



CARACTERIZAÇÃO DO FERMENTADO DE LARANJA E CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO

Characterization of orange fermented and kinetics of the fermentation process

Nathalia Alves Ramalho Nucci¹, Onildo Ribeiro Lima¹, Jorge Roberto dos Santos Júnior², Maurício Bonatto Machado de Castilhos³, Vanildo Luiz Del Bianchi², Irene Rodrigues Freitas¹

¹Centro Universitário do Norte de São Paulo – UNORTE, Curso de Engenharia Química.

²Universidade Estadual Paulista – UNESP, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos. ³Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Campus Frutal.

e-mail: nathimarascalqui@hotmail.com, onildo_lima@hotmail.com, jorgersantos.jr@gmail.com, mauricio.castilhos@uemg.br, del.bianchi@unesp.br, irfreitas@yahoo.com.br

RESUMO – Esse trabalho teve como objetivo um breve estudo cinético da fermentação e a caracterização do fermentado de laranja. O fermentado foi produzido a partir da fermentação das laranjas Pêra e Valência (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), provenientes da região Noroeste do Estado de São Paulo. A fermentação foi realizada com a utilização de leveduras aeróbicas facultativas, como a *Saccharomyces cerevisiae*. A cinética da fermentação foi realizada com a laranja pêra em escala laboratorial, em reatores de bancada compostos por batoque hidráulico e volume de 160 mL, simultânea à produção do fermentado. Os fermentados foram caracterizados quanto ao pH, acidez total e volátil, açúcar redutor, teor alcoólico, compostos fenólicos totais, sólidos solúveis, extrato seco total e índice de cor. Os fermentados apresentaram propriedades físico-químicas conforme a legislação com um grau alcoólico de 9,8 v/v na laranja Pêra e de 10,3 v/v na laranja Valência. O resultado de açúcar redutor pode classificar o fermentado como um tipo de bebida seca uma vez que o mesmo apresentou dados de 1,28 g/L e 0,73 g/L para as variedades Pêra e Valência, respectivamente. O fermentado de laranja pode ser uma alternativa para as indústrias de bebidas.

Palavras-chave: álcool; vinho; fermentação.

ABSTRACT – This work aimed to provide a brief kinetic study of fermentation and the characterization of fermented orange. The fermented product was produced from the fermentation of Pera and Valencia oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), from the Northwest region of the State of São Paulo. Fermentation was carried out using facultative aerobic yeasts, such as *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentation kinetics were carried out with pear orange on a laboratory scale, in bench reactors composed of hydraulic bungs and a volume of 160 mL, simultaneously with the production of the fermented product. The fermented products were characterized in terms of pH, total and volatile acidity, reducing sugar, alcoholic content, total phenolic compounds, soluble solids, total dry extract and color index. The fermented substances presented physical-chemical properties in accordance with legislation, with an alcoholic strength of 9.8 v/v in Pera orange and 10.3 v/v in Valencia orange. The reducing sugar result

can classify the fermented beverage as a type of dry beverage since it presented data of 1.28 g/L and 0.73 g/L for the Pear and Valencia varieties, respectively. Orange fermented can be an alternative for the beverage industry.

Keywords: alcohol; wine; fermentation.

1. INTRODUÇÃO

A laranja é um fruto representante do grupo *citrus* assim como o limão, tangerina, entre outros, sendo que a sua forma encontrada em todas suas espécies é globosa e arredondada de coloração verde a alaranjado, sua casca é fibrosa e sua polpa aquosa (Hussain *et al.*, 2021).

A laranja *Citrus sinensis* contém uma vasta variedade de minerais como, cálcio, sódio, fósforo, potássio e magnésio entre as vitaminas estão a A, B e principalmente a C e de compostos bioativos como como polifenóis, carotenoides e limonoides (Lu *et al.*, 2021; Seminara *et al.*, 2023). Encontra-se entre a espécie favorita em comercialização industrial, uma vez que os índices de açúcares presentes em sua composição são favoráveis para a indústria de suco.

O uso de sucos de frutas para elaboração de bebidas fermentadas representa uma alternativa de uso dos frutos, contendo o desperdício e agregando valores nos mesmos. Normalmente os vinhos são obtidos da fermentação alcoólica do mosto das uvas, no entanto na literatura vem com a alternativa de preparar e caracterizar outras variedades de frutas como a laranja (Corazza *et al.*, 2001), com o intuito de produzir vinhos.

Tecnicamente todo fruto ou vegetal que possua uma certa umidade, açúcar e os nutrientes como ácidos orgânicos e um meio ácido estável para as leveduras serve como matéria-prima para a fermentação de bebidas, sendo assim, a laranja é uma forte candidata uma vez que a mesma apresenta quantidade considerável de flavonoides, fibra pectina, vitamina C e hesperidina (Saini *et al.*, 2022).

