de até $6,0 \times 10^7$ células/mL (Alberti et al., 2011). Devido à sua viabilidade econômica e disponibilidade, culturas amiláceas como milho, cevada,



trigo, batata, batata-doce, mandioca e arroz são candidatos promissores para a produção de etanol (L. Wang et al., 2021).

Na química, a fermentação alcoólica é definida como a transformação exotérmica de uma molécula de glicose em dois átomos de etanol e dois de dióxido de carbono com liberação de energia. Pela estequiometria da reação, 1 g de glicose gera 0,511 g de etanol no caso de 100% de conversão. Como resultado, uma molécula de glicose gera duas moléculas de etanol, duas moléculas de dióxido de carbono e energia. A reação é:



Bioquimicamente, a fermentação alcoólica é definida como um processo anaeróbico de conversão de açúcares fermentáveis em etanol, sendo característico de grupos de microrganismos, como a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. A conversão de açúcares pelas leveduras ocorre no citoplasma por meio de diversas reações bioquímicas, catabolizadas por diferentes enzimas. Estes agem de forma específica em seus substratos e podem ser afetados por diversos fatores, como pH, temperatura, minerais, nutrientes, vitaminas, metabólitos da própria célula, entre outros. Nesse processo, a formação de massa celular é baixa, sendo etanol, glicerol e CO₂ alguns dos subprodutos do metabolismo realizado para a geração de ATP (Adenosina trifosfato), garantindo a manutenção das células (Makhdoumi et al., 2021).

A **Figura 1** esquematiza a glicólise, uma reação na qual a glicose é dividida em gliceraldeído-3-fosfato e diidroxicetona fosfato, que são oxidados e rearranjados para produzir duas moléculas de piruvato. Além de preparar um substrato para a oxidação, a glicólise produz 4 moléculas de ATP e 2 moléculas de NADH (Dinucleotídeo de adenina nicotinamida) como energia química. Após a formação do piruvato, ele é descarboxilado em uma reação catalisada pela enzima piruvato descarboxilase, produzindo acetaldeído e liberando CO₂. Em uma segunda reação catalisada pela enzima álcool desidrogenase, o acetaldeído é reduzido para produzir etanol (Gallo Júnior, 2018).

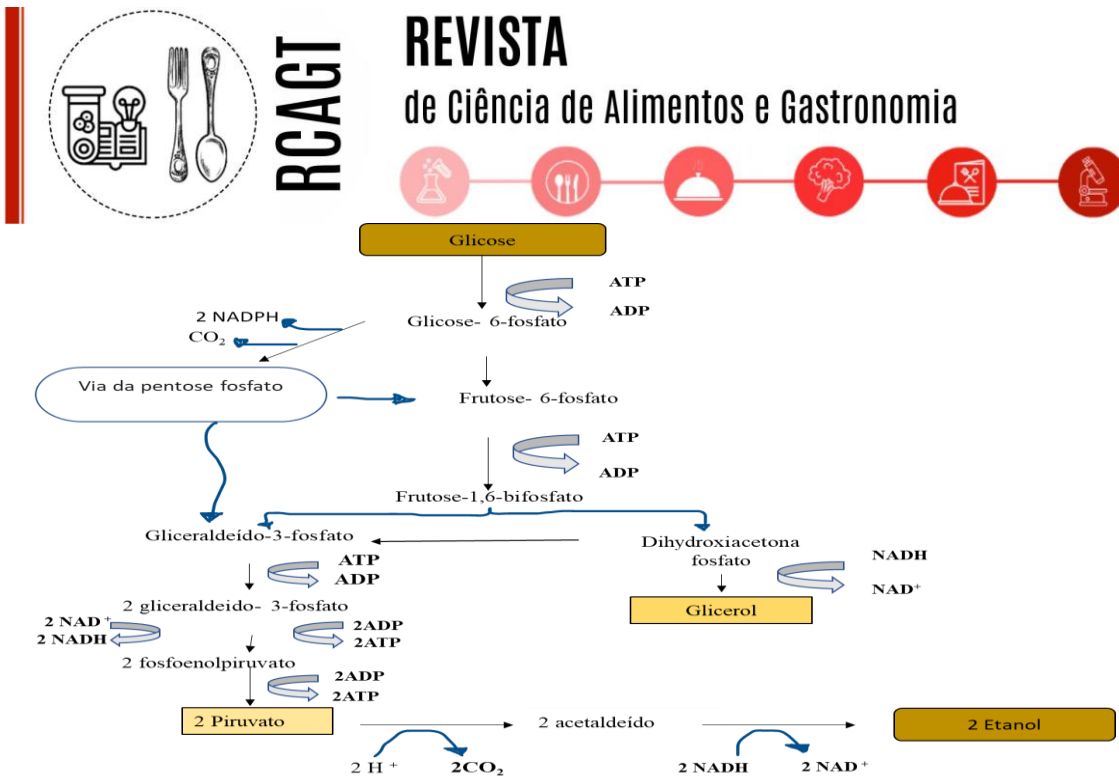


Figura 1. Reação de Glicólise.

3.3 Fermentação acética

Do ponto de vista bioquímico, a acetificação é um processo de oxidação realizado por bactérias do ácido acético (AAB). As bactérias aeróbicas convertem o etanol em acetaldeído e depois em ácido acético (Miranda et al., 2020). A reação de acetificação ocorre de acordo com a reação simplificada: $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$. Na fermentação acética, 1g de etanol dá origem a 1,036g de ácido acético e água, resultando em aumento de volume no sistema. A partir dessa relação, torna-se possível determinar o rendimento desse processo de fermentação (Prisacaru et al., 2021). A Figura 2 mostra o esquema de oxidação do etanol a ácido acético.

