

PROCESSOS E SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE VINAGRES: UMA REVISÃO

PROCESS AND SUBSTRATES FOR THE VINEGAR PRODUCTION: A REVIEW

SIEPMANN, Francieli Begnini¹; CANAN, Cristiane²; COLLA, Eliane³
^{1,2,3}Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Medianeira, Paraná, Brasil
¹franbegnini@gmail.com; ²canan@utfpr.edu.br; ³ecolla@utfpr.edu.br

Resumo

O vinagre é um alimento milenar, sendo que há aproximadamente 5000 anos os egípcios, babilônios, indianos, persas e gregos já conheciam a arte de fabricação e a versatilidade do vinagre, contudo ainda existem poucos estudos na tentativa de conhecer e otimizar as etapas envolvidas no processo produtivo. O objetivo desse trabalho é apresentar os estudos realizados no intuito de aperfeiçoar os processos de produção e de desenvolvimento de novos substratos para a fabricação de vinagres. Trata-se de um alimento produzido por duas fermentações sucessivas, alcoólica e acética, tornando necessário utilizar apenas matérias-primas com amidos e/ou açúcares fermentescíveis, sendo que os polissacarídeos devem primeiramente ser hidrolisados para conversão em açúcares mais simples. Para a sua produção, podem ser utilizados os processos tradicionais, sendo as fermentações realizadas de forma espontânea e sem controle, dando origem a produto com sabores e aromas peculiares, ou pelos métodos industriais, destacando o processo lento ou Orleans, e o processo rápido, também conhecido por alemão ou submerso. O processo rápido é o mais utilizado devido à sua alta produtividade. Tendo em vista que o vinagre é um alimento muito utilizado como tempero pela maioria da população, e na indústria alimentícia como acidulante, conservante e aromatizante, é necessário que mais estudos sejam conduzidos visando agregar maior valor a este produto, por meio da utilização de diferentes substratos e na tentativa de controlar e aperfeiçoar as etapas envolvidas em sua produção.

Palavras-chave: fermentação alcoólica; fermentação acética; processo submerso.

Abstract

Vinegar is an ancient food. About 5000 years ago, the Egyptians, Babylonians, Indians, Persians and Greeks already knew the art of manufacturing and the versatility of vinegar, however there are few studies in an attempt to meet and optimize the steps involved in the production process. The aim of this paper is to present the studies found in the literature in order to improve the production process and development of new substrates used in vinegars. Vinegar is a food produced by two successive fermentations, alcoholic and acetic; only raw materials with fermentable starches and / or sugars are applicable and the polysaccharides must be firstly hydrolyzed to conversion into simple sugars. Fermentations can be performed spontaneously and without control through traditional production processes, resulting in a product with peculiar flavors and aromas, or by industrial methods, highlighting the slow process or Orleans, and the fast process, also known as German or submerged. The fast process is the most widely used, due to the high productivity. Considering that vinegar is a food widely used by the population as a seasoning, and industrially as acidulant, flavoring and preservative, it is necessary to carry out more studies in order to add value to the final product, through the use of different substrates and in an attempt to control and optimize the steps involved in its production.

Keywords: alcoholic fermentation; acetic fermentation; submerged process

1 INTRODUÇÃO

Conforme o regulamento técnico de padrões de identidade e qualidade, o vinagre é um produto obtido da fermentação acética de vinhos de frutas, de cereais, do mel, da mistura de vegetais, ou ainda da mistura hidroalcoólica adicionada de partes de vegetais, extratos vegetais aromáticos, aromas naturais e condimentos (BRASIL, 2012). Deve ter no máximo 1,00 % (v/v) de álcool etílico a temperatura de 20 °C e no mínimo 4,00 % de acidez volátil (BRASIL, 2010).

Na antiga China, o vinagre era um símbolo de vida. Cerca de 5000 anos atrás, os egípcios, babilônios, indianos, persas e gregos já conheciam a arte de fabricação e versatilidade do vinagre: além de tempero, era a única maneira de preservar carnes, peixes, vegetais e muito apreciado por seu efeito refrescante. Há relatos de que os legionários romanos, soldados, fazendeiros e viajantes da Idade Média, bebiam água com vinagre para matar a sede e para a saúde (KERSTERS *et al.*, 2006).

A composição do vinagre é de 80 % (v/v) de água e 20 % de uma variedade de outros compostos, como ácidos orgânicos, álcoois, sais minerais, polifenóis, aminoácidos, entre outros (CASALE *et al.*, 2006).

A fermentação em produtos amiláceos pode ocorrer de maneira espontânea, dessa forma as leveduras e bactérias necessárias para a fermentação são carregadas pelo pó e /ou insetos ou presentes na própria matéria-prima (LLAGUNO; POLO, 1991) ou pela adição de inóculo de fermento que contém um elevado número de micro-organismos viáveis que adaptados para o substrato aceleram o processo de fermentação, além de permitir um controle mais rigoroso do mesmo. No vinagre essa cultura é conhecida como vinagre mãe ou vinagre forte (HOLZAPFEL, 1997; HOLZAPFEL, 2002).

As leveduras são capazes de metabolizar os açúcares e outros compostos presentes nos

substratos em etanol, dióxido de carbono e centenas de subprodutos secundários que determinam as propriedades do mosto fermentado, utilizado nas fases seguintes de fermentação acética e envelhecimento. As propriedades químicas e sensoriais dos vinagres são derivadas da matéria-prima, do método utilizado e dos produtos originados na fermentação (SOLIERI; GIUDICI, 2008; JOHNSTON; GAAS, 2006).

