

Análises físico-químicas e de quantificação de metemoglobina em tucupis comercializados na Região Metropolitana de Belém/PA

Physicochemical and methemoglobin quantification analyzes of tucupis sold in the Metropolitan Region of Belém/PA

Análisis fisicoquímicos y de cuantificación de metahemoglobina de tucupis comercializados en la Región Metropolitana de Belém/PA

Recebido: 23/10/2023 | Revisado: 06/11/2023 | Aceitado: 09/11/2023 | Publicado: 13/11/2023

Carolina Beatriz Freitas Nunes

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4464-6279>
Centro Universitário da Amazônia, Brasil
E-mail: nunescarolina812@gmail.com

Fernanda Ribeiro dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3312-2317>
Centro Universitário da Amazônia, Brasil
E-mail: farmafernandaribeiro@gmail.com

Giully Cristine Costa Viegas

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1763-1460>
Centro Universitário da Amazônia, Brasil
E-mail: giullycristine9@gmail.com

Juan Gonzalo Bardalez Rivera

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1737-6947>
Centro Universitário da Amazônia, Brasil
E-mail: jgrivera@bol.com.br

Danilo Reymão Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-5064>
Centro Universitário da Amazônia, Brasil
E-mail: alydan@hotmail.com

Gleicy Kelly China Quemel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1280-560X>
Centro Universitário da Amazônia, Brasil
E-mail: gkcquemel@gmail.com

Resumo

O tucupi é um extrato de coloração amarelada, sendo obtido no processamento da mandioca e um derivado rico em nutrientes, porém em sua composição podem ser encontradas substâncias tóxicas como o ácido cianídrico. O consumo desse produto com teores elevados de HCN pode resultar em problemas de saúde causando patologias severas. Sua concentração vai depender do processamento o qual o tucupi é submetido, visando garantir sua segurança alimentar através de um controle de qualidade adequado. Este trabalho teve como objetivo, por meio de estudo experimental, realizar análises organolépticas, físico-químicas e de quantificação metemoglobina em amostras de tucupi vendidas em feiras livres de Belém/PA. Na metodologia foram empregados testes toxicológicos para identificar a formação de metemoglobina em amostras de sangue, testes físico químicos como acidez titulável (11,13; 10,56; 10,56 NaOH/100mL), cinzas (1,79%; 0,86; 0,75%), sólidos totais (4,8; 3,4; 3,4), pH (4,05; 4,403; 4,1), cor(ΔE : 53,4; ΔE : 56,6; ΔE : 52,7); e umidade (95,19%; 75,30%; 95,04%). A partir dos resultados obtidos nos testes e sua comparação com os valores estabelecidos pela padronização sanitária é necessário fazer uma padronização do processo de obtenção deste alimento com um controle de qualidade e fiscalização efetivas com o intuito de reduzir o risco de intoxicação pelo consumo do tucupi comercializado na região norte.

Palavras-chave: Mandioca; Tucupi; Controle de qualidade; Metemoglobina.

Abstract

Tucupi is a yellowish extract, obtained from the processing of cassava and a derivative rich in nutrients, however toxic substances such as hydrocyanic acid can be found in its composition. Consumption of this product with high levels of HCN can result in health problems causing severe pathologies. Its concentration will depend on the processing the tucupi is subjected to, aiming to guarantee its food safety through adequate quality control. This work aimed, through an experimental study, to carry out organoleptic, physical-chemical and methemoglobin quantification analyzes in tucupi samples sold in open-air markets in Belém/PA. In the methodology, toxicological tests were used to

identify the formation of methemoglobin in blood samples, physical chemical tests such as titratable acidity (11.13; 10.56; 10.56 NaOH/100mL), ash (1.79%; 0.86 ; 0.75%), total solids (4.8; 3.4; 3.4), pH (4.05; 4.403; 4.1), color (ΔE : 53.4; ΔE : 56, 6; ΔE : 52.7); and humidity (95.19%; 75.30%; 95.04%). Based on the results obtained in the tests and their comparison with the values established by sanitary standards, it is necessary to standardize the process of obtaining this food, with effective quality control and supervision, with the aim of reducing the risk of poisoning through consumption. of tucupi sold in the northern region.

Keywords: Cassava; Tucupi; Quality control; Methemoglobin.