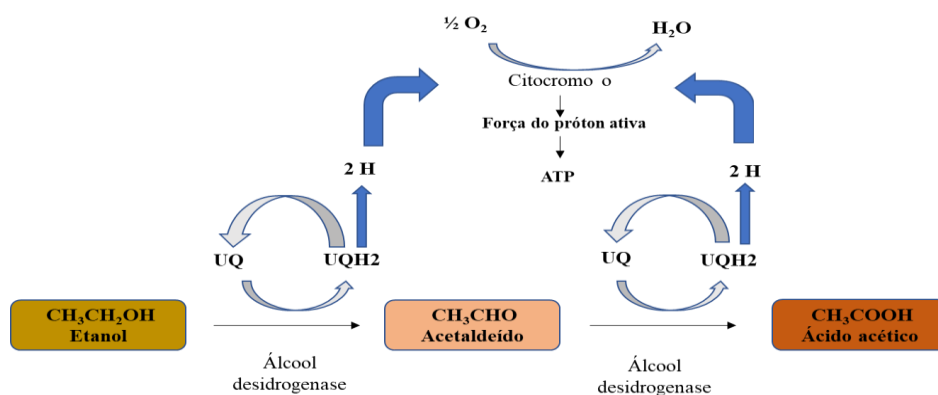


Figura 2. Esquema de oxidação do etanol em ácido acético.



Na fermentação acética, o etanol é oxidado por duas reações que ocorrem em sequência, catalisadas por enzimas ligadas à membrana, álcool desidrogenase (ADH) e aldeído desidrogenase (ALDH). As duas enzimas estão ligadas ao exterior da membrana periplasmática e catalisam as reações de oxidação porque estão no espaço periplasmático. Essas reações são chamadas de “fermentação oxidativa” porque envolvem a oxidação incompleta do álcool, acompanhada pelo acúmulo do produto de oxidação correspondente em grandes quantidades no meio de crescimento. Os aceptores de elétrons intermediários no processo são as ubiquinonas. A evaporação de compostos durante a fermentação acética é a principal causa da redução no rendimento final da concentração de ácido acético (Zilioli, 2011).

O ácido acético é o principal constituinte do vinagre e, de acordo com a legislação europeia, é estabelecido um mínimo de 5% de acidez total para o vinagre de frutas (*European Committee for Standardization*, 2000). De acordo com a legislação brasileira, o vinagre deve ter no mínimo 4% de acidez volátil total em ácido acético e no máximo 1,0% em volume a 20°C para teores alcoólicos de acordo com a Instrução Normativa nº 06 de 3 de abril de 2012 (Brasil, 2012).

3.4 Métodos de produção de vinagre

São conhecidos três métodos principais para a obtenção do vinagre por conversão microbológica do etanol presente no fermentado alcoólico, nomeadamente o método de superfície ou lento, método rápido e o método submerso. Um esquema dos métodos de produção de vinagre é demonstrado na **Figura 3**.

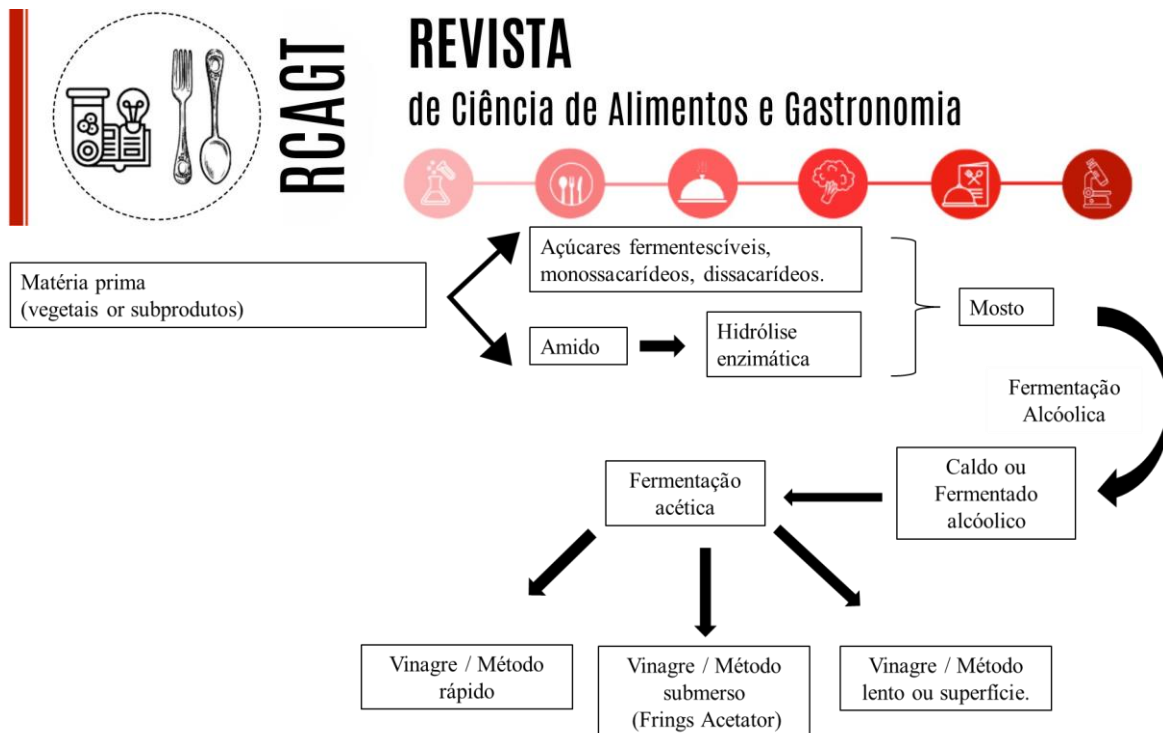


Figura 3. Vinagre / Métodos de produção de ácido acético.

O método de produção de superfície (lento) do vinagre é fundamentado no método mais antigo, no qual o vinho é mantido em recipientes parcialmente cheios e em contato com o ar, possibilitando a disponibilidade de oxigênio que promove o crescimento de bactérias. A partir daí, bactérias acéticas utilizam o álcool fermentado do vinho ou bebida alcoólica para produzir uma estrutura de α -celulose, também chamada de "mãe do vinagre". O método submerso difere do método lento de produção de vinagre, pois durante a fermentação, o oxigênio é fornecido para acelerar a produção industrial. Enquanto o método lento ocorre a temperatura ambiente, em torno de 25°C, e leva cerca de três meses para ser finalizado, o método submerso é executado em uma temperatura de 30°C e leva de 20 a 24 horas (Luzón-Quintana et al., 2021). Esse processo, patenteado por *Heinrich Frings-Bonn* nos anos 1950, requer que as bactérias acéticas sejam imersas na mistura a ser fermentada e suplementadas com nutrientes específicos. As bactérias obtêm energia da oxidação do etanol ao ácido acético, o que exige um suprimento constante de oxigênio. O equipamento utilizado, o acetificador (*Acetator Frings*), é automatizado e controla o teor alcoólico e a descarga do vinagre acabado. Apesar de ser caracterizado por uma alta produtividade e redução no tempo de produção do vinagre, esse método apresenta alguns inconvenientes, como alto custo de investimento inicial, mão de obra e manutenção especializadas, adoção de produção constante, aeração contínua e turbidez do vinagre que requer filtração e clarificação (Luzón-Quintana et al., 2021).