A Legislação Brasileira cita que, o vinho é a bebida provida da fermentação alcoólica da uva, no entanto para bebidas produzidas com fermentação alcoólica que seja diferente da uva deve-se indicar o nome usual da fruta proveniente ou fermentado (Brasil, 2014).

O fermentado de laranja é proposto afim de oferecer uma matriz diversificada à produção de vinhos, podendo englobar diversos estudos e tecnologias inovadoras. A laranja demonstra em questão fisiológica um bom meio fermentativo para bebidas, uma vez que contém quantidades consideráveis de flavonóides, e os compostos fenólicos contidos nos seus extratos são altamente bioativos (Saini, 2022). No entanto, a maior concentração de ativos como d-limoneno, heperidina, naringina e auraptena estão presentes na casca (Munir *et al.*, 2024) podendo afetar diretamente no processo de vinificação.

Para o aproveitamento de frutos regionais, no caso a laranja para a indústria de bebidas, realizar a preparação de fermentados, bem como efetuar o estudo cinético para identificar o comportamento do microrganismo em meio alternativo ao usual, é uma alternativa. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo preparar, e estudar a cinética do processo de fermentação da laranja e caracterizar o fermentado.

2. MÉTODOS

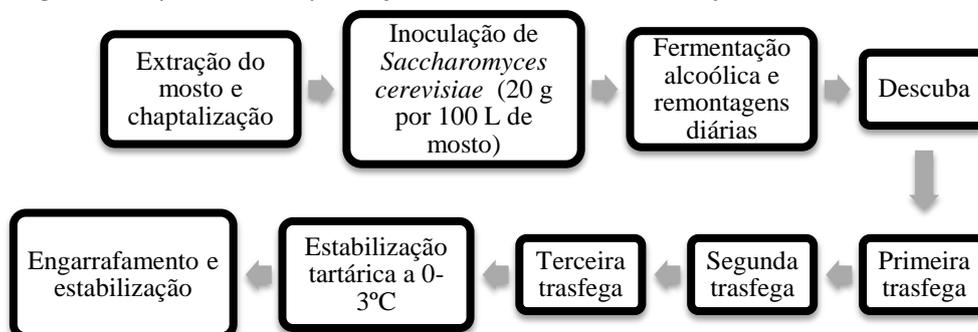
Os fermentados foram produzidos com laranjas do tipo Pêra (*Citrus Sinensis*) e Valência (*Citrus Aurantium*), sendo obtidas da empresa CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) na cidade de São José do Rio Preto -SP. Para a produção foi necessário retirar a casca para que a mesma não afetasse o produto final com seu albedo (bagaço) e sumo. Para cada fermentado produzido foi utilizado aproximadamente entre 13,0 e 14,0 litros de suco *in natura*.

Os reatores utilizados possuem 20 litros constituído de material plástico atóxico branco com torneiras adaptas na parte inferior para facilitar a retirada do vinho pela descuba. A tampa possui um dispositivo de airlock para evitar a passagem do ar atmosférico para o interior do reator, mas ainda possibilitando a saída do gás carbônico produzido na fermentação alcoólica. Utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* liofilizada, metabissulfito de potássio para a sulfitagem e açúcar cristal para correção do °Brix do mosto.

2.1 Preparação dos fermentados

O processo de vinificação para os dois tratamentos sofreu algumas alterações relacionadas ao processo tradicional, uma vez que a matriz escolhida não possui ácido málico em sua composição, não podendo assim realizar a segunda fermentação (malolática). A Figura 1 representa o processo utilizado para a vinificação.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção do fermentado de laranja.



Fonte: Os autores.

Os dois tratamentos foram executados da mesma forma, iniciando-se com a retirada das cascas e espremendo o suco da fruta e coando o mesmo para a retirada de todo bagaço suspenso. Com o suco já extraído retirou-se uma pequena porção do mosto para a análise de sólidos solúveis e pH, não havendo necessidade de fazer correção de acidez.

Desta forma realizou-se a chaptalização do mosto, uma vez que o mesmo apresentou 11^ºBrix, sugerindo um teor alcoólico aproximado de 6^ºGL. Entretanto, este valor teórico de teor alcoólico baseado no brix inicial do mosto fermentativo está bem abaixo do limite mínimo que a legislação preconiza, que é de 8,6^ºGL, sendo necessária a prática da chaptalização. Vale ressaltar que esta prática é permitida no Brasil sendo o limite máximo de correção do teor alcoólico do mosto fermentativo pela inserção direta de açúcar igual a 3^ºGL, ou seja, acima deste valor configura-se fraude.