Na indústria alimentícia, o vinagre é utilizado principalmente como acidulante, agente aromatizante e conservante. É encontrado em centenas de alimentos processados incluindo saladas, maionese, mostarda, ketchup, produtos de panificação, alimentos em conserva, enlatados, marinadas e molhos. Embora muitos dos vinagres produzidos em todo o mundo sejam obtidos a partir de substratos comuns e muitas vezes com propriedades sensoriais limitadas, outros são produzidos a partir de vinhos *premium*, cuidadosamente envelhecidos e valorizados (HUTKINS, 2006).

Este trabalho visa salientar as recentes investigações sobre os diferentes substratos e processamentos utilizados na produção de vinagres.

2. MATÉRIAS PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE VINAGRE

Os vinagres são produzidos a partir de uma ampla variedade de frutas e cereais e sua classificação ocorre de acordo com a matéria-prima utilizada neste processo. Os vinagres de ervas consistem de vinagres de vinho ou destilados brancos, que podem ser temperados com alho, manjeriço, estragão, canela, cravo ou noz-moscada; os vinagres de fruta são fabricados a partir de vinho adoçado com fruta ou suco de fruta, a fim de produzir um sabor agridoce característico; já os vinagres tradicionais são produzidos a partir de alimentos regionais de acordo com costumes bem

estabelecidos, assim como o vinagre balsâmico de Modena, Itália, fabricado a partir de suco de uva tipo *Trebbiano*, colhidas o mais tarde possível, fermentado lentamente e envelhecido em pipas de madeiras diversas (JOHNSTON; GAAS, 2006; RAJI *et al.*, 2012). Na Ásia, os vinagres mais tradicionais são os de arroz. Já na Índia e nas Filipinas os vinagres de coco e cana são os mais comuns (JOHNSTON; GAAS, 2006).

Ao longo das últimas décadas, houve uma crescente tendência em agregar valor aos subprodutos agrícolas (RAJI *et al.*, 2012). Uma alternativa é a utilização como substrato na produção de vinagres. No entanto, nas matérias-primas que apresentam polissacarídeos torna-se necessária, primeiramente, a conversão dos amidos em açúcares fermentescíveis por meio de hidrólise, a qual pode ser ácida, enzimática, ou pela aplicação de altas pressões/temperaturas. A hidrólise ácida oferece um meio eficaz, porém a recuperação do ácido não é eficiente, além de ocorrer à produção de hidroximetilfurfural, que inibe o crescimento das leveduras utilizadas na fermentação alcoólica (FARONE; CUZENS, 1996; JIEUN *et al.*, 2009). Já a extrusão por alta pressão pode prejudicar o efeito catalítico da alfa-amilase, causando uma desaceleração da taxa de conversão de polissacarídeos em amidos simples, assim a hidrólise enzimática torna-se a mais eficiente para produtos alimentícios (BUCKOW *et al.*, 2007).

Diversos autores tem realizado a hidrólise enzimática de carboidratos de matérias-primas complexas, tais como no bagaço de maçã (PARMAR; RUPASINGHE, 2013), farelo de arroz (JIEUN *et al.*, 2009), bagaço de babaçu, (LÓPEZ *et al.*, 2013), batata-doce, (DUVERNAY *et al.*, 2013), casca de limão, (BOLUDA-AGUILAR; LÓPEZ-GÓMEZ, 2013), sabugo de milho, (MING; XIA; XUE, 2007), entre outros.

A utilização de frutas de baixo padrão para o consumo *in natura* e de resíduos

agroindustriais como matérias-primas na produção de vinagres vem sendo estudada desde o início do século XX, a citar os trabalhos de Poore (1920), que estudou o processo e composição de vinagre de laranja, Loesecke (1929) com a fabricação de vinagre de banana, Khattak; Hamdy e Powers (1965) por meio da fermentação acética a partir de suco de melancia, Maldonado; Rolz e Cabrera, (1975) avaliaram a produção de vinho e vinagre de diversas frutas tropicais tais como, banana, caju, amora preta, abacaxi e tamarindo. Desde então, vários alimentos vem sendo estudados para a utilização como substrato na produção de vinagres, como o mirtilo (SU; CHIEN, 2010), bagaço de maçã (PARMAR; RUPASINGHE 2013), caqui (SAKANAKA; ISHIAHA, 2008), entre outros.

Ubeda *et al.* (2013), utilizaram 3 safras de morangos de segunda qualidade como matéria-prima na produção de vinagre, sendo avaliadas as alterações na atividade antioxidante, índice de fenóis totais e o total de antocianinas monoméricas durante o processo de produção. Como resultado, obtiveram um produto de boa qualidade comercial e rico em compostos fenólicos.

Visando minimizar as perdas pós-colheita do abacaxi em países tropicais da África, onde a produção é excessiva, os autores Sossou *et al.* (2009) produziram um vinagre a partir da casca de abacaxi e Raji *et al.* (2012) relataram a produção de vinagre de abacaxi descascado. Em ambos estudos os produtos obtidos apresentaram características físico-químicas similares aos vinagres comerciais.

Um novo tipo de vinagre aromático foi desenvolvido por Wu *et al.* (2007), que utilizaram o arroz como matéria-prima principal misturado a várias substâncias tais como, gengibre e raiz de alcaçuz.

Estudos com a utilização de vinagres produzidos a partir de frutas maceradas foram conduzidos por Cejudo-Bastante *et al.* (2010), sendo avaliada a relação entre a composição de

polifenóis com a quantidade de casca de uvas utilizada na fabricação do vinagre de vinho xerez. Esses mesmos autores realizaram avaliações sensoriais e a determinação da composição volátil dos vinagres de vinho xerez com a utilização de lima, limão, laranja, uva e morango, maceradas e não maceradas, e verificaram que a preferência sensorial foi para os vinagres obtidos com frutas maceradas (CEJUDO-BASTANTE *et al.*, 2013).

