

Aplicação de extrato multienzimático fúngico para clarificação do suco do umbu

Application of fungal multienzyme extract for umbu juice clarification

Aplicación de extracto de multienzimas fúngicas para la clarificación del jugo de umbu

Recebido: 10/11/2022 | Revisado: 22/11/2022 | Aceitado: 23/11/2022 | Publicado: 01/12/2022

Emily Pereira Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1568-7453>
Faculdade Independente do Nordeste, Brasil
E-mail: eg0118247@gmail.com

Taís Angélica Oliveira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3676-1365>
Faculdade Independente do Nordeste, Brasil
E-mail: taisangelica7@gmail.com

Rafael França Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4386-8152>
Faculdade Independente do Nordeste, Brasil
E-mail: rafaelfranca@fainor.com.br

Fernanda Portela

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6517-2995>
Faculdade Independente do Nordeste, Brasil
E-mail: fernandaportela@fainor.com.br

Tatielle Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8086-0574>
Faculdade Independente do Nordeste, Brasil
E-mail: tatielle@fainor.com.br

Resumo

O umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), conhecido também como imbu ou ambu, é um fruto do umbuzeiro, fruto natural do semiárido brasileiro, que pertence à família das anacardiáceas, cujo gênero é *Spondias*. As enzimas têm a capacidade de atender a alta demanda da indústria alimentícia, farmacêutica e química. Elas podem ser utilizadas como catalisadores, uma vez que podem acelerar a velocidade das reações e podem ter aplicação, durante os processos de produção de diversos compostos, como, a determinação sensorial e aumento da vida útil na prateleira. Este estudo tem como objetivo analisar se a utilização de um extrato multienzimático fúngico na preparação do suco de umbu consegue hidrolisar a pectina e demais interferentes, que alteram a cor e demais propriedades organolépticas do suco. A pesquisa possui abordagem qualitativa, que tem a finalidade de formularem relações entre características experimentais determináveis, de um objeto de estudo ou classe de fenômenos. As pesquisas ocorreram no laboratório de uma faculdade no interior da Bahia, na cidade de Vitória da Conquista. Os resultados demonstraram que o fungo *Rhizopus oligosporus* registrado 011240290N foi eficiente na produção de poligalacturonase, sendo uma alternativa para o reaproveitamento do resíduo agroindustrial do café. Os resultados obtidos são considerados promissores quando comparados com os dados da literatura, demonstrando que podem ser utilizados para clarificação de sucos, sendo que a enzima apresentou excelentes atividades de pH, turbidez, densidade, acidez total e brix.

Palavras-chave: Umbu; Clarificação; Enzimas.

Abstract

The umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), also known as imbu or ambu, is a fruit of the umbu tree, a natural fruit of the Brazilian semi-arid region, which belongs to the anacardiaceae family, whose genus is *Spondias*. the food, pharmaceutical and chemical industries. They can be used as catalysts, since they can accelerate the speed of reactions and can be applied during the production processes of various compounds, such as sensory determination and increased shelf life. This study aims to analyze whether the use of a fungal multienzyme extract in the preparation of umbu juice can hydrolyze pectin and other interferences, which alter the color and other organoleptic properties of the juice. The research has a qualitative approach, which aims to formulate relationships between determinable experimental characteristics, of an object of study or class of phenomena. The research took place in the laboratory of a college in the interior of Bahia, in the city of Vitória da Conquista. The results showed that the registered fungus *Rhizopus oligosporus* 011240290N was efficient in the production of polygalacturonase, being an alternative for the reuse of coffee agro-industrial waste. The results obtained are considered promising when compared with data from the literature, demonstrating that they can be used for juice clarification, and the enzyme showed excellent Ph, turbidity, density, total acidity and brix activities.

Keywords: Umbu; Clarification; Enzymes.