O processo rápido de produção de vinagre, também conhecido como alemão ou *Schützenback Boerhave*, foi introduzido na Alemanha em 1832 por *Schützenback*. Esse método é baseado na passagem da mistura vinho/vinagre sobre uma grande superfície exposta ao ar, que pode ser feita com a adição de materiais como carvão vegetal, bagaço de cana ou milho, madeira, entre outros, que servem como suporte para as bactérias acéticas aderirem. O equipamento utilizado nesse processo é chamado de vinagreira e é composto por três partes: a parte superior responsável por distribuir a mistura, a parte intermediária com o material de suporte e a parte inferior que é o reservatório de líquido. Entretanto, esse método é suscetível à infestação de insetos e moscas, como a *Drosophyla melanogaster*, e à reprodução excessiva de bactérias produtoras de polímeros, que podem comprometer a circulação da mistura dentro do cilindro central onde as bactérias se fixam (Es-sbata et al., 2022).

3.5 Processo fermentativo, complexidade sensorial e aspectos funcionais de vinagres

Devido à sua ampla disponibilidade em todo o mundo e à grande variedade de matérias-primas utilizadas, o vinagre é um dos produtos mais difundidos globalmente (Hutchinson et al., 2019). O vinagre é composto por cerca de 6% de ácido acético, além de carboidratos, ácidos orgânicos, álcoois, polióis, aminoácidos e peptídeos, e é produzido a partir de soluções alcoólicas fermentadas por bactérias do ácido acético (Molelekoa et al., 2018).

Estudos revelam que o vinagre de jabuticaba produzido a partir de leveduras e células imobilizadas de culturas mistas de *Acetobacter aceti* e *Gluconobacter oxydans* apresenta alto teor de ácidos orgânicos e compostos voláteis, que conferem valor funcional e aroma ao vinagre. Além disso, sua produção a partir de sobras da colheita torna-se uma opção viável e sustentável (Mohamad et al., 2015). Já o vinagre de repolho apresenta em sua composição o dimetildissulfeto (DMDS) e o dimetiltrisulfeto (DMTS), que contribuem para seu aroma característico (Dias et al., 2016).

A utilização de barris de madeira em vez de recipientes de vidro melhorou a cinética do processo de produção de vinagres de morango. Porém com o uso de barris de madeira,



RCAGT

REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



não é possível eliminar microrganismos indesejáveis de forma concreta, pois as bactérias penetram na madeira, dificultando a sua reutilização (Ishihara et al., 2018).

Diversos estudos têm demonstrado os benefícios da produção de vinagre utilizando matérias-primas alternativas. Por exemplo, o uso de suco de palma para produzir vinagre com *Acetobacter aceti* produziu resultados significativos, sendo rico em vitamina B, minerais e compostos fenólicos, podendo ter aplicações na saúde da população (J. H. Lee et al., 2013). O vinagre de abacaxi e o vinagre de tomate também têm mostrado efeitos positivos na saúde. O vinagre de abacaxi apresentou propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, além de ter efeito hepatoprotetor em camundongos (S. Lee et al., 2017). Já o vinagre de tomate apresentou compostos funcionais com efeito anti-hipertensivo e sugerem que pode prevenir doenças cardiovasculares (M. Y. Lee et al., 2017).

Além disso, outros estudos têm explorado a utilização de diferentes matérias-primas para a produção de vinagre funcional. O vinagre de abacaxi mostrou efeito antitumoral em camundongos, inibição da inflamação e supressão da metástase tumoral (Ghosh et al., 2014). O vinagre desenvolvido com folhas de pimenta *Wongi-1* aumentou substâncias bioativas e foi eficaz na eliminação de radicais, na inibição da atividade da α -glicosidase e pode prevenir o estresse oxidativo e aliviar a hiperglicemia no diabetes (Mohamad et al., 2019).

Além disso, outros estudos têm investigado a produção de vinagre a partir de resíduos alimentares. A fermentação semi-contínua do suco de cebola usando *Acetobacter orientalis* reduziu o tempo de fermentação e apresentou atividade antioxidante mais alta e maior aceitabilidade quando comparado com o vinagre de cebola comercial (Li et al., 2015). A produção de ácido acético a partir de resíduos alimentares de uma cantina resultou em um alto rendimento de ácido acético (Song et al., 2014). Por fim, a fermentação acética da amora coreana mostrou o aumento de compostos voláteis e o vinagre de *cranberry* coreano foi capaz de afetar positivamente a saúde óssea e o peso corporal em ratos (S. Lee et al., 2017).

Diversos estudos têm explorado o potencial de subprodutos agrícolas na produção de vinagres com propriedades físico-químicas e antioxidantes relevantes. O vinagre de manga, por exemplo, apresentou força ácida de 25% e teve boa aceitabilidade do consumidor, sendo estável por 7 meses (Adebayo-Oyetoro et al., 2017). Já na produção



RCAGT

REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



de vinagre de batata-doce roxa, o aumento da atividade antioxidante foi associado à presença de ácidos acético e fenólico liberados na fermentação (Wu et al., 2017).

Um estudo mais recente demonstrou que os subprodutos do processamento da Marula podem ser utilizados como substrato para a produção de ácido acético, estimulando a bioeconomia. Para garantir uma produção de alta qualidade, o método de produção de superfície foi mais adequado, preservando os compostos bioativos do vinagre (Molelekoa et al., 2018). Já o vinagre de cerveja marrom foi apontado como uma fonte mais rica de polifenóis e derivados fenólicos em comparação com a cerveja (Mudura et al., 2018).