Após a correção do mosto, seguiu-se a etapa de sulfitagem, onde ocorreu a adição de metabissulfito de potássio (15 % p/p) e a inoculação da levedura liofilizada (20% p/v), tendo que inicialmente suspender essa levedura em água morna antes de se juntar ao mosto. A levedura foi ativada com um volume de água destilada a 35^ºC de 10 vezes o seu peso até solubilização.

Com a inoculação da levedura realizada, os reatores foram fechados com o airlock, e deu-se início a fermentação alcoólica em temperatura de 25^ºC. Após 3 dias de estabilização ao meio, deu-se início a fase tumultuosa, durando cerca de 3 dias, seguida de 4 dias de fermentação lenta. Nesta fase foi realizada 1 (uma) remontagem diária afim de homogenizar o mosto para melhor aproveitamento da fermentação.

Com o término da fermentação alcoólica, realizou-se a descuba que consiste na separação dos sólidos suspensos pela torneira inferior do reator, e transferindo o vinho para outro recipiente de volume inferior, afim de otimizar o processo de decantação da parte suspensa. Em 10 dias, realizou-se a primeira trasfega, separando o vinho da parte decantada, e não realizando a fermentação malolática.

Após 10 dias, realizou-se a segunda trasfega transferindo os vinhos para outros recipientes e um ambiente refrigerado (0 a 3^ºC), iniciando a estabilização tartárica. Com 10 dias de estabilização no frio a 0^ºC, os vinhos foram removidos para outros recipiente, dando-se a terceira trasfega, e em seguida foram engarrafados em garrafas de vidro devidamente higienizadas e posteriormente arrolhadas. O vinho permaneceu por um período de 1 mês para estabilização na embalagem e para proceder com as análises do produto final.

2.2 Análises físico-químicas

2.2.1 Análise de pH

Para análise de pH utilizou-se uma amostra contida em um béquer em quantidade necessária para cobrir o eletrodo. Foi utilizado um pHmetro portátil (Hanna[®]). O teste foi realizado em triplicata (BRASIL, 1986).

2.2.2 Teste de acidez volátil e acidez total

Para o teste de acidez volátil utilizou-se um destilador do tipo arraste (TECNAL, TE-086®) onde destilou-se 10 mL de vinho, completando a quantidade suficiente para 100 mL. Essa amostra foi titulada com uma solução de NaOH 0,1 N e registrado seu volume (IAL, 2008). O cálculo realizado para expressar a quantidade em meq/L em ácido tartárico dá-se pela equação 1.

$$AV/AT = vg \times Fc \times N \times 1000 \div va \quad (1)$$

Onde:

AV/AT= Acidez total (g/L);

vg = volume gasto na titulação (mL);

Fc = Fator de correção da solução padrão de NaOH;

N = Normalidade da solução;

va = Volume da amostra (mL);

Para a acidez total, diluiu-se uma amostra de 10 ml de vinho em um béquer com 90 ml de água destilada e com auxílio de um medido de pH portátil (Hanna®), foi titulada com NaOH 0,1 N até um pH de 8,2 - 8,4 constante, e registrado o valor gasto da bureta (Brasil,1986; IAL, 2008). O cálculo para obtenção de valor de meq/L de ácido acético deu-se segundo a equação 1.

2.2.3 Teste de Açúcares redutores

Segundo a metodologia proposta para açúcares redutores, para realizar o ensaio, a amostra necessita passar por um processo de clarificação com solução de acetato de chumbo, no entanto como a amostra de vinho já atingiu por naturalidade a coloração desejada, não foi necessário esse tratamento. Então, a amostra foi adicionada a uma bureta de 25 mL. Utilizou-se um equipamento específico para açúcar redutor (TECNAL TE-086®) adicionando-se 20 mL de licor de Fehling, quando deu inicio a fervura, o licor foi titulado com o vinho até o ponto de viragem e formação de precipitados de coloração avermelhada (AOAC, 2005).