Resumen

El umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), también conocido como imbu o ambu, es un fruto del árbol umbu, un fruto natural de la región semiárida brasileña, que pertenece a la familia de las anacardiáceas, cuyo género es *Spondias*. e industrias químicas. Se pueden utilizar como catalizadores, ya que pueden acelerar la velocidad de las reacciones y se pueden aplicar durante los procesos de producción de diversos compuestos, como la determinación sensorial y el aumento de la vida útil. Este estudio tiene como objetivo analizar si el uso de un extracto multienzimático fúngico en la preparación de jugo de umbu puede hidrolizar la pectina y otras interferencias, que alteran el color y otras propiedades organolépticas del jugo. La investigación tiene un enfoque cualitativo, que tiene como objetivo formular relaciones entre características experimentales determinables, de un objeto de estudio o clase de fenómenos. La investigación tuvo lugar en el laboratorio de una facultad del interior de Bahia, en la ciudad de Vitória da Conquista. Los resultados mostraron que el hongo registrado *Rhizopus oligosporus* 011240290N fue eficiente en la producción de poligalacturonasa, siendo una alternativa para la reutilización de residuos agroindustriales de café. Los resultados obtenidos se consideran prometedores cuando se comparan con los datos de la literatura, demostrando que pueden ser utilizados para la clarificación de jugos, y la enzima mostró excelentes actividades de Ph, turbidez, densidad, acidez total y brix.

Palabras clave: Umbú; Aclaración; Enzimas.

1. Introdução

O umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), conhecido também como imbu ou ambu, é um fruto do umbuzeiro, fruto natural do semiárido brasileiro, que pertence à família das anacardiáceas, cujo gênero é *Spondias*. A época de safra vai de dezembro a março e pode ser consumida *in natura*, e a polpa é bastante utilizada sob a forma de suco, sorvete, geleias, vinagre, entre outros (Lima Filho, 2011). Esta fruta é extremamente nutritiva e pouco explorada extratificamente. O umbu se destaca no cenário brasileiro por conter compostos fenólicos, vitamina C, carotenóides e outras substâncias com potencial atividade biológica. Possui grande importância econômica, pois pode contribuir para o fortalecimento da agricultura familiar da região, e colaborar com a sucessão de pequenas agroindústrias de processamento deste alimento. Entretanto, sua comercialização ainda é artesanal, o que favorece perdas e compromete sua qualidade microbiológica (De Almeida Melo & Andrade, 2010).

A caatinga ocupa uma área de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional, é caracterizado por uma vegetação caducifólio espinhosa e representa a formação florestal do Nordeste, sendo uma mistura de estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo de pequeno porte, de folhas caducas e pequenas, tortuosas, espinhentas e de elevada resistência às estiagens. O umbu é um fonte de renda para as famílias de agricultores da região, que vendem os frutos *in natura*, na forma de doces, geleias, sorvetes e, ainda, em misturas como a “umbuzada (De Farias Ferreira et al, 2020). De acordo com Da Costa et al (2021), o umbu além de ter um sabor e um aroma, contém uma matriz nutritiva e o seu consumo contribui na alimentação, porém a colheita do umbu é limitada, durando apenas cerca de 2 a 3 dias em condições ambientais. O umbu apresenta uma excelente atividade antioxidante, contém compostos fenólicos e vitamina C, além da presença de flavonoides, antocianinas e carotenoides (Dos Santos Neto et al, 2021). Segundo Barros et al (2021), o suco do umbu é uma bebida não fermentada obtida pela dissolução da polpa de frutas em água potável.

O suco do umbu normalmente é adquirido através da polpa congelada. E muitas vezes, a polpa e o suco, podem ser submetidos a processos de pasteurização na conservação destes suprimentos. No entanto, durante o processo de garantia da qualidade, podem ocorrer interferências que comprometem a cor e demais características organolépticas do suco. Em um armazenamento superior a 90 dias, por exemplo, a cor se torna escura, decorrente de processos de reações não enzimáticas, como oxidação e polimerização (Ribeiro et al. 2017).