Resumen

El tucupi es un extracto amarillento, obtenido del procesamiento de la yuca y un derivado rico en nutrientes, sin embargo en su composición se pueden encontrar sustancias tóxicas como el ácido cianhídrico. El consumo de este producto con niveles elevados de HCN puede provocar problemas de salud provocando patologías graves. Su concentración dependerá del procesamiento al que sea sometido el tucupi, buscando garantizar su inocuidad alimentaria mediante un adecuado control de calidad. Este trabajo tuvo como objetivo, a través de un estudio experimental, realizar análisis organolépticos, físico-químicos y de cuantificación de metahemoglobina en muestras de tucupi comercializadas en mercados al aire libre de Belém/PA. En la metodología se utilizaron pruebas toxicológicas para identificar la formación de metahemoglobina en muestras de sangre, pruebas físico químicas como acidez titulable (11.13; 10.56; 10.56 NaOH/100mL), cenizas (1.79%; 0.86; 0.75%), sólidos totales (4,8; 3,4; 3,4), pH (4,05; 4,403; 4,1), color (ΔE : 53,4; ΔE : 56, 6; ΔE : 52,7); y humedad (95,19%; 75,30%; 95,04%). A partir de los resultados obtenidos en las pruebas y su comparación con los valores establecidos por las normas sanitarias, es necesario estandarizar el proceso de obtención de este alimento, con un control y supervisión de calidad efectivo, con el objetivo de reducir el riesgo de intoxicación por Consumo de tucupi vendido en la región norte.

Palabras clave: Mandioca; Tucupi; Control de calidad; Metahemoglobina.

1. Introdução

A raiz da *Manihot esculenta* Crantz é uma das espécies do gênero *Manihot*, popularmente conhecido como mandioca, essa amilácea é considerada um dos alimentos fundamentais para a população brasileira (Neves et al, 2020). No Brasil a produção da mandioca foi de 23,7 milhões de toneladas no ano de 2016, sendo 4,2% a mais que a produção do ano anterior, isso se deve pelo fato da produção de mandioca necessitar de grandes investimentos comprando as outras produções agrícolas (Costa et al, 2018; CONAB, 2016).

A partir do processamento da mandioca pode ser obtida uma diversidade de derivados, em destaque temos o tucupi um extrato de coloração amarela que é obtido a partir do processamento da mandioca, que é triturada e prensada com água e o líquido obtido é a manípueira, que após sofrer o processo de decantação resultará na separação da fécula (amido) e do tucupi. O tucupi é um derivado rico em nutrientes, porém em sua composição podem ser encontrados fatores tóxicos como glicosídeos (ácido cianídrico ou cianeto de hidrogênio), a concentração desse constituinte vai depender da forma de processamento a qual o tucupi será submetido (Campos et al, 2017).

Devido à alta concentração de ácido cianídrico presente na mandioca, o tratamento a ser realizado no tucupi deve ser criterioso, para evitar a presença deste composto tóxico, que ao ser consumido em excesso pode causar sérios problemas no organismo do indivíduo. Na literatura a intoxicação causada pelo cianeto ocorre mais pelo consumo do que pela inalação desta substância, comparado a apresentação clínica da intoxicação por inalação, a intoxicação por consumo de cianeto ocorre de maneira mais efetiva, pois quem consome não vai apresentar sintomas de maneira imediata, facilitando o envenenamento pelo acúmulo da substância tóxica, resultando no aparecimento de sintomas de maneira mais agravante (Parker-Cote et al, 2018).

O cianeto quando é absorvido pelo organismo possui uma facilidade para atravessar a membrana celular, ao chegar à corrente sanguínea, penetrando a parede celular e inibindo diversas atividades enzimáticas, essa ação vai interferir principalmente no metabolismo aeróbico dentro da mitocôndria, ao tentar fazer o metabolismo anaeróbico da glicose para produção de ATP, pode ocorrer desenvolvimento de acidose metabólica pelo aumento da produção e ácido láctico e por fim a forma livre de cianeto pode se ligar ao ferro ferroso (Fe^{2+}), da hemoglobina impedindo a oxigenação eficaz pelos tecidos, exacerbando a hipóxia tecidual (Bhattacharya et al, 2015; Hendry-Hofer et al, 2019).