O sabor e aroma dos vinagres são influenciados pelos substratos e processos utilizados. Os compostos são formados durante a fermentação e são remanescentes das matérias-primas e do tipo de processo utilizado (MORALES *et al.*, 2002). Para se produzir um vinagre com boas características sensoriais e nutricionais, a escolha de matérias-primas e do processo de acetificação são fatores que precisam ser avaliados cautelosamente.

3. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

A fermentação alcoólica é a transformação anaeróbia de açúcares, principalmente da glicose e da frutose em etanol e dióxido de carbono, produzindo líquidos ligeiramente alcoólicos denominados de “vinho”. Este processo é realizado por leveduras e também por algumas bactérias. Trata-se de um processo muito complexo ao mesmo tempo em que esta reação prossegue outros processos bioquímicos e físico-químicos ocorrem, resultando na produção de etanol e outros compostos tais como, álcoois superiores, ésteres, glicerol, ácido succínico, diacetil, acetoína e 2,3-butanodiol (ZAMOR, 2009).

A etapa de fermentação alcoólica na produção de vinagres geralmente é conduzida em estado estacionário para garantir o meio anaeróbio, assim como realizado nos trabalhos desenvolvidos por Sossou *et al.* (2009); Plessi (2003); Raji *et al.* (2012) entre outros. Entretanto, Suman (2012) e Horiuchia; Kanno; Kobauashi (1999) utilizaram a agitação de 100

rpm e 200 rpm, respectivamente, e relataram acréscimos no rendimento em etanol, o que pode ter sido ocasionado pela melhor homogeneização do meio e consequente aumento da área de exposição do substrato à levedura.

No processo produtivo do vinagre a fermentação alcoólica pode ocorrer de duas formas distintas; a espontânea, que ocorre pela ação das bactérias e/ou leveduras presentes no substrato e no meio; ou por meio da adição controlada das mesmas (PRETORIUS, 2000)..

Na produção de vinagre com a adição controlada de leveduras, a adição do fermento é realizada no intuito de garantir a população mínima de 10^6 células/mL no início do processo de fermentação alcoólica, assim como utilizado por Ubeda *et al.* (2013) na produção de vinagre de morango e por Bortollini; Sant’anna e Torres (2001) na produção de vinagre de kiwi.

A *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura mais utilizada na produção de bebidas como o vinho (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006; FLEET, 2008), cerveja (HUTKINS, 2006, N’GUESSAN *et al.*, 2008) e vinagres (SUN; CHIEN, 2010; SUMAN, 2012; UBEDA *et al.*, 2013), por ser mais tolerante ao etanol e por auxiliar na obtenção de um produto com qualidade padronizada e em tempo previsível (HUTKINS, 2006; PRETORIUS, 2000).

Na fermentação alcoólica espontânea são encontradas diferentes espécies de levedura, como a *Kloeckera*, *Hanseniaspora* e *Candida*, as quais predominam nas fases iniciais. Nos estágios intermediários, a *Pichia* e a *Metschnikowia* prevalecem, e nas últimas etapas do processo a *Saccharomyces cerevisiae* é a predominante, devido sua maior resistência à alta concentração de etanol (FLEET; HEARD, 1993).

Hidalgo *et al.* (2013) utilizaram o morango como substrato para avaliar os dois processos de fermentação alcoólica: a controlada pela adição de *S. cerevisiae*; e a espontânea e observaram que para atingir 8,2%

de etanol foi necessário 5 e 8 dias, respectivamente, mostrando que com o controle da microbiota do meio é possível acelerar o processo. Em contrapartida, em estudo conduzido por Ubeda *et al.* (2013), observou-se que com a adição de 2×10^6 células/mL de cepas de *S. cerevisiae* é possível alcançar um vinho de morango com metade da concentração de antocianinas presentes no vinho obtido pelo processo espontâneo. Porém, esses mesmos autores verificaram que não houve diferenças significativas na taxa de polifenóis dos vinagres de caqui produzidos por ambos os processos (UBEDA *et al.*, 2011).

Com base na literatura utilizada, verifica-se que existem poucos relatos referentes aos impactos ocasionados com a escolha do método de fermentação alcoólica para determinada matéria-prima utilizada na produção de vinagres.

4. FERMENTAÇÃO ACÉTICA

Ao término da fermentação alcoólica inicia-se a fermentação acética, onde ocorre a transformação do etanol em ácido acético pelo metabolismo das bactérias acéticas. Nesta etapa, outros processos químicos e bioquímicos ocorrem como: a formação e ruptura de ligações tipo éster, a geração de furfural, entre outros. Todos estes componentes contribuem para as características finais dos vinagres produzidos e, portanto, a sua produção ou a eliminação devem ser controladas (DURÁN *et al.*, 2010).

A produção glicolítica do etanol a partir de glicose e frutose afeta a subsequente oxidação acética de diferentes maneiras. Níveis baixos de etanol podem inibir a produção de ácido acético e aumentar a oxidação incompleta de outros polióis e açúcares, principalmente a síntese de ácido glucônico por meio da oxidação direta da glicose (SOLIERI; GIUDICI, 2008).

Outro fator a ser controlado é o aporte de oxigênio, que possui efeito positivo na fermentação acética, uma vez que aumenta a

biossíntese de ácidos graxos e ésteres de esterois e, conseqüentemente, a viabilidade das bactérias (SOLIERI; GIUDICI, 2008).