As enzimas têm a capacidade de atender a alta demanda da indústria alimentícia, farmacêutica e química. Elas podem ser utilizadas como catalisadores, uma vez que podem acelerar a velocidade das reações e podem ter aplicação, durante os processos de produção de diversos compostos, como, a determinação sensorial e aumento da vida útil na prateleira. Estima-se que o mercado global investiu \$7,1 bilhões em 2017, e deverá investir US\$10,5 bilhões até 2024 em enzimas produzidas por microrganismos (Rigo et al. 2021). Estes compostos também desempenham um importante papel na degradação de matéria

orgânica. Dessa forma, as enzimas podem ser produzidas por fungos ou bactérias, de acordo com as necessidades e disponibilidades dos substratos (Queiroz & De Souza, 2020). Assim, os fungos representam uma das classes de microrganismos mais promissores, devido à variedade de produtos de seu metabolismo e do seu crescimento através de hifas, que permite maior penetração dos microrganismos entre as partículas e as regiões porosas do substrato (Barchi, 2016).

As pectinases são enzimas que degradam a pectina, estas enzimas podem ser produzidas por via biotecnológica, o processo pode ser que sofra influência pelas condições de cultivo como o pH, temperatura, aeração e o tempo de incubação, além da composição do meio de crescimento. Há vários gêneros de microrganismos conhecidos por serem bons produtores de pectinases como, *Bacillus*, *Erwinia*, *Kluyveromyces*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Penicillium* e *Fusarium* (De Melo et al, 2021).

As pectinases são enzimas responsáveis por hidrolisar ligações glicosídicas, a exemplo da pectina, polissacarídeo constituído, principalmente por monômeros de ácido galacturônico, unidos por essas ligações. Existem uma grande diversidade de pectinas nas plantas, e, conseqüentemente, diferentes pectinases com diversas funções (Evangelista, 2017). A principal utilização de pectinases na indústria alimentar é na produção de sucos e vinhos. Quando adicionadas aos sucos são úteis para diminuir a viscosidade e a turbidez, além de aumentar a extração, a pigmentação e a clarificação, que ajudam no aspecto límpido do líquido e facilitam.

As primeiras aplicações de enzimas pectinolíticas ocorreram na década de 1930, na fabricação de sucos de frutas e vinhos. No entanto, apenas após 1960, com a descoberta da composição química dos tecidos das plantas, as enzimas passaram a ser usadas de maneira mais eficiente nos processos industriais (Kashyap et al., 2001).

Os microrganismos tem uma elevada velocidade de sínteses, estabilidade e rendimento elevado de substrato em produto, além de gerar em pouco tempo, em uma diversidade e facilidade de manipulações genéticas e condições ambientais, por isso tem sido largamente utilizados para a aplicação biotecnológica (Ferreira et al, 2022).

De acordo com Gaete et al (2020), as empresas agroindustriais tem gerado grandes quantidades de resíduos que podem gerar problemas ambientais e custos elevados na produção. Existe assim uma necessidade de reutilizar esses resíduos agrícolas, pois eles podem ser utilizados como matéria prima de baixo custo. Desta forma vem sendo estudados e implementados a utilização de resíduos agroindustriais como substratos econômicos para a produção de enzimas.

Segundo Nunes et al (2021), o resíduo do café demonstrou uma alta capacidade fermentativa, além de ser importante para a economia é importante para o meio ambiente. O resíduo do café apresentou uma composição rica em compostos lignocelulósicos, é um resíduo abundante e de baixo custo, podendo assim se tornar um substrato alternativo a ser utilizado em fermentação em estado sólido para produção de endoglucanases, xilanases, amiloglucosidases e outras enzimas.

Uma das alternativas para os resíduos deixados na produção de café é o aproveitamento de suas cascas em processo de fermentação para a produção de enzimas. O Brasil é um grande exportador mundial de café e garante 24% das exportações (Nakazone & Saes, 2004). Diante disso, a casca do café proveniente do grão é um grande resíduo ambiental no Brasil, visto que é produzido em grande escala e mais de 50% do fruto do café não é aproveitado. Logo, acumulam-se em uma fonte de contaminação ambiental, quando não ocorre tratamento adequado (Durán et al, 2017).

A fermentação é uma técnica utilizada para o crescimento de microrganismos em substratos sólidos. A quantidade de água contida na amostra deve ser mínima para que o crescimento celular não exceda sua capacidade de retenção de água. Assim, a fermentação em estado sólido (FES), por conter uma concentração mínima de água, faz com que o meio de cultura se aproxime do habitat natural do fungo, e as vantagens da FES é obter um meio de cultura simples, com um baixo risco de contaminação, menor exigência quanto a quantidade de água e uma baixa demanda energética (Orlandelli, 2012).