Dois estudos relataram a produção de vinagres a partir de subprodutos de *Physalis* e *Pitaya* Vermelha, os quais apresentaram atividade antimicrobiana e teor de ácido acético superior a 4% (v/v) e etanol residual inferior a 1% (v/v). A análise sensorial indicou que os consumidores "gostaram moderadamente" de cada vinagre, sendo notado aroma cítrico no vinagre de *physalis* (Fernandes et al., 2019).

O método de acetificação lenta, usando vinagre forte não pasteurizado como inóculo, mostrou-se eficaz para obtenção de vinagre de manga. Os parâmetros físico-químicos e cinéticos analisados foram satisfatórios, com uma boa fonte de fenólicos e carotenóides, extrato seco de $11,33 \pm 0,12 \text{ g. L}^{-1}$, teor final de etanol de $0,9 \pm 0,01\%$ e rendimento de GK do processo de acetificação de 64%, atendendo aos parâmetros brasileiros de qualidade para vinagres (Barbosa et al., 2020).

De acordo com Prisacaru et al. (2021), o vinagre de casca de banana apresenta menor atividade microbiana devido à sua baixa acidez total, exibindo características diferentes dos vinagres de banana comerciais. Chochevska et al. (2021) relataram que a fermentação de vinagres caseiros de frutas geralmente ocorre na ausência de culturas starter que produzem níveis aceitáveis de etanol e ácido acético, resultando em um tempo de fermentação mais longo. Por outro lado, Minnaar et al. (2021) observaram um aumento nos ácidos fenólicos após a transformação do suco de maçã Kei em vinagre por meio da fermentação alcoólica e acética. Da Rocha Neves et al. (2021) constataram que o pseudofruto do cajueiro (*A. othonianum*) apresentou resultados satisfatórios na produção de vinagre e podem ser utilizados como base para futuros estudos sobre a preparação de vinagres desta espécie utilizando outros métodos de fermentação. Yun et al. (2021) produziram vinagres de *Jeju* e vinagres cítricos (tangerina), que demonstraram fortes



RCAGT

REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



efeitos antioxidantes, antiobesidade e antienvhecimento. De acordo com Pothimon et al. (2021), os compostos ácidos são o principal componente dos fermentos acéticos (vinagres) e os ésteres são importantes compostos voláteis que tornam o vinagre mais aromático. Além disso, compostos voláteis, como ésteres, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas e compostos heterocíclicos, têm um impacto significativo na avaliação olfativa do vinagre, influenciando sua percepção sensorial (Chen, Bai, et al., 2017). O aroma é uma importante característica dos vinagres e pode variar de acordo com o processo de produção. No caso do vinagre de morango, seu perfil aromático é produzido durante a fermentação alcoólica e acética. É válido destacar que a fermentação alcoólica inoculada pode proporcionar uma qualidade aromática superior aos vinagres produzidos por processo espontâneo (Ubeda et al., 2012).

A determinação de compostos orgânicos voláteis (VOC) no vinagre de arroz foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS), técnica utilizada para identificar e quantificar compostos orgânicos em uma amostra, que envolve a separação dos componentes de uma mistura através da cromatografia gasosa e, em seguida, a identificação dos componentes individuais através da espectrometria de massa. Os principais compostos orgânicos voláteis encontrados foram ácido acético e acetato de etila a 9,11% e 2,69% (v/v), respectivamente, enquanto os demais foram acetato de isobutila, álcool isobutílico, acetato de isoamila, álcool isoamílico, fenetil e álcool fenetílico (Pothimon et al., 2022).

Os subprodutos secos de minimilho (seda) foram utilizados como matéria-prima para a produção de vinho e vinagre, e durante a fermentação foram gerados 39 compostos voláteis no vinho e 43 voláteis no vinagre. Alguns compostos orgânicos voláteis foram comuns tanto ao vinho quanto ao vinagre, como o ácido acético, éster etílico, 1-butanol 3-metil, acetona, 1-butanol 3-metil, ácido hexanóico e ácido octanóico, compostos com propriedades antimicrobianas, mostrando uma oportunidade de aplicação desses produtos no campo da segurança alimentar e nutricional. Além disso, foi demonstrada inibição *in vitro* de *E. coli* e *S. aureus* (Krusong et al., 2020).

Foi realizado um experimento com dois vinagres produzidos a partir do meio de cultura sólida descartado do cogumelo *Cordyceps militaris* e arroz. O vinagre de *cordyceps* apresentou teores mais elevados de ácidos tartárico, metanoico, láctico e orgânico total em



comparação com o vinagre de arroz. Além disso, o vinagre de *cordyceps* exibiu maior atividade antioxidante, bem como maiores níveis de cordycepin, adenosina, aminoácidos livres doces e umami, ésteres e ácidos (Liu et al., 2018).

Observa-se na **Tabela 1** que o uso de subprodutos do processamento de vegetais para produção de vinagre é incomum. Assim, os estudos científicos se concentram principalmente, mas não apenas, no uso de frutas e vegetais, especialmente subprodutos de frutas, demonstrando assim a necessidade de mais estudos aplicando subprodutos de vegetais para produção de vinagres. Além disso, é importante destacar que os vinagres podem ser produzidos tanto por fermentação inoculada quanto espontânea, e que o método de fermentação, cultura e envelhecimento influenciam nas características do vinagre e, conseqüentemente, em sua aplicação na saúde.

3.6 Vinagres balsâmicos

O vinagre balsâmico de *Modena*, que é um vinagre com indicação geográfica protegida, e o vinagre balsâmico tradicional de *Modena e Reggio Emilia*, que tem denominação de origem protegida, são produtos típicos italianos obtidos a partir da fermentação alcoólica e acética de mostos de uvas cozidos e concentrados, mas para o vinagre balsâmico de *Modena* é permitido adicionar vinagre de vinho e corante caramelo, enquanto para o vinagre balsâmico tradicional de *Modena e Reggio Emilia* é permitido usar apenas mosto de uva cozida e inoculação de colônias de bactérias acéticas. Outra diferença diz respeito ao processo de maturação e envelhecimento, que para o Vinagre Balsâmico de Modena é realizado em barris de madeira por 60 dias, enquanto para o Vinagre Balsâmico Tradicional ocorre em barris de madeira por pelo menos 12 anos (Ubeda et al., 2012).