Entre os principais sintomas durante a intoxicação aguda estão: cefaleia, dispneia, taquicardia e náuseas, os sintomas de intoxicação crônica estão associados principalmente a síndromes neurológicas como Konzo e neuropatia atáxica tropical, o sistema nervoso é altamente afetado devido sua alta dependência do metabolismo oxidativo, o qual é severamente afetado pela intoxicação causada pela presença de ácido cianídrico (Tshala- Katumbay et al, 2016; Carmo et al, 2021).

Devido a sua fácil disponibilidade para consumo, torna-se necessário uma padronização sanitária regida por legislações, visando uma garantir a segurança alimentar mantendo características físicas químicas e microbiológicas aceitáveis para o consumo do mesmo. A Lei nº. 6.482, de 17 de setembro de 2002 com a Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará determinam esses parâmetros aceitáveis para o consumo seguro do tucupi, esses padrões podem ser encontrados na instrução normativa 001/2008, onde a cor deve variar entre amarelo claro e amarelo intenso quando homogeneizado, sabor levemente ácido, os sólidos totais devem variar entre 2,5g e 6,5g, pH deve variar entre 3,5 e 4,3, a acidez total deve variar entre 0,1 e 0,8, cinzas deve ter no mínimo o valor de 3,912g/L. A RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001, determina os padrões microbiológicos aceitáveis durante todo o processamento de matéria prima agrícola para consumo humano. Contudo, a vigilância ainda não é constante na produção do tucupi, o que gera dúvidas quanto à qualidade do produto disponibilizado em grande quantidade a população (Lima, 2023).

Nas regiões Norte e Nordeste o tucupi é amplamente consumido na culinária, o mesmo é facilmente encontrado em feiras livres, que não disponibilizam garantias que comprovem a qualidade deste produto, há um risco de conter substâncias nocivas para o ser humano, dentre elas o cianeto, por já estar presente na mandioca. Este trabalho analisou as características físico-químicas e a quantificação de cianeto nessas amostras, além de destacar a importância do controle de qualidade no processamento do tucupi para reduzir o risco de intoxicação pelo consumo desta iguaria que é muito consumida pela população.

2. Metodologia

2.1 Tipo de Estudo

Este trabalho caracterizou-se como abordagem de natureza básica e mista. O estudo se trata de uma pesquisa experimental, a qual aborda conhecimento provenientes de pesquisas, revendo teorias e evidências, além de analisar problemas sobre a temática em questão baseado nos resultados obtidos durante os testes realizados, com isso identificar dúvidas e gerar conhecimento para incorporar melhorias futuras de acordo com os achados (Paiva et al, 2017).

2.2 Coleta das Amostras

A Coleta das amostras de tucupi foi realizada na Cidade de Belém, no Estado do Pará, em três Bairros diferentes, Tenoné, Guamá e Campinas, o período de coleta foi em Junho de 2023. As amostras adquiridas foram, nas feiras de cada bairro, na quantidade de 1L (um litro), posteriormente, acondicionados em garrafas pets e levados ao Laboratório de análises bromatológicas e toxicológicas do Centro Universitário da Amazônia - UNIESAMAZ/Belém – PA para realização das análises. Todas as análises foram feitas em triplicadas.

2.3 Análises Físico-químicas:

As análises de umidade, cinzas, acidez total titulável, sólidos solúveis e pH foram determinadas pelo método IAL (2008).

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico com o emprego de calor, que se baseia na perda de peso do material quando submetido a aquecimento de 105°C, até atingir peso constante. Foi pesado, na balança analítica Gehaka de modelo AG200, em cápsula de porcelana (cadinhos) foi pesado o líquido.

O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado submetendo-se as amostras a 550°C. Os resultados foram expressos em g/100g. Foi pesado, na balança analítica Gehaka de modelo AG200, em cápsula de porcelana, evaporação prévia da amostra em banho maria, seguindo de incineração em forno-mufla 560 °C.

A acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com NaOH 0,1 M, sendo o pH da solução monitorado por potenciômetro e o resultado foi expresso em meq NaOH/100mL.