Frente ao exposto, este estudo tem como objetivo analisar se a utilização de um extrato multienzimático fúngico na preparação do suco de umbu consegue hidrolisar a pectina e demais interferentes, que alteram a cor e demais propriedades organolépticas do suco.

2. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa aplicada, que segundo Marconi e Lakatos (2003), é realizada com o intuito de resolver problemas, ocorrendo a aplicação prática dos conhecimentos gerados. O objetivo da pesquisa é ser exploratória, ela realiza descrições precisas de situações e pretende descobrir relações existentes entre seus elementos componentes, a fim de obter novas percepções e novas ideias. Possui foco experimental, ou seja, a pesquisa pretende informar o porquê o fenômeno é produzido através de aparelhos e instrumentos apropriados.

A pesquisa possui abordagem qualitativa, que tem a finalidade de formularem relações entre características experimentais determináveis, de um objeto de estudo ou classe de fenômenos. A pesquisa é de laboratório, ela descreve e analisa o que ocorreu, exige instrumentos específicos, preciso e ambientes adequados, o cientista observa, mede e chega a resultados, esperados ou não (Cervo; et al., 2007).

As pesquisas ocorreram no laboratório de uma faculdade no interior da Bahia, na cidade de Vitória da Conquista. O laboratório possui equipamentos e segurança adequados para realização dos experimentos.

Microrganismo e inóculo

Para esse estudo foram utilizados fungos filamentosos cedidos pela FIOCRUZ. A cultura foi cultivada na Batata Dextrose Agar, a 37 °C por 72h e permaneceu a 4 °C para manutenção. A suspensão do fungo *Rhizopus oligosporus* registrado 011240290N, foi preparada previamente e cultivada em Agar Batata-Dextrose em uma placa de petri durante um período de 3 dias em um incubadora bacteriológica a 37 °C.

Resíduo lignocelulósico

O estudo selecionou o café como resíduo agroindustrial, fornecido por indústria de café localizada na cidade de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. Este resíduo será seco em estufa a 50 °C, por 24 horas. Em seguida, o resíduo foi triturado em moinho até alcançar o tamanho de partícula desejado, posteriormente foi transferido para um recipiente de plástico até a utilização.

Fermentação em estado sólido

Foram utilizados 10 g de resíduo agroindustrial, para cada frasco Erlenmeyer de 150 mL, em seguida passaram pela esterilização em autoclave por 20 min a 121 °C. Cada frasco Erlenmeyer de 150 mL, foram utilizados 3 discos miceliais de 1,5 cm do *Rhizopus* em cada Erlenmeyer e água destilada estéril será adicionado ao meio até atingir a umidade desejada (50%) e incubado em uma câmara de germinação em um ambiente controlado à temperatura de 37 °C por 7 dias. A cada 24 h será determinada a atividade pectinase, com o intuito de estabelecer o melhor tempo de fermentação e a atividade hidrolítica mais eficiente.

Determinação da atividade enzimática

A atividade da enzima PG foi determinada através da dosagem dos açúcares redutores utilizando o método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), de acordo com Miller (1959). Para analisar a degradação do açúcar foi utilizado o ácido poligalacturônico (Sigma-Aldrich) a 1% (m v-1), diluído previamente em solução tampão de citrato/fosfato com o pH 5,0 a 50

mM. Os ensaios reacionais foram realizados em tubos de ensaio, onde foram adicionados 350 µL de extrato enzimático e 250 µL de solução de ácido poligalacturônico (1%, m v-1). O branco contendo 350 µL de extrato enzimático e 250 µL de solução tampão citrato/fosfato pH 5,0. Todas as amostras em seguida incubadas em banho maria (Cientec CT-266, Belo Horizonte, Mg, Brasil) a 50 °C, durante 15 min. Em seguida, foi realizada a adição de 600 µL de DNS e os tubos foram parcialmente imergidos em água fervente em banho maria a 100 °C (SOLAB SL - 150/4^a, Piracicaba, SP, Brasil) por 5 min e posterior adição de 6,0 mL de água destilada. A leitura da absorbância foi realizada a 540 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics SP 2000 UV). A atividade enzimática da enzima PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 µmol de ácido galacturônico por min nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em unidades de atividade por grama de meio úmido fermentado (U/A).