Na fermentação acética, as espécies de bactérias *Acetobacter* e *Gluconobacter* são as mais utilizadas para a produção de vinagre, em função de sua alta capacidade de oxidar o etanol em ácido acético e sua forte resistência aos mesmos (IIDA; YASUO; HORINOUCI, 2008).

Embora mais de 100 espécies, subespécies e variedades do gênero *Acetobacter* tenham sido classificadas ao longo dos anos, poucas são as que possuem qualidades industriais, isto é, capazes de produzir concentrações elevadas de ácido acético, não formar material viscoso, não ter capacidade para completar a oxidação até anidrido carbônico e água, ter tolerância a concentrações razoáveis de ácido acético e trabalhar em temperaturas entre 25°C e 30°C. Por este motivo, geralmente utiliza-se uma microflora mista de *Acetobacter* contendo diferentes espécies ou variedades dessa bactéria (SACHS, 1990), proveniente de um vinagre não pasteurizado, denominado de vinagre mãe ou vinagre forte.

5. PROCESSOS PRODUTIVOS DE VINAGRE

O processamento do vinagre pode ser realizado pelo método artesanal ou tradicional, ou ainda pelos processos industriais, tais como: *Fielding process*; processo lento, também conhecido por contínuo ou *Orleans*; e pelo processo rápido, também chamado de semi-contínuo ou submerso (LLAGUNO; POLO, 1991).

5.1 Processo artesanal

Os vinagres tradicionais são produzidos a partir da fermentação espontânea, que contém diversos tipos de micro-organismos, originando um produto com sabor e aroma diferenciados e

únicos (NIE *et al.*, 2015).

No Japão, é comum a produção do vinagre branco tradicional a base de arroz (*kome* ou *Kurôzu* em japonês) produzido em um vaso de cerâmica. Todo o processo (sacarificação, fermentação alcoólica e acética) prossegue espontaneamente dentro do mesmo recipiente e ao ar livre, sem qualquer controle de temperatura e aeração. As matérias-primas utilizadas são: arroz cozido, água e arroz *koji*. O arroz usado para este tipo de vinagre deve ser suavemente polido, a fim de reter a maior parte das camadas do farelo que contêm minerais, vitaminas e proteínas. O processo de fermentação leva em torno de três meses para ser concluído, devendo ser realizado durante as estações da primavera/outono. Em seguida o vinagre é envelhecido por mais de um ano, para somente então ser consumido (HARUTA *et al.*, 2006).

Na China, o vinagre *Shanxi* envelhecido é considerado como o patrimônio cultural imaterial nacional da China (CHEN *et al.*, 2013). É um produto produzido a partir de fermentações espontâneas, as quais são conduzidas por várias espécies de fungos e bactérias, sendo geralmente utilizado como substrato, o sorgo, a ervilha, o farelo de trigo, o farelo de milho e a casca de arroz (CHEN *et al.*, 2009).

5.2 Processo Orleans

No processo *Orleans*, também chamado de método contínuo, o vinagre é obtido a partir de uma fermentação lenta do vinho, realizada em barris de madeira. As bactérias acéticas são dispostas sobre a interface ar-líquido em um contato direto com o ar atmosférico (oxigênio), formando uma espécie de biofilme, também denominado de vinagre mãe ou vinagre forte. Quando o produto atinge a acidez e sabor desejados são removidos em torno de 30% do vinagre, sendo completado o volume com um vinho novo e fresco, desta forma a fermentação

não é paralisada. Entretanto, este método requer meses até que os vinagres fiquem prontos, gerando custos mais elevados, sendo mais utilizado na produção de vinagres tradicionais e selecionados (SOLIERI; GIUDICI, 2009; TESFAYE *et al.*, 2002).

Visando diminuir o tempo da etapa de acidificação na produção de vinagres tradicionais, Hidalgo *et al.* (2010) estudaram três estratégias diferentes. Nas pipas utilizadas no processo, foi avaliada a influência do tipo de madeira e do aumento na interface líquido-ar, estudado por meio da construção de dois protótipos. O tipo de madeira não teve nenhum efeito na diminuição do tempo de acetificação. Contudo, ao aumentar a interface líquido-ar, observou-se uma aceleração do processo de acetificação e consequente diminuição do tempo do processo. Aliada a essas alterações, realizou-se a inoculação de uma cultura pura de *Acetobacter pasteurianus*, que não resultou em nenhuma alteração no tempo do processo.

5.3 Processo submerso

O método de produção de vinagre mais utilizado industrialmente é o submerso, no qual as bactérias acéticas ficam suspensas no líquido, sendo aplicada uma forte aeração para assegurar a demanda de oxigênio. Trata-se de um método introduzido no início do século XX (TESFAYE *et al.*, 2002).

O processo submerso permite que a oxidação do álcool seja realizada mais rapidamente, com uma maior eficiência e em reatores menores. Os rendimentos são de 5 - 8 % superiores e mais de 90 % do rendimento teórico são alcançados, além de ser possível a automatização de todo o processo (FREGAPANE *et al.*, 1999). Devido à alta taxa de produção, há uma elevação na temperatura, sendo que um aumento de 2-3 °C acima da temperatura ótima da fermentação (30 °C) gera uma redução acentuada na velocidade de produção, por isso torna-se necessário um

sistema de arrefecimento eficiente (OHMORI *et al.*, 1980).