O teor de sólidos solúveis totais é um índice de qualidade, sendo sua concentração e composição componente indispensável. O material utilizado para identificação do teor de sólido solúveis foi o refratômetro - Brix 0 – 85%, (modelo HI 96801), e 3 gotas do tucupí. O teor de BRIX é a porcentagem de sólidos solúveis (açúcares e sais) presentes em uma solução, podendo ser determinado por densimetria ou refratometria, nesta análise se utiliza o princípio de que soluções açucaradas possuem a mesma densidade na mesma concentração, mesmo que o açúcar seja diferente (CTC, 2011).

Na determinação de pH, foi adicionado 60 ml de tucupí em um Becker em seguida efetuado a leitura no pHmetro digital de bolso, marca HANNA INSTRUMENTS modelo HI9810.

A avaliação da cor foi feita por colorimetria Tristimulus, através de leitura em colorímetro digital marca Konica-Minolta, modelo CR 310, pelo sistema CIE Lab, obtendo os parâmetros L*, a*, b*, C* e ho. L* define a luminosidade (L = 0 preto e L = 100 branco), a* e b* são responsáveis pela cromaticidade (+a vermelho e -a verde; +b amarelo e -b azul), C* corresponde ao valor de croma e ho ao ângulo de tonalidade.

2.4 Análises Toxicológicas

Os estudos de avaliação toxicológica sobre os compostos vegetais são de grande importância, pois caracterizam os mesmos, em compostos tóxicos e ou atóxicos. Isto porque, as plantas são denominadas tóxicas quando por meio de contato, inalação ou ingestão, atuam na quebra da homeostasia do corpo humano, causando efeitos tóxicos que podem causar irritações graves e até o óbito (Sena et al, 2016). Sendo assim, foi realizada a análise toxicológica nas amostras de tucupí, por meio da determinação do percentual de metemoglobina de amostra in vitro, que analisa e determina que os valores de referência para normalidade de metemoglobina (Methb) sejam até 2% em relação à hemoglobina (Hb) total. A técnica consiste em empregar sais de cianeto (cianeto de sódio e ferrocianeto de potássio), no qual, bloqueia o transporte de oxigênio no metabolismo, pela afinidade do cianeto com a enzima citocromo-oxidase responsável pela respiração celular. (CAMARGO et al, 2007).

A análise foi efetuada no alimento tucupí, na forma líquida, utilizando os seguintes volumes: 1 ml, 500 µL e 250 µL, em amostras sanguíneas in vitro. Estas análises foram feitas em triplicada, para cada amostra de tucupí. Logo em seguida, foram efetuadas lavagens do material sanguíneo e transferidas para tubos de ensaio 0,5mL do sangue, que equivale a dez gotas, e completado com soro fisiológico até dois cm da superfície. Posteriormente foram centrifugadas por cinco min. a 2500 rpm, sendo este procedimento repetido por mais duas vezes. Logo em seguida, os sedimentos sanguíneos foram transferidos para tubos de ensaios de 500µL e nele adicionado os volumes de cada amostra de tucupí (1 ml, 500 µL e 250 µL) e incubado por 5 minutos.

Procedimento de determinação de metemoglobina: Este procedimento consiste em adicionar 2,5mL de água destilada sobre 0,5mL de sedimento sanguíneo, que apresenta cada volume de tucupí, agitado por inversão três vezes e deixado em repouso por três minutos. Em seguida foi adicionado três gotas de Trinton X com uma pipeta Pasteur e um mL de tampão de fosfato com a pipeta automática (ajustável de 100 - 1000 µL), levado para agitação no vórtex de modelo AP 56 marca Phoenix por 30 segundos, posteriormente, foram adicionadas em duas cubetas, na cubeta um (A1) foi adicionado 2,4 mL da amostra, e na cubeta dois (A2) 0,2mL da amostra mais 2,2 mL do ferrocianeto de fosfato. Logo depois, foram efetuadas leitura no espectrofotômetro (modelo NOVA 2000UV), na absorbância de 632nm. Após a primeira leitura absorbâncias foram adicionadas 100 µL de cianeto neutralizante, na cubeta um (A3) e na cubeta dois (A4) e levados para o vórtex por dez, e em

seguida foi realizado novas leituras de absorvâncias em 632nm, no espectrofotômetro. Os resultados obtidos foram calculados utilizando a fórmula 1, a saber:

Fórmula 1 - Fórmula para a obtenção da concentração de Metemoglobina.

$$\% \text{ MeHb} = \frac{(A1 - A3) \times 100}{12 \times (A2 - A4)}$$

Onde: 12 = Fator de Diluição

A1-A3 = % de metemoglobina na amostra;

A2-A4 = 100% de metemoglobinas.