Caracterização do suco de umbu e aplicação enzimática

Acidez titulável total – ATT (%)

Foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, pelo método acidimétrico de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). A acidez foi expressa em porcentagem de ácido cítrico por 100g de polpa.

pH

O pH foi determinado por potenciometria em eletrodo de vidro, em pHmetro digital (marca Tecnal modelo TEC-2), devidamente calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0 de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Densidade

A densidade da polpa foi determinada em triplicata, utilizando-se o método picnométrico que consistiu na medida da massa em relação ao volume (kg/m³) de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Turbidez

A turbidez do suco foi realizada, utilizando um turbidímetro (DIGMED), sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT), de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Brix

Os teores de sólidos solúveis totais, expressos em Brix foram determinados pela leitura direta, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Para esta análise foi usado um refratômetro de bancada de Abbé (escala de 0 a 32 °Brix), devidamente aferido com água destilada, procedeu à leitura direta do índice refratométrico indicado pelo aparelho.

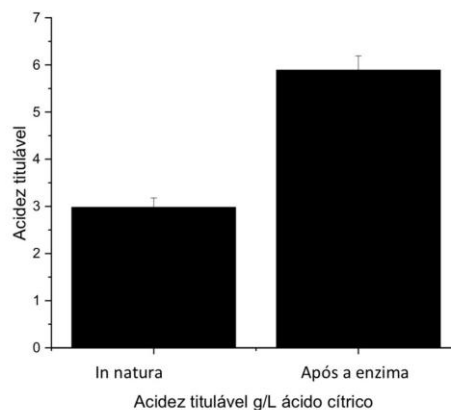
3. Resultados e Discussão

Neste estudo, a produção da poligalacturonase, em 72 h de fermentação sólida, atingiu um pico de atividade enzimática, igual a 28,9 U g⁻¹ ± 0,65, demonstrando um grande potencial para aplicação biotecnológica. Alguns autores encontraram valores próximos ao deste trabalho para a atividade das pectinases. Freitas (2009), observou uma produção de pectinase de 22,64 U/g utilizando farelo de amendoim, já a produção de pectinase utilizando farelo de algodão foi de 21,92 U/g em 216h, no farelo de algodão e no sabugo de milho foi de 19,60U/g e 18,72U/g, respectivamente, em um tempo curto de fermentação (72hs). Já Santos et al (2014), utilizou a casca do coco verde e o sabugo de milho como substrato e obtiveram boa

capacidade da produção de enzimas, atividades de poligalacturonase e pectinas em 24 horas de fermentação, com os valores 45,08 e 13,76 U/g, respectivamente. Santos et al (2008) em seu experimento obteve uma atividade da poligalacturonase de 16 U/g e 82% de redução de viscosidade com 30 horas de fermentação, com umidade de 40% e com 1% de sulfato de amônia, usando como substrato o resíduo do pendúnculo de caju seco.

O resultado das análises físico-químicas do suco de umbu in natura e após a aplicação da enzima podem ser observadas através das figuras, apresentadas abaixo. A Figura 1 apresenta os resultados de acidez do suco in natura e após a aplicação da enzima. Os resultados das análises de Acidez Total Titulável, são baseados na reação do ácido cítrico presente no suco com solução de base forte hidróxido de sódio (NaOH).

Figura 1 - Acidez titulável.

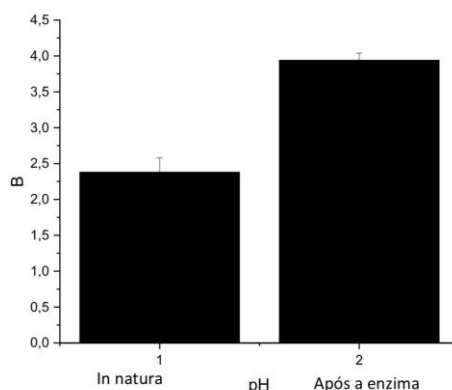


Fonte: Autores.