Na União Européia (UE) o termo “indicação geográfica” é comumente utilizado para indicar um regulamento que pretende padronizar a produção, aceitação e certificação de produtos alimentícios. Existem três formatos diferentes para indicações geográficas e especialidades tradicionais na UE (denominação de origem protegida, DOP; indicação geográfica protegida, IGP; e especialidade tradicional garantida, ETG) (Cirlini et al., 2011).

A palavra “balsâmico” tem sua origem na palavra bálsamo, que está relacionada a uma pomada medicinal e era usada para combater a peste e foi mencionada pela primeira vez



RCAGT

REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



no século XI (Sinanoglou et al., 2018). O vinagre balsâmico de *Modena* é geralmente vendido em garrafas de 250ml, e o vinagre balsâmico tradicional de Modena em garrafas de 100ml (Bertelli et al., 2015). São vinagres de renome mundial, mas exigem um longo período de produção e apresentam preços elevados, que não correspondem às necessidades do mercado globalizado. Na Itália, novos balsâmicos estão sendo estudados e comercializados para oferecer experiências de sabor a um preço mais acessível (Lalou et al., 2020). Com a intenção de preservar sua qualidade, tradição e origem, no ano 2000 os produtos balsâmicos receberam uma denominação de origem protegida, que permite produtos denominados “vinagre balsâmico tradicional de Modena” ou “vinagre balsâmico tradicional de Reggio Emilia” e “vinagre balsâmico de Modena” ” que só podem ser produzidos nessas províncias da Itália (Cirlini et al., 2011).

Nos vinagres balsâmicos predominam os ácidos orgânicos, formados pela oxidação dos álcoois causada por bactérias acéticas. Os ácidos orgânicos voláteis em maior concentração são ácido acético, ácido benzóico, ácido isovalérico, ácido fenilacético, ácido isobutírico e ácido octanóico (Lalou et al., 2020). Num estudo com vinagre balsâmico, à medida que o vinagre maturava, os ácidos orgânicos aumentavam significativamente (Marrufo-Curtido et al., 2012) e durante o armazenamento de 12 meses em barris de carvalho aumentou os fenóis totais de 441 para 1024 mg EAG/g (Cocchi et al., 2002). Compostos furânicos também aparecem nos vinagres balsâmicos, como hidroximetilfurfural, furfural, 5-acetoximetilfurfural, 5-metilfurfural e 2-acetilfurano, devido ao aquecimento de soluções de glicose, sendo formados por reações de Maillard, ou pela reação com barris ou pela adição de corante caramelo (Marrufo-Curtido et al., 2012).

Nos vinagres balsâmicos são identificados compostos fenólicos voláteis, estando em maior quantidade que nos outros vinagres, sendo o principal fenólico o ácido gálico, que apresenta um aumento do seu teor durante a maturação em tonéis de castanheiro. Os balsâmicos têm a maior atividade antioxidante em comparação com outros vinagres.

Além do ácido gálico, outros ácidos principais são o ácido protocatecuico, o ácido cafeico e o ácido p-cumárico (Callejón et al., 2010; Chinnici et al., 2009). As análises de aminas biogênicas foram realizadas em vários tipos de vinagres, e o vinagre balsâmico apresentou



a maior porcentagem qualitativa e quantitativa de amins biogênicas, com as maiores concentrações de histamina, agmatina e putrescina (Ordóñez et al., 2013).

Foram apresentadas diferenças entre os balsâmicos, sendo apresentados detalhes sobre a produção, o envelhecimento e os componentes químicos desses vinagres, bem como informações sobre as indicações geográficas e as especialidades tradicionais na União Europeia, além de destacar os compostos fenólicos voláteis e a alta atividade antioxidante dos vinagres balsâmicos em comparação com outros vinagres.

No entanto, seria útil explorar mais estudos que fornecessem informações sobre os métodos de envelhecimento específicos, bem como sobre o impacto das diferenças nos métodos de produção na qualidade e no sabor do produto. Além disso, faz-se necessário estudos sobre as possíveis implicações ambientais e sociais da produção desses vinagres, especialmente no que diz respeito ao uso de madeira para envelhecimento.

3.7 Uso de vinagre como conservante

O vinagre é usado na preparação de alimentos e é aplicado em *picles*, maionese e outros alimentos ou conservas. Suas características fenólicas totais, antioxidantes e antimicrobianas variam de acordo com as matérias-primas e métodos de produção, além disso, seu efeito antimicrobiano pode estar associado a ácidos orgânicos, sendo o principal deles o ácido acético, mas também tartárico, fórmico, láctico, cítrico e málico (Sengun et al., 2019). Os resultados de um estudo publicado em 2021 demonstraram que a marinada à base de vinagre de frutas orgânicas pode ser usada para melhorar a segurança e a qualidade da carne, o microrganismo mais sensível foi *Listeria monocytogenes*, enquanto o mais resistente foi *Salmonella entérica serovar Typhimurium*. O vinagre orgânico mais eficaz contra todos os patógenos foi a formulação preparada com vinagre de rosa mosqueta, que possui o maior valor de acidez de $1,43 \pm 0,07\%$ (Sengun et al., 2021).

Na China, marcas comerciais de vinagre foram testadas usando HPLC-UV de fase reversa e o ácido benzóico e a sacarina sódica foram identificados e usados como conservante e adoçante, respectivamente (Cheng et al., 2020).

A irrigação com água não tratada contamina vegetais, então tomates e alface foram testados aplicando vinagre de limão e o vinagre foi efetivo contra a contaminação da



superfície foliar das folhas de alface sem causar danos (Mohd et al., 2018). A jaca foi examinada quanto à contaminação por *Pantoea agglomerans* e a inibição da contaminação da superfície com vinagre de arroz, tanto na forma líquida quanto na forma de vapor, foi testada in vitro com resultados satisfatórios e excelente aceitação sensorial dos vegetais tratados (Pothimon et al., 2021). Portanto, é viável explorar novos estudos com vinagres e que sejam sanitizantes e assim avançar em relação ao desenvolvimento de compostos que contribuam para o controle de qualidade das indústrias.