3. Resultados e Discussão

Após a obtenção dos resultados das análises físico-químicas, me triplicata, os dados estão dispostos na Tabela 1 com as médias e desvio padrão, quando necessários.

Tabela 1 - Características físico-químicas das amostras de tucupi.

TESTES	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Acidez total titulável	11,13±0,02	10,56±0,01	10,56±0,01
Cinzas	1,79% ±0,04	0,86%±0,01	0,72%±0,01
Sólidos totais	4,8 ±0,05	3,4 ±0,01	3,4 ±0,01
pH	4,05±0,01 ΔE: 53,4	4,03±0,01 ΔE: 56,6	4,1±0,01 ΔE: 52,7
Cor	L: 43,1	L: 48,2	L: 47,3
	a: 3,2	a: 0,4	a: 0,1
	b: 22,9	b: 29,7	b: 23,4
Umidade	95,19%±0,01	75,30%±0,06	95,04%±0,01

Fonte: Autores (2023).

Os resultados para acidez total titulável, durante as análises em triplicata, as médias apresentaram os seguintes valores: 11,13 meq NaOH/100mL para amostra 1, 10,56 meq NaOH/100mL para amostra 2 e 10,4 meq NaOH/100mL para a amostra 3. Chisté et al. (2007) ao avaliarem as propriedades físico-químicas do tucupi comercializadas nas principais feiras e supermercados em Belém/PA, obteve valores para acidez total titulável que variou entre 3,92 a 10,66 meq NaOH/100mL. Pires (2015), em suas análises durante o processamento do tucupi, obteve o valor de 11,58 meq NaOH/100mL sendo similar aos encontrados por Chisté e Cohen (2011), o qual analisou a acidez em diferentes etapas de fermentação até o tucupi, onde o tucupi apresentou o valor de 12,30 meq NaOH/100mL para acidez. A Agência Defensora da Agropecuária do Pará (ADEPARÁ), estabelece para acidez do tucupi valores entre 1,11 e 8,89 meq NaOH/100mL, logo os valores apresentados nesse estudo estão acima do que é permitido na legislação (ADEPARA, 2008).

Os valores obtidos neste estudo apresentaram valores que se aproximaram dos estudos comparativos, logo, algumas divergências podem ser devido à origem do tucupi utilizado em cada pesquisa, já que uns foram obtidos em feiras livres, supermercados e outros foram analisados durante seu processamento, com isso os níveis de acidez podem sofrer alteração. A elevada acidez identificada neste estudo pode ser resultante do baixo pH, do tempo de fermentação ou da maceração a qual o tucupi foi submetido, essas características influenciam diretamente no nível de acidez do tucupi (Vilpoux, 2003).

O teor de cinzas obtido no presente estudo foi de 1,79% para amostra 1; 0,86% para a amostra 2 e 0,72% para amostra 3. No trabalho Freitas et al (2022) avaliou tucupis comercializados em supermercados e obteve valores de teor de cinzas que variou de 0,14% a 1,53%. Carvalho et al. (2019) que analisou as cinzas de um tucupi proveniente de área de produção comercial e obteve valores variados para teor de cinzas (1,05%-1,67%).

Como no presente estudo, os valores apresentados por Freitas et al (2022) apresentaram grandes variações, sugerindo compra de diferentes fornecedores com diferentes formas de processamento já que a partir da variação dos valores nestes estudos, é provável a adição de compostos em diferentes concentrações durante a produção do tucupi ou divergências na maneira de produção do tucupi comercializado.

Já Soares *et al* (2022. p. 218) em sua análise do tucupi em feiras livres de Santarém, encontrou os seguintes valores para teor de cinzas: 0,02% e 0,10%, a pequena variação neste estudo indica que o fornecedor ou fornecedores partilham dos mesmos procedimentos para processamento do tucupi, já que os valores apresentados por Soares *et al* não apresentaram variações significativas e estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa da ADEPARÁ (2008), no qual o teor de mínimo de cinzas é de 0,39%.