2.2.4 Teor alcoólico

Álcool em volume, teor alcoólico - Destilou-se uma amostra de 100 mL de vinho em um destilador por arraste a vapor (TECNAL TE-035/1®) e recolheu-se 75 mL desse destilado em um erlenmeyer de 100 mL. Essa amostra foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL e completado o volume. O ensaio foi realizado em um densímetro digital (ANTON PAAR®) e a densidade obtida desse destilado alcoólico foi relacionada com a tabela de conversão do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

2.2.5 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais caracterizou-se com a realização em triplicata seguindo o método Folin-Ciocalteu com o padrão de uma solução de ácido gálico. Esse método consistiu na elaboração de uma reta de calibração com solução de ácido gálico em determinadas concentrações que abrangeram a quantidade de fenólicos totais do vinho. Esse ensaio foi realizado por meio de espectofotometria, e os respectivos valores de absorbância foram medidos no espectrofotômetro (BIOSPECTRO SP-22) a 765 mm, relacionou-se a concentração de fenólicos totais utilizando a equação da reta obtida por regressão linear (Singleton, Rossi, 1965) demonstrada pela equação 2.

$$y = 999,78x - 30,897$$

$$R^2 = 0,9958 \quad (2)$$

2.2.6 Sólidos solúveis (°Brix)

Para a determinação de sólidos solúveis, foi realizado o ensaio com um refratômetro portátil (GrandIndex®) adicionando-se uma gota da amostra no prisma e estabilizando, fez-se a leitura direta.

2.2.7 Extrato seco total

Para a determinação de extrato seco total, utilizou-se cápsulas de porcelana que foram submetidas á estufa a 105°C por 40 minutos e posteriormente resfriadas em um dessecador e pesadas. Adicionou-se 20 mL de amostra, pesando a cápsula com a respectiva amostra, e colocadas em banho termostático a 95°C até aparentarem estar na forma licorosa, para então serem encaminhadas a estufa para secagem. Quando foram resfriadas pesou-se e obteve-se assim os respectivos valores (AOAC, 2005). O cálculo para obtenção de resultados deu-se segundo a equação 3.

$$ES = \text{amostraseca} - \text{cadinho} + \text{amostra} \quad (3)$$

Onde:

ES = Extrato seco total

2.2.8. Índice de Cor

O teste para índice de cor deu-se por leitura em espectrofotômetro (BIOSPECTRO SP-22) nas absorvâncias de 450 nm, 520 nm, 570 nm e 630 nm e com os resultados obtidos utilizou-se o software MSCV 7.1, para se obter os parâmetros L^* , C^* , h^* , a^* , b^* , intensidade e tonalidade.

2.3 Estudo da cinética da fermentação alcoólica

A cinética da fermentação explora um processo fermentativo e estuda a mudança nos valores de concentração dos compostos do meio fermentado (mosto), demonstrados em: o microrganismo (levedura – X), os produtos de metabolismo (álcoois – P) e os substratos (açúcares – S); em função do tempo decorrido da fermentação (Du *et al.*, 2022). São avaliados no estudo o produto de interesse econômico (álcool etílico) e o substrato limitante (glicose).

O estudo foi realizado em escala laboratorial, em reatores de bancada compostos por batocor hidráulico e volume de 160 mL, onde foi acompanhado por 8 dias consecutivos. Durante a fermentação alcoólica obteve-se dados relacionados à concentração de açúcares, microrganismos e etanol, analisando-as amostras retiradas periodicamente em um intervalo de 192 horas do processo.

Os ensaios realizados nas amostras foram: leitura em câmara Neubauer para quantificar crescimento celular e pH para avaliar a acidez do mosto (IAL, 2008), sólidos solúveis totais (TSS) e teor alcoólico (IAL, 2008).

2.4 Análise estatística

As medidas analíticas foram realizadas em triplicatas. Os resultados foram expressos como valores de média e desvio padrão e foram avaliados empregando-se análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para verificar as diferenças entre os tempos e a quantidade de álcool obtido em cada tempo da cinética na fermentação alcoólica. Para os resultados das análises físico-química foi utilizado o teste T independente, ambas foram ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software STATISTICA 7.0, e as diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físico-químicas

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios físico-químicos dos fermentados produzidos com a espécie de laranja Pêra e laranja Valência, ambas do gênero *Citrus Cinesis*.

Tabela 1. Resultados das análises físico-química do fermentado de laranja pêra e valência.

Análises físico-químicas	Laranja pêra	Laranja valência
pH	3,47±0,06 a	3,37±0,06 a
Acidez volátil (g/L)	10,08±0,07b	11,90±0,03a
Acidez total (g/L)	0,59±0,13 a	0,78±0,04a
Açúcar redutor (g/L)	1,28±0,21 a	0,73±0,02b
Teor alcoólico (%v/v)	8,93±0,06 a	10,23±0,12 a
Compostos fenólicos totais (mg/L)	629,03±6,96 b	863,96±85,83 a
º Brix (Sólidos solúveis)	6,03±0,06 a	5,33±0,29 a
Extrato seco (g/L)	27,27±7,26 a	25,97±1,90 b
Índice de cor:		
L^*	81,50±9,93 a	66,20±8,98 b
C^*	12,33±2,48 a	6,80±3,88 b
h^*	96,55±8,69 a	86,79±9,46 b
a^*	-1,32±1,60 a	0,38±1,51 a
b^*	12,21±2,30 a	6,78±3,83 b
Intensidade	0,85±0,42 a	1,46±0,34 a
Tonalidade	1,70±0,27 a	1,23±0,32 b

Letras iguais na mesma linha não difere estatisticamente pelo teste t –Student independente; ± média e desvio padrão.