A condução do processo submerso ou semi-contínuo, ocorre em dois biorreatores dispostos em série. O primeiro contém o inóculo com concentração de 5 a 6 % (v/v de ácido acético) e o vinho com no máximo 13 % (v/v) de etanol. Quando o produto atinge 2-3 % (v/v) de etanol, é bombeado para o segundo biorreator, onde permanece até que o etanol seja consumido a níveis de 0,2-0,3 % (v/v), e o teor de ácido acético necessário, aproximadamente 4 % (v/v), seja obtido (EBNER; SELLMER; FOLLMAN, 1996).

A duração de um ciclo de fermentação acética no processo semi-contínuo varia entre 18 a 30 h, dependendo da concentração inicial de etanol, da eficiência do sistema e da duração da fase *lag* das bactérias acéticas (YAMADA *et al.*, 2012).

Lopez; Johnson e Wood (1961) mostraram que os fatores como potencial oxidação/redução, teor alcoólico do mosto, teor de oxigênio, temperatura e composição qualitativa do meio, interferem significativamente na taxa fermentativa do processo submerso. Esses resultados também foram confirmados por Tesfaye *et al.* (2002), que afirmam que o sucesso do processo depende da manutenção da cultura bacteriana na fase exponencial de crescimento. Deste modo, o meio fornece os nutrientes e o oxigênio necessário para a sobrevivência das bactérias.

Segundo Suman (2012), tanto a acidez como o teor alcoólico afetam muito o desenvolvimento das bactérias ou a qualidade do vinagre, sendo que concentrações acima de 13 % de álcool dificultam a acetificação, além de não ser totalmente oxidado. Industrialmente a concentração utilizada é de 6 % de álcool etílico. Já a concentração de acidez é regulada pela adição do vinagre forte o qual geralmente é adicionado na proporção de 1:3 a 1:4 do vinho.

Para aumentar a eficiência do processo de acetificação do processo submerso, Qi *et al.*

(2013), estudaram diferentes faixas de acidez inicial (30, 40 e 50 g/L); no primeiro caso, as bactérias acéticas *Acetobacter pasteurianus* se desenvolveram rapidamente, entretanto ao aumentar a acidez para 40 g/L houve um aumento menos acentuado na biomassa; já com o valor máximo de acidez, as bactérias permaneceram vivas no meio durante 5 dias, mas sem proliferarem. Mesmo não tendo a quantidade máxima de bactérias acéticas, o ensaio com 40 g/L de acidez inicial apresentou um aumento de 20 % na taxa de acetificação e consumo de oxigênio 40 % inferior quando comparado com os métodos tradicionais.

García-García *et al.* (2007), desenvolveram um método on-line, que permite o carregamento, descarregamento e o cálculo rápido da taxa média de acetificação, durante um ciclo típico de produção semi-contínua de vinagre. Para a estimativa da taxa de acetificação, o *software* utiliza a variação da concentração de etanol, durante um ciclo, que pode ser prontamente determinada em linha e permite que a taxa de oxidação biológica média, em cada passo do processo seja convenientemente estimada. Por meio destes dados é possível quantificar com precisão a atividade bacteriana durante um ciclo de acetificação e a forma como ela é influenciada pelas condições de funcionamento, com vista a identificar as medidas específicas que mais são afetadas por alterações durante o processo.

5.4 Clarificação e processo de envelhecimento

Antes da comercialização o vinagre deve receber alguns tratamentos, que objetivam melhorar as características sensoriais e a estabilidade do produto final. Isto pode incluir o armazenamento após a fermentação, os processos de clarificação, filtração, envelhecimento, estabilização e envase (PEDROSO, 2003).

Um dos métodos utilizados para a clarificação consiste em misturar o carvão

ativado no vinagre sob agitação e em seguida separá-los por filtração ou decantação. Trata-se de um processo semi-contínuo que além de ocorrer perdas consideráveis de vinagre, há geração de resíduos sólidos (ACHAERANDIO; GÜELL; LÓPEZ, 2002).

Na tentativa de diminuir o tempo envolvido na clarificação e pasteurização, López *et al.* (2005), avaliaram a utilização de microfiltração de fluxo cruzado em escala industrial com redução da turbidez de sólidos totais em suspensão e do teor de polifenóis. Com essa técnica, seria possível realizar a pasteurização a frio. Outra técnica foi estudada por Achaerandio; Güell e López (2002), que utilizaram a adsorção em resinas de permuta para a clarificação contínua do vinagre.

Na indústria é comum a prática de misturar uma fração de vinagre clarificado com vinagre não clarificado, dessa forma é possível manter as características e qualidade do produto final (ACHAERANDIO; GÜELL; LÓPEZ, 2002).

A qualidade final do vinagre também pode ser afetada pelo tipo de madeira utilizado no processo de envelhecimento (MORALES *et al.*, 2001). Cerezo *et al.* (2010), verificaram que os tipos de madeira utilizados nas pipas de madeiras durante o processo de envelhecimento interferem nas características físico-químicas e sensoriais do produto final. Sensorialmente, observou-se que os vinagres envelhecidos em pipas de carvalho apresentavam maiores pontuações para a presença de compostos doces e de baunilha.

A qualidade de um determinado alimento pode ser avaliada levando-se em conta diferentes perspectivas, como valor nutricional, segurança alimentar e propriedades sensoriais. No caso do vinagre, a qualidade é fortemente determinada pelas propriedades sensoriais, uma vez que podem modificar a apreciação global (TESFAYE *et al.*, 2002).