A acidez total do suco está relacionada com o grau de maturação da fruta, quando apresentam um teor elevado de acidez é porque as frutas não estão tão maduras. Foi observado nesse estudo que a acidez titulável do suco foi de 3,78, no suco in natura e de 5,82 no suco após a enzima, conforme apresentado na figura 1. Esse fato está relacionado com a presença de um tampão mais alcalino na reação. Segundo Paludo e Krüger (2011), a acidez total medida no suco da jabuticaba com e sem a enzima, não tiveram uma diferença significativa.

Quanto ao parâmetro pH, é possível observar mostraram que houve uma diferença significativa entre o suco sem e com a enzima, apesar de continuar na faixa ácida, conforme apresentado na figura 2. Os ácidos predominantes em frutas são o ácido cítrico e o ácido málico Paludo e Krüger (2011).

Figura 2 – pH.

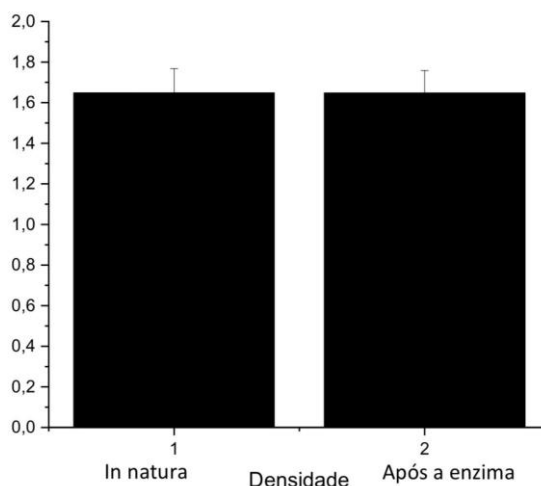


Fonte: Autores.

O suco in natura apresentou pH 2,42 e após a enzima de 3,9. Segundo Paludo e Krüger (2011), o pH é essencial para identificar se o produto é ácido ou básico, e quando os valores de pH são abaixo de 4,0 o crescimento microbiano é dificultado, os autores utilizaram a pectinase na extração do suco de jabuticaba e obtiveram valores diferidos significativamente entre si, mas continuaram na faixa ácida, 2,78 sem a enzima e 2,90 com a enzima.

Em relação ao parâmetro densidade, é possível observar que não houve diferença significativa, entre as amostras in natura e após a aplicação da enzima.

Figura 3 – Densidade.

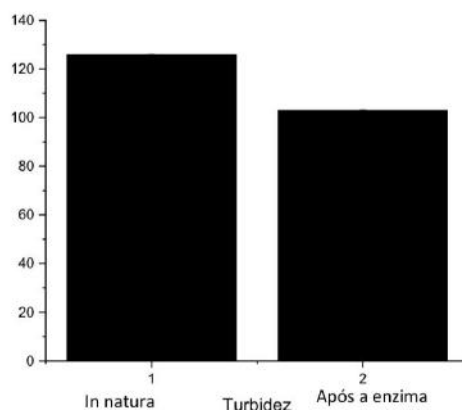


Fonte: Autores.

Quando analisamos as diferenças estatísticas encontradas com o efeito do tratamento enzimático sobre o suco do umbu, observa-se que não houve uma diferença significativa, uma vez que, sem a enzima apresentou densidade de 1,648 e com a enzima de 1,647.

A turbidez dos sucos de fruta surge imediatamente após o seu processamento, e geralmente é considerada o produto de partículas suspensas de pectina provenientes da parede celular das plantas. Assim, a maioria das bebidas de frutas processadas industrialmente são clarificadas durante a produção a fim de evitar a turbidez indesejável e sedimentos no produto final. Em relação a esse parâmetro podemos observar na figura 4 que houve diferença entre a amostra in natura e após a aplicação da enzima.