Os resultados de pH são semelhantes podem ser encontrados nos estudos de Chisté et al (2007), o qual realizou testes em amostras de tucupis obtidas em feiras livres de Belém/PA e obteve valores que variaram entre 3,00 e 4,35 para pH. Soares et al (2022), em suas análises com amostras provenientes de feiras livres de Santarém, também obteve valores de pH baixo (entre 3,00 e 4,35). Azevedo et al (2022), também apresentou amostras com pH ácido, sua coleta foi realizada em duas feiras de Santarém, onde as amostras apresentaram valores de pH que variaram entre 3,35 e 4,50.

Os valores de pH baixo apresentado nos estudos acima descritos pode ser explicado a partir de reações que ocorrem no processamento do tucupi, mas especificamente no processo de fermentação do tucupi. A acidificação ocorre devido a liberação de ácidos orgânicos provenientes do processo fermentativo, logo quanto mais tempo fermentando, maior a acidez do tucupi, isso pode ser confirmado com o estudo feito por Campos et al (2019), que compararam a influência da fermentação e cocção nas características físico-químicas do tucupi, onde observaram que quanto mais tempo fermentando menor será o pH e maior a acidez, isso explica os altos valores apresentado nos testes de acidez titulável do estudo.

O pH é de grande importância, pois tem forte influência em atividades enzimáticas, no caso do processamento do tucupi quando o tecido vegetal é dislacerado o glicosídeo cianogênico é clivado em glicose e acetonacianoidrina devido a ação da enzima β -glicosidase (linamarase), na última fase de hidrólise a acetonacianoidrina é convertida em HCN e acetona, sendo mediada pela enzima hidroxinitriloliase e isso só pode ocorrer em pH com valores entre 3,5 e 6,0. Por isso a Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará estabeleceu na normativa 001/2008 que o pH ideal para o tucupi seria entre 3,5 e 4,3. (Cereda et al, 2002) Campos 2016). A medição do pH também é um importante fator para determinar a rápida deterioração de um produto pela presença de crescimento de microrganismos nocivos a saúde, com os valores obtidos nesses estudo a possibilidade é baixa, porém possível (Chisté et al, 2011).

A característica cor consiste em um atributo importante quando se refere à exigência do consumidor, após a realização dos testes de cor das amostras de tucupi, obteve-se os seguintes valores: ΔE : 53,4; L: 43,1; a: 3,2; b: 22,9 para a amostra 1, ΔE : 56,6; L: 48,2; a: 0,4; b: 29,7 para a amostra 2 e ΔE : 52,7; L: 47,3; a: 0,1; b: 23,4 para a amostra 3. A determinação de cor foi baseada no sistema CIELab, o mais utilizado espaço de cores, devido os valores apresentados de cor serem consistente quando correlacionado com a percepção visual (Pathare et al, 2013). Altos valores de L^* representam cores mais claras e o oposto indica cores mais escuras. Os parâmetros a^* e b^* são coordenadas que para melhor entendimento podem ser transformadas, logo a^* pode variar entre as cores verde e vermelho e b^* pode variar entre azul e amarelo. (Seibel et al, 2022). Segundo Pathare et al. (2013) a National Bureau of Standard (NBS) determina que as diferenças de cor podem ser facilmente detectadas ($\Delta E > 3$), percebidas ($1,5 < \Delta E$) e apresentar pequena diferença ($1,5 < \Delta E$).

No estudo realizado por Pires et al (2015), foi realizada análise de tucupi produzido por agricultores do município do Acará, onde de acordo com os parâmetros, o tucupi apresentou tendência à cor clara ($L^* = 59,76$), suave coloração vermelha ($a^* = -2,68$) e evidenciou a coloração amarela ($b^* = 45,87$). Ao ser comparado com este estudo, pode se ver que os valores para cada determinante do estudo se aproxima um do outro, logo pode se dizer que as amostras utilizadas neste estudo possui uma percepção de cor maior para o amarelo pelos valores apresentados pelo determinante b^* (22,9- 29,7), das três amostras, com relação a luminosidade L^* as três amostras apresentaram valores altos indicando coloração clara, com relação ao determinante a^* as três amostras apesar dos valores baixos, as três se apresentaram positivas indicando tendência a cor vermelha, de acordo com o determinante total de cores (ΔE), nas três amostras a cor com maior valor (amarelo) é classificada como detectável.