As características do vinagre e seu uso como conservante e agente antimicrobiano é apresentado em diferentes alimentos. Os resultados exemplificam a eficácia do vinagre no controle de contaminação bacteriana em carne, tomate, alface e jaca. Além disso, é mencionado que diferentes tipos de vinagre podem ter diferentes valores de acidez e, portanto, diferentes níveis de eficácia no controle de patógenos.

É importante abordar em futuros artigos questões como a confiabilidade das técnicas empregadas, a aplicabilidade dos resultados em outros tipos de alimentos e os possíveis efeitos do uso de vinagre como conservante na saúde humana. Ademais, é necessário discutir também as potenciais desvantagens do uso de vinagre como conservante, incluindo possíveis mudanças no sabor e na textura dos alimentos.

4 CONCLUSÕES

Os processos fermentativos, em particular a fermentação alcoólica e a acética, podem ser aplicados a várias matérias-primas de origem vegetal, incluindo subprodutos da transformação alimentar, e assim desenvolver novos produtos, como por exemplo os vinagres, através de variados métodos de produção, incluindo submerso, rápido, e o método de superfície, podendo recorrer a fermentações espontâneas ou inoculadas.

Dependendo da escolha das culturas e do método utilizado, é possível obter vinagres com características completamente distintas, ampliando as possibilidades de estudos.

É comprovado que os vinagres possuem potencial funcional, contribuindo no combate e prevenção de diversas patologias citadas durante a revisão da literatura, porém os estudos estão mais voltados para avaliar seus efeitos em camundongos. Assim, como perspectiva futura, torna-se necessário e importante que mais estudos sejam realizados a partir da variação de matérias-primas, variação de métodos de processamento do vinagre, sendo



importante uma avaliação de seus aspectos funcionais aplicados em seres humanos. Com isso, é possível explorar ainda mais a ação do vinagre com relação a microrganismos patogênicos e deteriorantes.

REFERÊNCIAS

- Adebayo-Oyetero, A. O., Adenubi, E., Ogundipe, O. O., Bankole, B. O., & Adeyeye, S. A. O. (2017). Production and quality evaluation of vinegar from mango. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1), 1278193.
- Alberti, A., Vieira, R. G., Drilleau, J. F., Wosiacki, G., & Nogueira, A. (2011). Apple wine processing with different nitrogen contents. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(3), 551–558.
- Almeida, I. C., Pacheco, T. F., Machado, F., & Gonçalves, S. B. (2022). Evaluation of different strains of *Saccharomyces cerevisiae* for ethanol production from high-amylopectin BRS AG rice (*Oryza sativa* L.). *Scientific Reports*, 12(1), 1–15.
- Barbosa, C. D., Costa, E. C. da, Costa, I. M., Lacerda, I. C. A., & Lopes, E. de S. O. (2020). Obtenção e caracterização de vinagre de manga pelo método de acetificação de Orleans. *Research, Society and Development*, 9(8), 15.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Instrução normativa No 6, de 3 de abril de 2012 - Estabelecer os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento 2012 p. 262. (2012). Available from: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-6-de-3-de-abril-de-2012.pdf/view>
- Callejón, R. M., Torija, M. J., Mas, A., Morales, M. L., & Troncoso, A. M. (2010). Changes of volatile compounds in wine vinegars during their elaboration in barrels made from different woods. *Food Chemistry*, 120(2), 561–571.
- Cavdaroglu, C., & Ozen, B. (2021). Authentication of Vinegars with Targeted and Non-targeted Methods. *Food Reviews International*, 00(00), 1–18.
- Chen, Y., Bai, Y., Li, D., Wang, C., Xu, N., & Hu, Y. (2017). Improvement of the Flavor and Quality of Watermelon Vinegar by High Ethanol Fermentation using Ethanol-Tolerant Acetic Acid Bacteria. *International Journal of Food Engineering*, 13(4).



Chen, Y., Huang, Y., Bai, Y., Fu, C., Zhou, M., Gao, B., Wang, C., Li, D., Hu, Y., & Xu, N. (2017). Effects of mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* in alcoholic fermentation on the physicochemical and sensory properties of citrus vinegar. *Lwt*, *84*, 753–763.

Cheng, Z., Ran, Q., Liu, J., Deng, X., Qiu, H., Jia, Z., & Su, X. (2020). Rapid Determination for Benzoic Acid, Sorbic Acid, Phenyllactic Acid, Phenylalanine, and Saccharin Sodium in Vinegar by High-Performance Liquid Chromatography–UV. *Food Analytical Methods*, *13*(8), 1673–1680.

Chinnici, F., Guerrero, E. D., Sonni, F., Natali, N., Marín, R. N., & Riponi, C. (2009). Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) characterization of volatile compounds in quality vinegars with protected European geographical indication. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(11), 4784–4792.

Chochevska, M., Jančovska Seniceva, E., Kostadinović Veličkovska, S., Naumova-leĭĭa, G., Mirčeski, V., Rocha, J. M. F., & Esatbeyoglu, T. (2021). Electrochemical determination of antioxidant capacity of traditional homemade fruit vinegars produced with double spontaneous fermentation. *Microorganisms*, *9*(9).

Cirlini, M., Caligiani, A., Palla, L., & Palla, G. (2011). HS-SPME/GC-MS and chemometrics for the classification of Balsamic Vinegars of Modena of different maturation and ageing. *Food Chemistry*, *124*(4), 1678–1683.

Cocchi, M., Lambertini, P., Manzini, D., Marchetti, A., & Ulrici, A. (2002). Determination of carboxylic acids in vinegars and in aceto balsamico tradizionale di modena by HPLC and GC methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(19), 5255–5261.

da Rocha Neves, G. A., Machado, A. R., Santana, J. F., da Costa, D. C., Antoniosi Filho, N. R., Viana, L. F., Silva, F. G., Spinosa, W. A., Soares Junior, M. S., & Caliari, M. (2021). Vinegar from *Anacardium othonianum* Rizzini using submerged fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(7), 2855–2862.