Figura 4- Turbidez

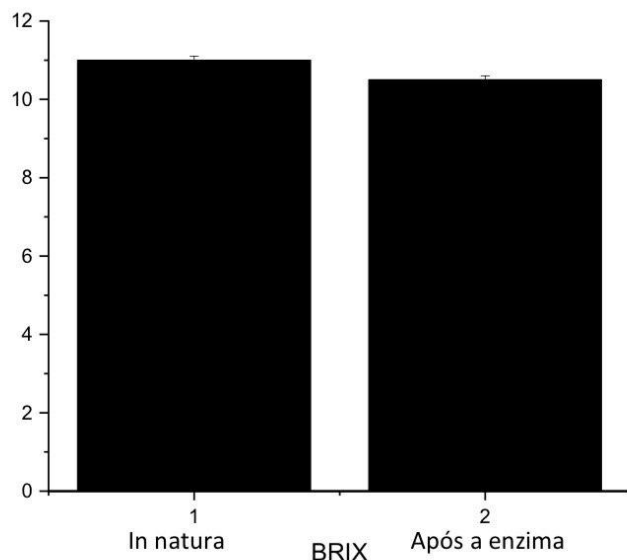


Fonte: Autores.

A turbidez no suco de frutas está relacionada às substâncias pécicas, que aumentam a viscosidade do suco, e para melhorar a qualidade são utilizadas enzimas pectinolíticas na extração e na clarificação desses sucos, a enzima vai degradar a pectina resultando na diminuição da viscosidade e redução do tempo de filtração (Gonzalez et al, 2009). Para a turbidez os resultados obtidos mostraram diferença significativa, indicando que houve a clarificação do suco, uma vez que apresentou uma turbidez de 126 NTU , in natura, e 103 NTU, após a enzima.

Em relação ao teor de Brix, conforme apresentado na Figura 5, é possível observar, que não teve uma diferença significativa entre as amostras. A concentração de sólidos solúveis medida em Brix é uma medida relacionada com a quantidade de açúcares presentes (Santos, 2007).

Figura 5 – Brix.



Fonte: Autores.

O grau de brix encontrado mostrou uma diferença entre o suco com e sem a adição da enzima, de 11 para 10,5, estando de acordo com outras frutas descritas na literatura. Leonel e Cereda (2000) avaliaram a concentração de pectinase no processo de hidrólise-sacarificação do farelo de mandioca para obtenção de etanol e não foi observado uma diferença estatística entre os tratamentos, ocorreu uma pequena variação com o aumento da concentração da enzima. Já Paludo e Krüger (2011), encontraram uma diferença significativa ao analisarem o brix no suco de jaboticaba, 12,00 sem enzima e 11,50 com e enzima.

4. Conclusão

Os resultados demonstraram que o fungo *Rhizopus oligosporus* registrado 011240290N foi eficiente na produção de poligalacturonase, sendo uma alternativa para o reaproveitamento do resíduo agroindustrial do café. Os resultados obtidos são considerados promissores quando comparados com os dados da literatura, demonstrando que podem ser utilizados para clarificação de sucos, sendo que a enzima apresentou excelentes atividades de Ph, turbidez, densidade, acidez total e brix. Apresentando uma ótima classificação no suco do umbu, possibilitando uma boa performance em processos industriais.

É importante salientar a necessidade de estudos mais avançados, em trabalhos futuros, com utilização de ferramentas estatísticas multivariadas, a fim de buscar mais eficiência no processo, além de realizar outras análises. Entretanto, os resultados obtidos denotam que se trata de uma enzima eficiente, podendo ser utilizadas em diversas aplicações biotecnológicas e industriais.

Agradecimentos

Essa com certeza foi a parte mais difícil de escrever de todo o trabalho, pois, a vida não está sujeita a uma análise estatística, que permita determinar quais pessoas foram significantes ao longo da nossa trajetória até aqui. E não será por esse simples texto, que poderemos expressar toda a nossa gratidão e amor por cada um aqui citado.

Primeiramente, gostaríamos de agradecer a Deus por nós guiar, iluminar e por todas as coisas maravilhosas e surpreendentes que reservou para nós. Agradecemos a professora Tatielle Pereira, por todos os conhecimentos compartilhados

e por ser mais que uma orientadora, uma amiga, que Deus lhe ilumine sempre e permita, que você inspire muitas outras pessoas a serem pessoas e profissionais melhores. Agradecemos a técnica Luciana Pereira, por ser o nosso braço direito e não medir esforços em nós ajudar, você foi essencial na nossa pesquisa. Aos professores Rafael França e Fernanda Portela pelas orientações e contribuições na pesquisa. Aos nossos pais, por sempre acreditarem em nosso potencial e por sonharem juntos com a gente.