Os valores obtidos para sólidos totais (Brix) foram de 4,8 % (19,5°C) para amostra 1, 3,4% (20,2°C) para amostra 2 e 3,4% (20,4°C) para a amostra 3. Ao compararmos com os estudos realizados por Campos *et al* (2016), no qual foi realizada a análise de 10 amostras de tucupi adquiridas de feiras livres em Belém/PA, após testes físico-químicos para determinação de sólidos solúveis (Brix), foram obtidos valores que variaram entre 1,79 e 6,77 °Brix. Campos et al (2017) em seus testes com tucupis obtidos de duas processadores distintas obteve os seguintes valores: 3,5 °Brix e 8,0 °Brix. Apesar da variação de um dos resultados, todos permanecem dentro dos parâmetros determinados pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (2008) que é de 2,5 a 6,5%.

É notável a diferença nos resultados de Brix entre as amostras nos estudos apresentados, logo essas diferenças podem ser explicadas pelo processo de fermentação que ocorre na produção do tucupi, durante o processamento ocorre a reação de hidrólise da linamarina no processo de produção do tucupi gera moléculas glicose, resultando em um aumento no valor de brix a partir dessa reação (Oliveira, 2012). Isso pode ser confirmado no estudo de Chisté e Cohen (2011) onde os mesmos analisaram o brix em três momentos de processamento do tucupi e obtiveram os seguintes valores: 7,2 °Brix para a manipueira, 6,5 °Brix para a manipueira com 24 horas de fermentação e 8,1 °Brix para o tucupi após 10 minutos de cocção, as diferenças apresentadas se deve aos diferentes tempos de cocção.

A umidade de um alimento está diretamente ligada à estabilidade, qualidade e composição do produto e dependendo do percentual podem interferir no seu processamento, embalagem e estocagem (Chisté *et al*, 2007). Os resultados obtidos para teor de umidade da amostra 1 foi 95,19%, para amostra 2 foi de 75,30% e para amostra 3 foi de 95,04%. Em outros estudos podem ser encontrado valores próximos aos resultados obtidos nesse estudo, como é o caso de Pires *et al* (2015), que em seu estudo obteve valores que variaram de 74,85 a 94,55%; Carvalho *et al* (2019) obteve valores que variaram 90,57% e 93,67%; Alves e Modesto Junior (2019) em sua análise do tucupi obteve o valor de 98,69% de umidade e ana Campos et al 2016 obteve 93,91% de umidade para amostra de tucupi estudada.

Por ser um alimento líquido já eram esperados resultados com percentual de umidade elevado, o que foi corroborado pelos estudos apresentados acima, e está dentro dos parâmetros estabelecidos pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ, 2008), que estabelece teor de umidade entre 93,5 e 97,5 g/100g, logo apenas uma amostra apresentou um percentual diferente das outras e fora dos parâmetros, a amostra 2 (75,30%), isso pode ser devido a concentração elevada de tucupi nessa amostra ou diferentes acessos de matéria prima (mandioca), já que as amostras são de locais diferentes, Carvalho *et al*, (2019) em sua pesquisa obteve variação no valores de umidade devido o tucupi analisado ser proveniente de acessos diferente. Com isso podemos evidenciar a importância de padronização e fiscalização do controle de qualidade no processamento do tucupi, pois variação nas características físico-químicas do alimento altera diretamente na qualidade e segurança do produto, não garantindo assim o benefício do seu consumo.

Na Tabela 2 estão os resultados obtidos através da realização do teste de absorvância, usado na identificação da presença de metemoglobina no sangue. A tabela apresenta os valores da média e do desvio-padrão das análises da determinação dos percentuais de metemoglobina das amostras de tucupi. Foi observado que há um aumento nos valores da