Durante o armazenamento do vinagre, ocorrem alterações físico-químicas e sensoriais

que são decorrentes da oxidação e envelhecimento de alguns dos compostos presentes no produto. Isto foi observado em 95 amostras de vinagre analisadas por Casale *et al.* (2006), que realizaram análises ao abrir cada garrafa e após determinados períodos de armazenamento. Segundo os autores, no momento em que o oxigênio entrava em contato com o vinagre ocorria um decréscimo no conteúdo de dois principais conservantes, ácido cítrico e dióxido de enxofre, sendo que em vinagres com um alto teor de carboidratos, tais como o vinagre balsâmico, ou vinagre *Sherry Pedro Ximenez*, a reação de *Maillard* induzia a condensação dos hidratos de carbono redutores (glucose, frutose) e aminoácidos livres (prolina, lisina) presentes no meio, produzindo uma série de reações que culminava na polimerização e aparecimento de pigmentos escuros ou melanoidinas. As pectinas, gomas e mucilagens também foram afetadas pelas enzimas responsáveis pela hidrólise pectinolítica, que produziam a perda da consistência do vinagre.

6. CONCLUSÕES

Diversos estudos foram conduzidos na tentativa de otimizar o processo produtivo de vinagres, contudo existem poucas investigações voltadas aos impactos ocasionados no produto final em função da escolha dos métodos de processo nas diferentes etapas de produção, a citar a fermentação alcoólica, acética e processo de envelhecimento.

Ao longo do último século, vários trabalhos foram desenvolvidos objetivando agregar valor aos resíduos agroindustriais e aos alimentos com baixo valor comercial, utilizando-os como substratos de vinagres. Porém, a produção de vinagre ainda pode ser explorada, especialmente na utilização de substratos alternativos, tais como resíduos agroindustriais de baixo custo e com composição favorável em açúcares e compostos funcionais, visando um produto final com

benefícios à saúde.

REFERÊNCIAS

- ACHAERANDIO, I.; GÜELL, C.; LÓPEZ, F. Continuous vinegar decolorization with exchange resins. **Journal of Food Engineering**, v.51, n. 4, p. 311–317, 2002.
- BOLUDA-AGUILAR, M.; LÓPEZ-GÓMEZ, A. Production of bioethanol by fermentation of lemon (*Citrus limon*L.) peel wastes pretreated with steam explosion. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n. 1, p. 188–197, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n. 259**. Aprova as normas referentes à complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e dos derivados da e uva e do vinho. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 6**. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 2012.
- BORTOLINI, F.; SANT'ANNA, E. S.; TORRES, R. C. Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (*actinidia deliciosa*); composição dos mostos e métodos de fermentação acética. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 236-243, 2001.
- BUCKOW, R.; WEISS, U.; HEINZ, V.; KNORR, D. Stability and catalytic activity of alpha-amylase from barley malt at different pressure–temperature conditions. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 97, n. 1, p. 1-11, 2007.
- CASALE, M.; ABAJO, S. M.; SÁIZ, G. J.; PIZARRO, C.; FORINA, M. Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 557, n. 1, p. 360-366, 2006.
- CEJUDO-BASTANTE, M. J.; GUERRERO, E. D.; MEJÍAS, R. C.; MARÍN, R. N.; DODERO, R.; BARROSO, C. G. Study of the Polyphenolic Composition and Antioxidant Activity of New Sherry Vinegar-Derived Products by Maceration with Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 1, p. 11814-11820, 2010.
- CEJUDO-BASTANTE, M. J.; DURÁN E.; CASTRO, R.; DODERO, R.; BARROSO, C. G. Study of the volatile composition and sensory characteristics of new Sherry vinegar derived products by maceration with fruits. **LWT- Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 469-479, 2013.
- CEREZO, A. B.; TESFAYE, W.; SORIA-DÍAZ, M.E.; TORIJA, M. J.; MATEO, E.; GARCIA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Effect of wood on the phenolic profile and sensory properties of wine vinegars during ageing. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 2, p. 175–184, 2010.
- CHENG, F.S.; LI, L.; QU, J.; CHENG, C.X. Cereal vinegars made by solid-state fermentation in China. In SOLIERI, L; GIUDICI, P. **Vinegars made by solid-state fermentation in China**, Milan, p.243-244, 2009.
- CHENG, T.; GUI, Q.; SHI, J.J.; ZHANG, X.Y.; CHEN, F.S. Analysis of variation of mains components during aging process of Shanxi aged vinegar. **Acetic Acid Bacteria**, v. 2, p. 6-8, 2013.
- DURÁN, E.; PALMA, M.; NATERA, R.; CASTRO, R.; BARROSO, C. G. New FT-IR method to control the evolution of the volatile constituents of vinegar during the acetic fermentation process. **Food Chemistry**, v.121, n. 2 p. 575-579, 2010.
- EBNER, H.; SELLMER, S.; FOLLMAN, H. H. Acetic acid. In: REHM, H.J, R. G (Eds.), **Biotechnology**, Wiley-VCH, Weinheim. p. 381–401, 1996. V6.
- DUVERNAY, W. H.; CHINN, M. S.; YENCHO, G. C. Hydrolysis and fermentation of sweet potatoes for production of fermentable sugars and ethanol. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 527–537, 2013
- FARONE, W.; CUZENS, J. **Method of producing sugars using strong acid hydrolysis of cellulosic and hemicellulosic materials**. US Patent 5,562,777, 1996.
- FLEET, G.H. Wine yeasts for the future. **FEMS Yeast Research**, v. 8, p. 979-995, 2008.
- FLEET, G.H.; HEARD, G.M. Yeast-growth during fermentation. In G.H. Fleet (Ed.), **Wine Microbiology and Biotechnology** .Harwood Academic, p.27-49, 1993.
- FREGAPANE, G.; RUBIO-FERNÁNDEZ, H.; NIETO, J.; SALVADOR, M.D. Wine Vinegar Production Using a Noncommercial 100-Litre Bubble Column Reactor Equipped with a Novel Type of Dynamic Sparger. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 63, n. 2, p. 141-146, 1999.
- GARCÍA-GARCÍA, I.; CANTERO-MORENO, D.; JIMÉNEZ-OT, C.; BAENA-RUANO, S.; JIMÉNEZ-HORNERO, J.; SANTOS- DUEÑAS, I.; BONILLA-VENCESLADA, J.; BARJA, F. Estimating the mean acetification rate via on-line monitored changes in ethanol during a semi-continuous vinegar production cycle. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 2, p. 460-464, 2007.
- HARUTA, S.; UENO, S.; EGAWA, I.; HASHIGUCHI, K.; FUJII, A.; NAGANO, M.; ISHII, M.; IGARASHI, Y. Succession of bacterial and fungal communities during a traditional pot fermentation of rice vinegar assessed by