Referências

- Barchi, A. C., et al (2016). Artificial intelligence approach based on near-infrared spectral data for monitoring of solid-state fermentation. *Process Biochemistry*, 1338-1347.
- Barros, A. C., et al (2021). Elaboração de Suco Tropical de Umbu. *Research, Society and Development*, v. 10(5), e17310513048-e17310513048.
- Cervo, A. L., Bervian, P. A., & Da Silva, R. *Metodologia Científica*. (6ª. ed.) São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- Da Costa, B. L., et al. (2021). Qualidade pós-colheita dos frutos do Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) submetidos ao recobrimento com Fécula de Mandioca e PVC. *Research, Society and Development*, 10(1), e25510111713-e25510111713.
- De Almeida Melo, E., & De Sena Andrade, R. A. M. (2010). Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. *Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição*, 21(3).
- De farias Ferreira, S. V., Campos, A. R. N., & Medeiros, M. F. T. (2020). Elaboração e caracterização de produto farináceo a partir da folha do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). *Research, Society and Development*, 9 (10), e1309108295-e1309108295.
- De Melo, R. N., et al. (2021). Purificação de exo-poligalacturonase microbiana por diferentes técnicas. *Research, Society and Development*, 10(16), e253101623877-e253101623877.
- Dos Santos Neto, J. P., et al. (2021). Licor funcional a base de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) e microalga (*Spirulina* spp.). *Research, Society and Development*, 10(3), e42010313557-e42010313557.
- Durán, C. A. A., et al. (2017). Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. *Revista Virtual de Química*, 9(1), 107-134.
- Evangelista, D. E. (2017). *Estudos funcionais e estruturais de pectinases e xilanases com potencial para aplicações biotecnológicas*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Ferreira, I. A. A., De Albuquerque Wanderley, M. C., & Porto, A. L. F. (2022). Primeiro relato de produção de colagenase por fungo isolado do solo da Caatinga-Rhizopus microsporus UCP 1296. *Research, Society and Development*, 11(12), e398111234618-e398111234618.
- Gaete, A. V., De Souza Teodoro, C. E., & Martinazzo, A. P. (2020). Utilização de resíduos agroindustriais para produção de celulase: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9, (8), e567985785-e567985785.
- Gonzalez, S. L., et al. (2009). *Determinação da atividade da pectina metilesterase em pectinases industriais e a atividade residual exógena no suco da manga*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual De Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.
- Lutz, Instituto Adolfo. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: ANVISA, 2008.
- Kashyap, D. R., et al. (2001). Applications of pectinases in the commercial sector: a review. *Bioresource technology*, 77(3), 215-22.
- Leonel, M., & Cereda, M. P.(2000). Avaliação da concentração de pectinase no processo de hidrólise-sacarificação do farelo de mandioca para obtenção de etanol. *Food Science and Technology*, 20, 220-227.
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.
- Nunes, A. C. et al. (2021). Extração de óleos essenciais do Caryocar Coriaceum (pequi) por vias enzimáticas. *Research, Society and Development*. 10(16), p. e237101623496-e237101623496.
- Orlandelli, R. C., et al. (2012). Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 7(3).
- Paludo, M. C., & Krüger, R. L. (2011). Ação da enzima pectinase na extração do suco de jabuticaba. *Arquivos de Ciência da Saúde UNIPAR*, 15, 279-286.
- Queiroz, C., & De Sousa, A. C. B. (2020). Produção de enzimas hidrolíticas por fungos filamentosos em diferentes substratos sólidos. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), p. 51849-51860.
- Ribeiro, L. de O., et al. (2017). Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20.
- Rigo, D., et al. (2021). Produção microbiológica de enzimas: Uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), p. 9232-9254.
- Santos, S. F. de M. (2007). *Estudo da produção de pectinase por fermentação em estado sólido utilizando pedúnculo de caju como substrato*.