Fonte: Os autores.

Em relação ao teor alcoólico, observa-se que a laranja valência apresentou graduação alcoólica expressa em 10,3 % v/v enquanto que, a laranja Pêra apresentou em média 8,9% v/v e não diferem

estatisticamente entre si ($p > 0.05$). No entanto, ambas se encontram de acordo com o preconizado na legislação. Os valores de açúcares redutores encontram-se entre 1,28 g/L e 0,73 g/L classificando-os assim do tipo seco. Os fermentados de frutas segundo Quines *et al.* (2021) são apresentados no tipo vinho de mesa seco e vinhos meios secos, podendo constatar neste trabalho que os fermentados se enquadram nesse perfil, uma vez que os valores de açúcares redutores se encontram entre 1,28 g/L e 0,73 g/L classificando-os assim do tipo seco.

De acordo com Rizzon *et al.* (1994), a acidez total deve estar na faixa de 3,3 a 7,8 g/L de ácido tartárico, no entanto, os fermentados de laranja pêra/valência apresentaram valores mais baixos com 0,59 g/L ácido tartárico e 0,78 g/L ácido tartárico, respectivamente, estes dados estão de acordo com Yeshaneh e Atnafu, (2024), o vinho de melancia apresentou 0,7 g/L de ácido tartárico.

Com os resultados obtidos, é possível observar em termos de acidez volátil onde a laranja Pêra expressa 10,08 g/L de ácido acético enquanto a Valência 11,90 g/L ambas dentro da legislação proposta que permite até 20 g/L. Mendes *et al.*, (2001), ao caracterizar o fermentado de laranja, obteve 10,3 g/L de ácido acético, sendo assim o resultado obtido nesse trabalho foi dentro do esperado.

Quanto aos compostos fenólicos totais, o fermentado de laranja valência prevalece o do tipo Pêra sendo que os valores se caracterizam em, 863,98 mg/L e 629,03 mg/L respectivamente. Segundo Castilhos (2012), o vinho fermentado de uva bordô apresentou 983,96 mg/L de compostos fenólicos e o da uva Isabel 560,26 mg/L, podendo considerar resultados deste trabalho positivos em relação aos fermentados da literatura citada.

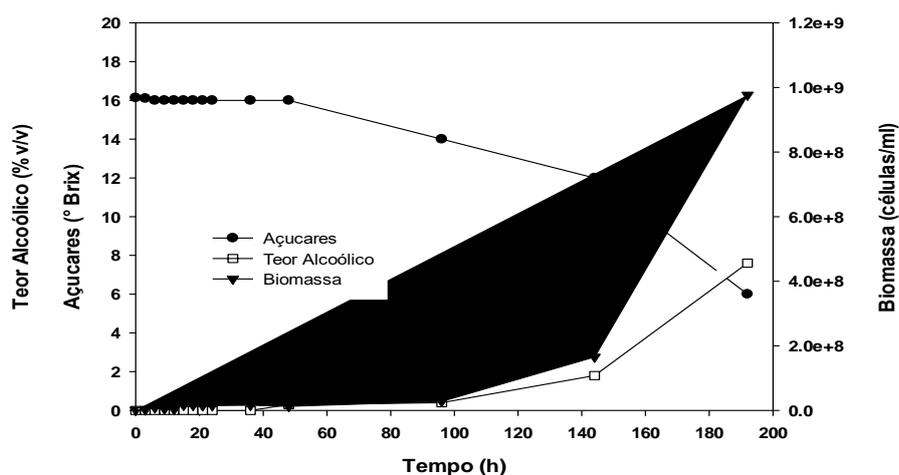
Os resultados de extrato seco para o fermentado de laranja Pêra mostraram-se em 27,27 g/L e 25,97 g/L para laranja Valência, evidenciando que a laranja Pêra desempenha mais corpo e estrutura na bebida (Castilhos, 2016). O índice de cor, obtidos pelo software MSCV 7.1, demonstra que ambos os fermentados possuem características colorimétricas equiparadas ao de vinho branco.