Dias, D. R., Silva, M. S., de Souza, A. C., Magalhães-Guedes, K. T., Ribeiro, F. S. de R., & Schwan, R. F. (2016). Vinegar production from jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) fruit using immobilized acetic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*, *54*(3), 351–359.



RCAGT

REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Es-sbata, I., Castro, R., Zouhair, R., & Durán-Guerrero, E. (2022). Effect of the type of acetic fermentation process on the chemical composition of prickly pear vinegar (*Opuntia ficus-indica*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Fernandes, A. C. F., de Souza, A. C., Ramos, C. L., Pereira, A. A., Schwan, R. F., & Dias, D. R. (2019). Sensorial, antioxidant and antimicrobial evaluation of vinegars from surpluses of physalis (*Physalis pubescens* L.) and red pitahaya (*Hylocereus monacanthus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2267–2274.

European comitte - Standard B. Vinegar - Product made from liquids os agricultural origin - definitions, requirements, marking BS EN 13188:2000. (2000). Recuperado de: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/f34ba9a0-81ac-40f5-9d4d-e2c5824d88c6/en-13188-2000>

Gallo Júnior, C. A. (2018). Estudo da fermentação alcoólica e acética a partir da polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos [UNICAMP]. http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_29c32961c99952052ccda3f93c262007

Ghosh, S., Chakraborty, R., Chatterjee, A., & Raychaudhuri, U. (2014). Optimization of media components for the production of palm vinegar using response surface methodology. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), 550–558.

Gong, C., He, Y., Tang, Y., Hu, R., Lv, Y., Zhang, Q., Tardy, B. L., Richardson, J. J., He, Q., Guo, J., & Chi, Y. (2021). Biofilms in plant-based fermented foods: Formation mechanisms, benefits and drawbacks on quality and safety, and functionalization strategies. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 116, pp. 940–953).

Hidalgo, C., Torija, M. J., Mas, A., & Mateo, E. (2013). Effect of inoculation on strawberry fermentation and acetification processes using native strains of yeast and acetic acid bacteria. *Food Microbiology*, 34(1), 88–94.

Hutchinson, U. F., Jolly, N. P., Chidi, B. S., Ngongang, M. M., & Ntwampe, S. K. O. (2019). Vinegar Engineering: a Bioprocess Perspective. *Food Engineering Reviews*, 11(4), 290–305.

IMARC Group (2022). Vinegar Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022-2027.



- Ishihara, S., Inaoka, T., Nakamura, T., Kimura, K., Sekiyama, Y., & Tomita, S. (2018). Nuclear magnetic resonance- and gas chromatography/mass spectrometry-based metabolomic characterization of water-soluble and volatile compound profiles in cabbage vinegar. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 126(1), 53–62.
- Krusong, W., Sripochanart, W., Suwapanich, R., Mekkerdchoo, O., Sriprom, P., Wipatanawin, A., & Massa, S. (2020). Healthy dried baby corn silk vinegar production and determination of its main organic volatiles containing antimicrobial activity.
- Lalou, S., Hatzidimitriou, E., Papadopoulou, M., Kontogianni, V. G., Tsiafoulis, C. G., Gerothanassis, I. P., & Tsimidou, M. Z. (2015). Beyond traditional balsamic vinegar: Compositional and sensorial characteristics of industrial balsamic vinegars and regulatory requirements. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 175–184.
- Lalou, S., Mantzouridou, F. T., & Tsimidou, M. Z. (2020). Challenges in the Production Line of New-Generation Balsamic Vinegars. In *Biotechnological Progress and Beverage Consumption: Volume 19: The Science of Beverages*. Academic Press.
- Lee, J. H., Cho, H. D., Jeong, J. H., Lee, M. K., Jeong, Y. K., Shim, K. H., & Seo, K. II. (2013). New vinegar produced by tomato suppresses adipocyte differentiation and fat accumulation in 3T3-L1 cells and obese rat model. *Food Chemistry*, 141(3), 3241–3249.
- Lee, M. Y., Kim, H. Y., Lee, D. E., Singh, D., Yeo, S. H., Baek, S. Y., Park, Y. K., & Lee, C. H. (2017). Construing temporal metabolomes for acetous fermentative production of *Rubus coreanus* vinegar and its in vivo nutraceutical effects. *Journal of Functional Foods*, 34, 311–318.
- Lee, S., Lee, J. A., Park, G. G., Jang, J. K., & Park, Y. S. (2017). Semi-continuous fermentation of onion vinegar and its functional properties. *Molecules*, 22(8), 1–16.
- Li, Y., He, D., Niu, D., & Zhao, Y. (2015). Acetic acid production from food wastes using yeast and acetic acid bacteria micro-aerobic fermentation. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 38(5), 863–869.
- Liu, L., Chen, Y., Luo, Q., Xu, N., Zhou, M., Gao, B., Wang, C., & Shi, Y. (2018). Fermenting liquid vinegar with higher taste, flavor and healthy value by using discarded *Cordyceps militaris* solid culture medium. *LWT*, 98, 654–660.
- Luzón-Quintana, L. M., Castro, R., & Durán-Guerrero, E. (2021). Biotechnological processes in fruit vinegar production. *Foods*, 10(5).