- PCR-mediated denaturing gradient gel electrophoresis. *International Journal of Food Microbiology*, n. 109, v. 1, p. 79-87, 2006.
- HIDALGO, C.; VEGAS, C.; MATEO, E.; TESFAYE, W.; CEREZO, A.B.; CALLEJÓN, R.M.; POBLET, M.; GUILLAMÓN, J.M.; MAS, A.; TORIJA, M.J. Effect of barrel design and the inoculation of *Acetobacter pasteurianus* in wine vinegar production. *International Journal of Food Microbiology*, v. 141, n. 1, p. 56-62, 2010.
- HIDALGO, C.; TORIJA, M.J.; MAS, A.; MATEO, E. Effect of inoculation on strawberry fermentation and acetification processes using native strains of yeast and acetic acid bacterium. *Food Microbiology*, v. 34, n. 1, p. 88-94, 2013.
- HORIUCHI, J.; KANNO, T.; KOBAYASHI, M. New Vinegar Production from Onions. *Journal Of Bioscience And Bioengineering*, v. 88, n. 1, p. 107-109, 1999.
- HOLZAPFEL, W. Use of starter cultures in fermentation on a household scale. *Food Control*, v. 8, p. 241-258, 1997.
- HOLZAPFEL, W. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *International Journal of Food Microbiology*, v. 75, n. 3, p. 197-212, 2002.
- HUTKINS, R. W. *Microbiology and Technology Of Fermented Foods*. Australian: Blackwell Publishing, 2006.
- IIDA, A.; YASUO, O. E.; HORINOCHI, S. Control of Acetic Acid Fermentation by Quorum Sensing via *N*-Acylhomoserine Lactones in *Gluconacetobacter intermedius*. *Journal of Bacteriology*, v. 190, n. 7, p. 2546-2555, 2008.
- JIEUN, L., SEO, E., KWEON, D., PARK, K., JIN, Y. Fermentation of Rice Bran and Defatted Rice Bran for Butanol Production Using *Clostridium beijerinckii*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 19, n. 5, p. 482-490, 2009..
- JOHNSTON, C. S.; GAAS, C. A. Vinegar: Medicinal Uses and Antglycemic Effect. *MedGenMed*, v. 8, n. 2, p. 61-67, 2006.
- KHATTAK, J.N.; HAMDY, M.K.; POWERS, J.J. Use of watermelon juice. II: acetic acid fermentation. *Food Technology*, v. 19, p. 998-1001, 1965.
- KERSTERS, K.; LISDIYANTI, P.; KOMAGATA, K.; SWINGS, J. The family Acetobacteraceae: The Genera *Acetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter* and *Kozakia*. In: DWORKIN, M.; FALKOW, S.; ROSENBERG, E.; SCHLEIFER, K.; STACKEBRANDT, E. *The Prokaryotes*, Springer, 2006. V3.
- LLAGUNO, C.; POLO, M. C. *El Vinagre del Vino*. Ebcamp, S.A, Bergantin, Madrid, Espanha, 1991.
- LOESECKE, H. Preparation of Banana Vinegar. *Industrial and Engineering Chemistry*, v. 21, n. 2, p. 175-176, 1929.
- LOPEZ, A. L.; JOHNSON, W.; WOOD C. B. Observations on a Laboratory Method for Submerged Acetic Fermentation. *Department of Horticulture, Virginia Agricultural Experiment Station, Virginia Polytechnic Institute*, v. 9, n. 1, p. 425-433, 1961.
- LÓPEZ, F.; PESCADOR, P.; GÜELL, C., MORALES, M.L.; GARCÍA-PARRILLA, M.C, TRONCOSO, A.M. Industrial vinegar clarification by cross-flow microfiltration: effect on colour and polyphenol content. *Journal of Food Engineering*, v. 68, n. 1, p. 133-136, 2005.
- LÓPEZ, J. A.; LÁZARO, C. C.; FREIRE, D. M. G.; CASTRO, A. M. Characterization of multienzyme solutions produced by solid-state fermentation of babassu cake, for use in cold hydrolysis of raw biomass. *Biochemical Engineering Journal*, v. 15, n. 1, p. 231-239, 2013.
- MALDONADO, O.; ROLZ, C.; CABRERA, S. S. Wine and Vinegar production from tropical fruits. *Journal of Food Science*, v. 40, n. 2, p. 262-265, 1975.
- MING, C.; XIA, L.; XUE, P. Enzymatic hydrolysis of corncob and ethanol production from cellulosic hydrolysate. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 59, n. 2, p. 85-89, 2007.
- MORALES, M.L.; GONZÁLEZ, G.A.; CASAS, J.A.; TRONCOSO, A.M. Multivariate analysis of commercial and laboratory produced Sherry wine vinegars: influence of acetification and aging. *European Food Research Technology*, v. 212, n. 6, p. 676-682, 2001.
- MORALES, M.L.; TESFAYE, W.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; CASAS, J.A.; TRONCOSO, A.M. Evolution of the aroma profile of Sherry wine vinegars during an experimental aging in wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 22, n. 50, p. 3173-3178, 2002.
- N'GUESSAN, K.F.; AKA, S.; DJENI, T.N.D.; DJE, K.M. Effect of traditional starter inoculation rate on sorghum beer quality. *Journal of Food Technology*, v. 6, p. 271-277, 2008.
- NIE, Z.; ZHENG, Y.; DU, H.; XIE, S.; WANG, M. Dynamics and diversity of microbial community fermentation of Shanxi aged vinegar. *Food Microbiology*, v. 47, p. 62-68, 2015.
- OHMORI, S.; MASAI, H.; ARIMA, K.; BEPPU, T. Isolation and Identification of Acetic Acid Bacteria for Submerged Acetic Acid Fermentation at High Tempera-