3.1 Cinética da fermentação alcoólica

A Figura 2 apresenta os perfis de consumo de substrato, crescimento celular e etanol, expressos em função do tempo de fermentação. É possível observar uma redução brusca de substrato no tempo de 144 horas, onde demonstra que a levedura está produzindo a uma maior proporção de produto.

A Tabela 2 demonstra a quantidade de álcool produzido em cada tempo de fermentação. É possível observar a presença de diferenças significativas na comparação dos teores alcóolicos obtidos da bebida fermentada de laranja quando os tempos de fermentação foram comparados a 0,05 de significância.

Figura 2. Perfil Cinético do fermentado de laranja.



Fonte: Os autores.

Tabela 2. Estatísticas descritivas dos teores alcoólicos da cinética de fermentação de bebida fermentada de laranja.

	Média±desvio padrão	Mediana	Valor P ¹
0	1,65±0,07 def	1,65	
3	1,50±0,00 f	1,50	
6	1,60±0,00 ef	1,60	
9	1,60±0,00 ef	1,60	
12	1,50±0,00 f	1,60	
15	1,55±0,07 ef	1,55	
18	1,60±0,00 ef	1,60	
21	1,65±0,07 def	1,65	<0,001
24	1,60±0,00 ef	1,60	
48	1,65±0,07 def	1,65	
72	1,90±0,28 de	1,90	
96	2,00±0,14 d	2,00	
144	3,40±0,00 c	3,40	
168	5,20±0,00 b	5,20	
192	9,20±0,00 a	9,20	

Valor P referente ao teste de Análise de Variância (ANOVA) a $P < 0,05$. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste post-hoc de comparação múltipla de Tukey a $P < 0,05$.

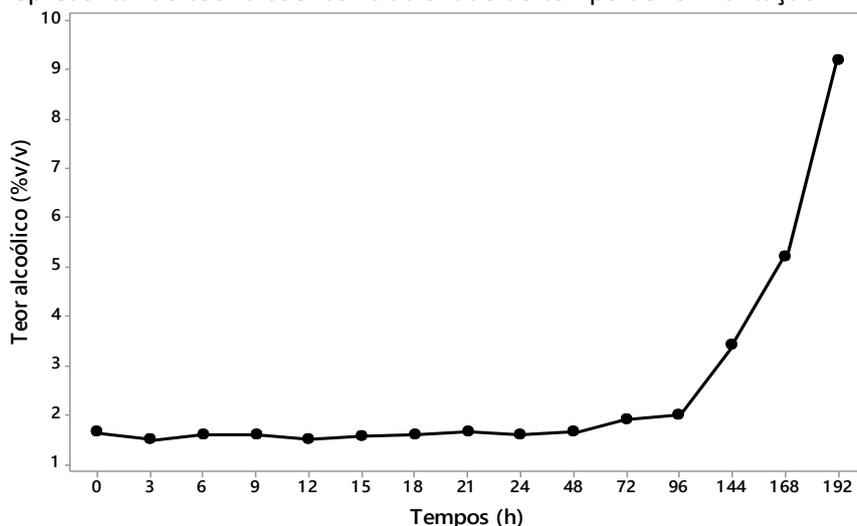
Foi possível pressupor que nos tempos iniciais de fermentação houve diferenças significativas, porém, o teor alcoólico da bebida fermentada de laranja resultou em inferior a 2 % v/v. A partir de 96 horas de fermentação, o teor alcoólico resultou superior, diferindo-se de forma significativa do teor alcoólico dos tempos posteriores (144 h, 168 h e 192 h).

Além disso, a fermentação terminou às 192 horas de processo com a bebida apresentando teor alcoólico, em volume, de 9,2 %. Este teor alcoólico está de acordo com a legislação, sendo que a mesma preconiza teor alcoólico de bebidas fermentadas de 8,6 a 14,0 % v/v. É possível evidenciar que o processo fermentativo obteve sucesso, porém, o tempo referente à fase lag do processo fermentativo pode ser considerado relativamente superior ao tempo de outras matrizes alimentares como a uva, por exemplo.

Algumas explicações possíveis residem no fato de que se trata de uma matriz alimentar complexa com elevada quantidade de ácidos orgânicos, principalmente o ácido cítrico, além da elevada concentração de ácido ascórbico (vitamina C), ambos agem como possíveis agentes antimicrobianos. Adicionalmente, o óleo essencial presente na laranja é rico em compostos fenólicos que, por sua vez, apresentam elevada capacidade antioxidante e, também, apresentam considerável capacidade antimicrobiana, tanto que estes óleos essenciais podem ser empregados como adjuntos para conservação de alimentos, aumentando a sua vida útil (Felicia *et al.*, 2024).