- Marrufo-Curtido, A., Cejudo-Bastante, M. J., Durán-Guerrero, E., Castro-Mejías, R., Natera-Marín, R., Chinnici, F., & García-Barroso, C. (2012). Characterization and differentiation of high-quality vinegars by stir bar sorptive extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry (SBSE-GC-MS). *Lwt*, 47(2), 332–341.
- Mazza, S., & Murooka, Y. (2009). Vinegars through the ages. *Vinegars of the World*, 17–39.
- Minnaar, P., Jolly, N., Beukes, L., & Benito, S. (2021). Effect of alcoholic and acetous fermentations on the phenolic acids of Kei-apple (*Dovyalis caffra* L.) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(10), 4315–4320.
- Miranda, L. C. R., Gomes, R. J., Mandarino, J. M. G., Ida, E. I., & Spinosa, W. A. (2020). Acetic acid fermentation of soybean molasses and characterisation of the produced vinegar. *Food Technology and Biotechnology*, 58(1), 84–90.
- Mohamad, N. E., Abu, N., Yeap, S. K., Lim, K. L., Romli, M. F., Sharifuddin, S. A., Long, K., & Alitheen, N. B. (2019). Apoptosis and metastasis inhibitory potential of pineapple vinegar against mouse mammary gland cells in vitro and in vivo. *Nutrition and Metabolism*, 16(1), 1–13.
- Mohamad, N. E., Yeap, S. K., Lim, K. L., Yusof, H. M., Beh, B. K., Tan, S. W., Ho, W. Y., Sharifuddin, S. A., Jamaluddin, A., Long, K., Nik Abd Rahman, N. M. A., & Alitheen, N. B. (2015). Antioxidant effects of pineapple vinegar in reversing of paracetamol-induced liver damage in mice. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 10(1), 1–10.
- Mohd, R. K. A., El-ariqi, S. N. S., & El-zumair, M. A. (2018). Evaluation of vinegar and Limon fruits juice on bacterial contamination surface of lettuce and tomato. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 312–314.
- Molelekoa, T. B. J., Regnier, T., Da Silva, L. S., & Augustyn, W. A. (2018). Potential of marula (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*) waste for the production of vinegar through surface and submerged fermentation. *South African Journal of Science*, 114(11–12), 1–6.
- Mudura, E., Coldea, T. E., Socaciu, C., Ranga, F., Pop, C. R., Rotar, A. M., & Pasqualone, A. (2018). Brown beer vinegar: A potentially functional product based on its phenolic profile and antioxidant activity. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 83(1), 19–30.
- Ordóñez, J. L., Callejón, R. M., Morales, M. L., & García-Parrilla, M. C. (2013). A survey of biogenic amines in vinegars. *Food Chemistry*, 141(3), 2713–2719.



- Pothimon, R., Krusong, W., Daetae, P., Tantratian, S., & Gullo, M. (2022). Determination of antifungal volatile organic compounds of upland rice vinegar and their inhibition effects on *Aspergillus flavus* in dried chili pepper. *Food Bioscience*, *46*, 101543.
- Pothimon, R., Podjane, U., Krusong, W., Thompson, A. K., & Massa, S. (2021). Inhibition of *Pantoea agglomerans* contamination of fresh-cut jackfruit by exposure to weak organic acid vapors. *Lwt*, *139*(July), 110586.
- Prisacaru, A. E., Ghinea, C., Apostol, L. C., Ropciuc, S., & Ursachi, V. F. (2021). Physicochemical characteristics of vinegar from Banana peels and commercial vinegars before and after in vitro digestion. *Processes*, *9*(7), 1–14.
- Ríos-Reina, R., Camiña, J. M., Callejón, R. M., & Azcarate, S. M. (2021). Spectralprint techniques for wine and vinegar characterization, authentication and quality control: Advances and projections. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, *134*.
- Sengun, I. Y., Goztepe, E., & Ozturk, B. (2019). Efficiency of marination liquids prepared with koruk (*Vitis vinifera* L.) on safety and some quality attributes of poultry meat. *LWT*, *113*, 108317.
- Sengun, I. Y., Yildiz Turp, G., Cicek, S. N., Avci, T., Ozturk, B., & Kilic, G. (2021). Assessment of the effect of marination with organic fruit vinegars on safety and quality of beef. *International Journal of Food Microbiology*, *336*.
- Shishehbor, F., Mansoori, A., & Shirani, F. (2017). Vinegar consumption can attenuate postprandial glucose and insulin responses; a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *127*, 1–9.
- Sinanoglou, V. J., Zoumpoulakis, P., Fotakis, C., Kalogeropoulos, N., Sakellari, A., Karavoltsos, S., & Strati, I. F. (2018). On the characterization and correlation of compositional, antioxidant and colour profile of common and balsamic vinegars. *Antioxidants*, *7*(10), 1–17.
- Song, Y. R., Shin, N. S., & Baik, S. H. (2014). Physicochemical properties, antioxidant activity and inhibition of α -glucosidase of a novel fermented pepper (*Capsicum annuum* L.) leaves-based vinegar. *International Journal of Food Science and Technology*, *49*(11), 2491–2498.



RCAGT

REVISTA

de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Tesfaye, W., Morales, M. L., García-Parrilla, M. C., & Troncoso, A. M. (2002). Wine vinegar: Technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*, 13(1), 12–21.

Ubeda, C., Callejón, R. M., Troncoso, A. M., Moreno-Rojas, J. M., Peña, F., & Morales, M. L. (2012). Characterization of odour active compounds in strawberry vinegars. *Flavour and Fragrance Journal*, 27(4), 313–321.

Wang, B., Tan, F., Chu, R., Li, G., Li, L., Yang, T., & Zhang, M. (2021). The effect of non-Saccharomyces yeasts on biogenic amines in wine. *Trends in Food Science and Technology*, 116(May), 1029–1040.

Wang, L., Zhou, Y., Liu, Y., & Chen, H. (2021). N₂ periodic pulsation process intensification to improve ethanol productivity in solid state fermentation of steam-exploded corn stalk. *Renewable Energy*, 169, 1058–1065.

Wang, X., Zou, W., Kamal, G. M., Wang, J., Zhou, M., Chen, L., Jiang, B., Khalid, M., Zhang, X., & Liu, M. (2020). An untargeted ¹³C isotopic evaluation approach for the discrimination of fermented food matrices at natural abundance: Application to vinegar. *Talanta*, 210(September 2019), 120679.

Wu, X., Yao, H., Cao, X., Liu, Q., Cao, L., Mu, D., Luo, S., Zheng, Z., Jiang, S., & Li, X. (2017). Production of vinegar from purple sweet potato in a liquid fermentation process and investigation of its antioxidant activity. *3 Biotech*, 7(5).

Yun, Y. R., Park, B. Y., Kim, S. H., & Jung, J. H. (2021). Antioxidant, anti-obesity, and anti-aging activities of jeju citrus blended vinegar. *Foods*, 10(7).

Zilioli, E. (2011). Composição Química e Propriedades funcionais no Processamento de Vinagres [Tese de Doutorado]. Universidade Estadual de Campinas.