Agriculture Biology Chemistry, v. 44, n. 12, p. 2901-2906, 1980.

PARMAR, I.; RUPASINGHE, H.P.V. Bio-conversion of apple pomace into ethanol and acetic acid: Enzymatic hydrolysis and fermentation. **Bioresource Technology**, v.130, n.1, p. 613-620, 2013.

PEDROSO, P. F. R. **Produção De Vinagre De Maça Em Biorreator Airlift**. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 2003.

PLESSI, M. VINEGAR. In CABALLERO B., TRUGO, L.C., FINGLAS.P.M. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. Academic Press, Oxford. p. 5996-6004, 2003. V1.

POORE, H. D. Orange Vinegar-Its Manufacture and Composition. **Industrial and Engineering Chemistry**, v. 12, n. 12, p. 1176-1178, 1920.

PRETORIUS, I. Tailoring Wine Yeast For The New Millennium: Novel Approaches To The Ancient Art Of Winemaking. **Yeast**, v. 16, n. 8, p. 675-729, 2000.

QI, Z.; YANG, H.; XIA, X.; XIN, Y.; ZHANG, L.; WANG, W.; YU, X. A protocol for optimization vinegar fermentation according to the ratio of oxygen consumption versus acid yield. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 304-309, 2013.

RAJI, Y. O.; JIBRIL, M.; MISAU, M. I.; DANJUMA, Y. B. Vinegar from pineapple peel. **International Journal of Advanced Scientific Research and Technology**, v.3, n.2, p. 656-666, 2012.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications**. John Wiley & Sons, Cop, Chichester, 2006.

SACHS, L.G. **Tecnologia dos produtos agropecuários – Transformações de produtos vegetais**. FFALM, Bandeirantes, 1990.

SAKANAKA, S; ISHIHARA, Y. Comparison of antioxidant properties of persimmon vinegar and some other commercial vinegars in radical-scavenging assays and on lipid oxidation in tuna homogenates. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 739-744, 2008.

SOLIERI, L.; GIUDICI, P. Yeasts Associated To Traditional Balsamic Vinegar: Ecological And Technological Features. **International Journal of Food Microbiology**, v. 125, n. 1, p. 36-45, 2008.

SOLIERI, L.; GIUDICI, P. **Vinegars of the world**. Itália: Verlag, Springers, 2009.

SOSSOU, S. K.; AMEYAPOH, Y.; KAROU, S. D.; SOUZA, C. Study of Pineapple pelling processing into vinegar by biotechnology. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.12, n. 11, p. 859-865, 2009.

SU, M-S.; CHIEN, P-J. Aroma impact components of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) vinegars. **Food Chemistry**, v.119, n.1, p. 923-928, 2010.

SUMAN, A. P. **Processo de Obtenção de vinagre de gengibre**. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) campus Botucatu, SP, 2012.

TESFAYE, W.; MORALES, M.L.; GARCIA-PARRILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M. Wine Vinegar: Technology, Authenticity And Quality Evaluation. **Trends in Food Science & Technology**, v.13, n.1, p. 12-21, 2002.

UBEDA C.; CALLEJÓN, R.; HIDALGO, C.; TORIJA, M.J.; TRONCOSO, A.M.; MORALES, M.L. Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effect on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. **LWT- Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 139-145, 2013.

UBEDA, C.; HIDALGO, C.; TORIJA, M.K.; MAS, A.; TRONCOSO, A.M.; MORALAES, M.L. Evaluation of antioxidant activity and total phenols index in persimmon vinegars produced by different processes. **LWT – Food Science and Technology**, v.44, n.3, p. 1591-1596, 2011.

YAMADA, Y.; YUKPAN, P.; VU, H.T.L.; MURAMATSU, Y.; OCHAIKUL, D.; NAKAGAWA, Y. Subdivision of the genus *Gluconacetobacter* Yamada: the proposal of *Komagatabacter* gen. nov., for strains accomodated to the *Gluconacetobacter xylinus* group in the α -*Proteobacteria*. **Annals of Microbiology**, v. 62, p. 849-859, 2012.

ZAMOR, F. **Biochemistry of Alcoholic Fermentation in Wine Chemistry and Biochemistry**. Moreno-Arribas, Spain: M.C.Polo, 2009.

WU, B.; WANG, R.; WANG, J.; JIA, Z. Research on production of ginger-rice vinegar drink. **The Beverage Industry**, v. 2, n. 1, p. 1-4, 2007.

Artigo submetido em: 13.05.2015

Artigo aprovado para publicação em: 14.03.2016