A Figura 3 mostra o comportamento do teor alcoólico ao longo dos tempos de fermentação do mosto de laranja, caracterizando a cinética fermentativa.

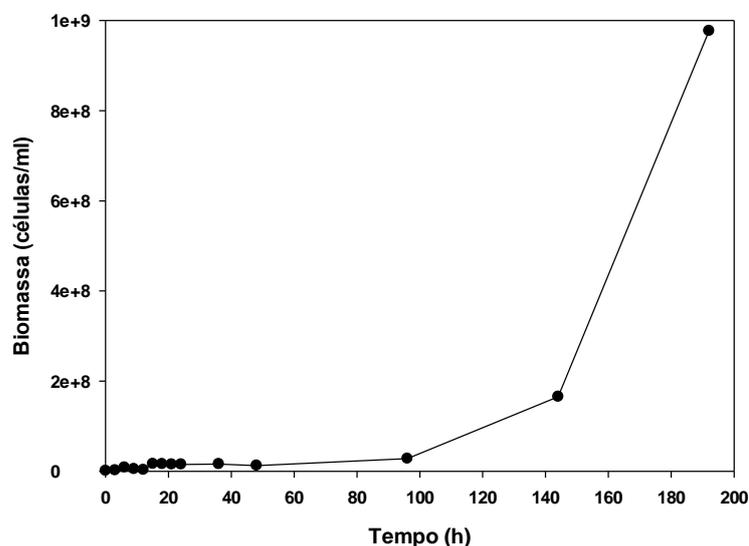
Figura 3. Gráfico representando teor alcoólico relacionado ao tempo de fermentação.



Fonte: Os autores.

A Figura 4 demonstra o crescimento celular caracterizado por uma estabilização maior da levedura por estar presente em um meio com uma presença elevada de ácidos orgânicos estendendo sua fase de adaptação, tendo uma mudança de crescimento celular significativa em 96 horas do início da fermentação. Corazza *et al.* (2001), demonstram em seu estudo que a fase tumultuosa da fermentação ocorre depois de 30 horas do início do processo fermentativo, isso pode acontecer por mecanismos de ativação da levedura ou até mesmo a safra do fruto. A fase tumultuosa dura cerca 3 dias denominada fase log, onde o microrganismo consome maior parte do substrato gerando assim produto, neste caso o álcool.

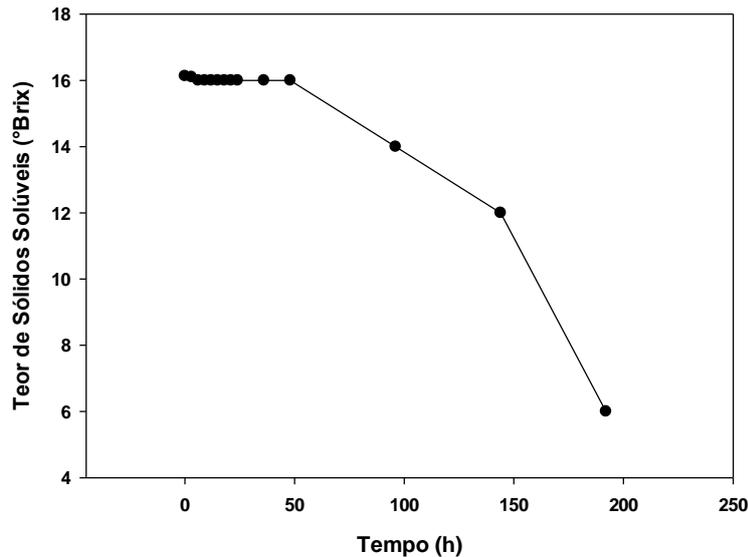
Figura 4. Gráfico com curva de crescimento celular em relação ao tempo de fermentação.



Fonte: Os autores.

A Figura 5, representa o teor de sólidos solúveis presentes no mosto fermentativo ao decorrer do processo, evidenciando a diminuição a partir do tempo 96 horas, onde caracterizou-se como o início da fase log e do rendimento de produto alcoólico.

Figura 5. Gráfico com curva de consumo substrato em relação ao tempo.



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÃO

É possível elaborar uma bebida com a matriz da laranja, com características dentro dos padrões da legislação e com características semelhantes com outras literaturas.

As características físico-químicas do fermentado de laranja Pêra e Valência apresentaram resultados dentro do esperado.

A laranja é uma fruta com um grande potencial de estudo, no entanto, é necessário ajuste em metodologias e correções no próprio mosto para o melhoramento do processo.

Já o estudo cinético, foi possível trabalhar com dados obtidos com a relação de crescimento celular x concentração substrato x teor alcoólico obtido, tendo êxito em seu papel. Sendo possível constatar que o início da fermentação alcoólica pode ter sido retardado pela quantidade de ácidos orgânicos presentes no mosto por conta da fruta, prolongando assim a fase de adaptação da levedura ao meio.

A metodologia tem a necessidade de ser ajustada, uma vez que a laranja apresenta muito sólidos suspensos provindo de bagaço, dificultando a execução de alguns ensaios. Dessa forma seria possível obter-se alguns parâmetros interessantes da cinética do processo, como rendimento alcoólico, velocidade de crescimento celular e concentração de substrato.

REFERÊNCIAS

AOAC – Association of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. Washington, 2005, p1141.

BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Regulamenta a Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da União**, Brasília, seção 1, p.3, 2014.

BRASIL. Portaria n. 76 de 27 de novembro de 1986. Aprova os métodos analíticos que passam a constituir padrões oficiais para análise de bebidas e vinagres estabelecidos pelo Decreto. 73267 de 96 de dezembro de 1973. **Diário Oficial da União**, Brasília, seção 1, p.18 1 52-18173,1986.

CASTILHOS, M. B. M. **Desenvolvimento e caracterização de vinhos tintos a partir de uvas cultivadas no noroeste paulista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2012.

CASTILHOS, M. B. M. **Vinificação em tinto de uvas americanas: efeito das técnicas de pré-secagem das uvas e de chapéu submerso nos perfis químico e sensorial**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de

Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2016.

CORAZZA, M. L. *et al.* Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, v. 24, p. 450-452, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422001000400004>

DU, Y.-H.; WANG, M.-Y.; YANG, L.-H.; TONG, L.-L.; GUO, D.-S.; JI, X.-J. Optimization and Scale-Up of Fermentation Processes Driven by Models. **Bioengineering**, v. 9, n. 9, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering9090473>

FELICIA, W. X. L. ; ROVINA, K.; AQILAH, N. M.N ; JAZIRI, A. A. Optimisation of supercritical fluid extraction of orange (*Citrus sinensis* L.) peel essential oil and its physicochemical properties. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**, v. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100410>

HUSSAIN, S. Z.; NASEER, B.; QADRI, T.; FATIMA, T.; BHAT, T. A. Citrus Fruits—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. *In: Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*. Springer, Cham., 2021. p. 229 -244. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_18.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1. ed. Digital, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

LU, X.; ZHAO, C.; SHI, H.; LIAO, Y.; XU, F.; DU, H.; XIAO, H.; ZHENG, J. Nutrients and bioactives in citrus fruits: Different citrus varieties, fruit parts, and growth stages. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n. 14, v. 23, p. 2018-2041, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1969891>.

MENDES, J. C. *et al.* Vinho de laranja (*Citrus sinensis*): produção, processamento e controle de qualidade (organoléptico e bromatológico). **Cadernos de Pesquisa**, v. 12, p.132-149, 2001.

MUNIR, H.; YAQOUB, S.; AWAN, K.A.; IMTIAZ, A.; NAVEED, H.; AHMAD, N.; NAEEM, M.; SULTAN, W.; MA, Y. Unveiling the Chemistry of Citrus Peel: Insights into Nutraceutical Potential and Therapeutic Applications. **Foods**, v. 13, p. 1-34, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13111681>

QUINES, T.; HORNES, M. O.; REZER, A. P.; DEON, B. C.; GRANELLA, V. Estudo comparativo entre fermentados de diferentes frutas. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 108-112, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18378/REBAGRO.V12I2.8979>.

RIZZON, L. A. ZANUZ, M. C.; MANFREDINI, S. Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade. Bento Gonçalves: Embrapa, 1994, 36p

SAINI, R. K.; RANJIT, A.; SHARMA, K.; PRASAD, P.; SHANG, X.; GOWDA, K.G.M.; KEUM, Y.-S. Bioactive Compounds of Citrus Fruits: A Review of Composition and Health Benefits of Carotenoids, Flavonoids, Limonoids, and Terpenes. **Antioxidants**, v. 11, p. 1-27, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11020239>.

SEMINARA, S.; BENNICI, S.; DI GUARDO, M.; CARUSO, M.; GENTILE, A.; LA MALFA, S.; DISTEFANO, G. Sweet Orange: Evolution, Characterization, Varieties, and Breeding Perspectives. **Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 1-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13020264>.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents, **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>.

YESHANEH, A.; ATNAFU, T. Production and Optimization of Wine from Mixed (Banana and Watermelon) Fruits Using *Saccharomyces Cerevisiae*. **International Journal of Food Science and Biotechnology**, n. 3, v. 9, p. 46-57, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ijfsb.20240903.12>