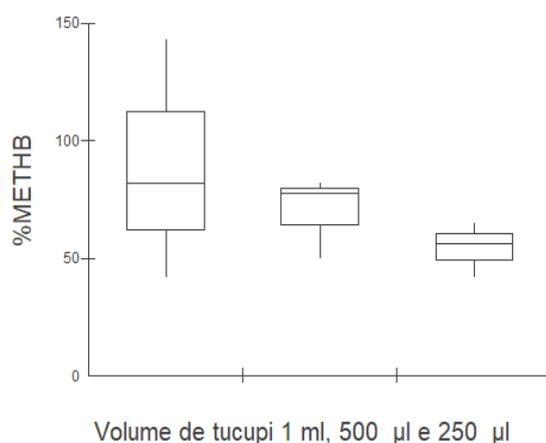
média e do desvio padrão, quando comparado a quantidade em volume de tucupi de forma isolada e adicionada as amostras em *in vitro*, a saber: volume de 1 ml (73,093±61); volume de 500 µl (70,033±24,32) e volume de 250 µl (54,41±11,60). Os resultados demonstram que quanto maior for a exposição ao tucupi, ou seja, maior o volume adicionado as hemácias, maior é a produção de molécula de metemoglobina e conseqüentemente maior o processo de oxidação na hemácia (Figura 1).

Tabela 2 - Análise dos % de METHB (metemoglobina), nas amostras de tucupi.

AMOSTRAS/VOLUME	N	A1(% METHB)	A2(%METHB)	A3 (%METHB)	MÉDIA	DP	MEDIANA
1 ml	3	142,94	46,080	30,260	73,093	61,00	82,00
500 µl	3	82,00	78,00	50,100	70,033	24,32	78,00
250 µl	3	42,00	65,00	56,250	54,41	11,60	56,25

Fonte: Autores (2023).

Figura 1 - Valores de mediana em relação ao volume de tucupi e %METHB.



Fonte: Autores (2023).

Estudo feito por Maciel e colaboradores (2021) verificaram que nos resultados toxicológicos de metemoglobina, para os extratos de *Physalis angulata* Lin, os extratos hidroalcolóico 92% apresentou toxicidade em todas as faixas de concentração, já no aquoso só apresentou toxicidade nas concentrações de 1mg/mL a 700µg/mL. Essas análises resultaram na identificação de componentes atrativos bromatológicos importantes para o aproveitamento tecnológico do fruto, assim como os metabólitos secundários que são fontes de atividades biológicas e farmacológicas e quanto a toxicidade apresentou uma porcentagem acima do permitido de 2% de toxicidade para o indivíduo.

Quemel et al (2021) demonstraram em seu trabalho de pesquisa que, os resultados de toxicidade para a planta *Cynara scolymus*, utilizando o teste de determinação do percentual de metemoglobina, para os extratos hidroalcolicos todas as concentrações apresentaram porcentagens acima do permitido e no extrato aquoso, somente duas concentrações de 600 µg/mL e 500 µg/mL, foram aceitáveis para o corpo humano. Conclui-se que a alcachofra apresenta atividade terapêutica, porém também apresentou um alto índice de porcentagem de toxicidade de metemoglobina.

Nos casos de intoxicação por agressores externos seus valores podem ultrapassar os 10% (Lima & Gallas, 2017). De acordo com referências na literatura valores acima de 3,8% de metemoglobina na contagem de hemoglobina total já é considerado prejudicial para humanos e animais (Hegesh et al., 1970; Naoum et al., 2004). As amostras de tucupi analisadas junto à amostra de sangue por espectrofotometria apresentaram valores elevados de metemoglobina. A partir desses valores podemos ver a importância de fiscalização no controle de qualidade durante o processamento do tucupi, visto que cada etapa

deve ser respeitada quanto ao seu tempo e realização para manter a segurança do produto final. As diferenças nos valores obtidos sugerem divergência na produção de cada tucupi, evidenciando o perigo de não ter um profissional capacitado nos locais de processamento do tucupi.

4. Conclusão

O alto consumo de tucupi na região norte do Brasil ressalta a importância do controle de qualidade para o processamento da mandioca e seus derivados, já que os produtos gerados no seu processamento, como por exemplo, o cianeto pode resultar na formação de metemoglobina, que em excesso no organismo pode causar patologias severas no organismo do indivíduo. A partir dos resultados apresentados neste trabalho é possível dizer que as diferenças no processo de produção do tucupi podem interferir diretamente nas suas propriedades bromatológicas, interferindo assim na sua qualidade. São necessários mais estudos relacionados com a produção do tucupi, visando em como melhorar a eliminação do cianeto gerado no processamento e garantir a qualidade para o consumo do mesmo, sem prejuízo para o consumidor.

Referências

- ADEPARÁ. Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (2008). *Instrução Normativa N.º 001/2008, de 24 de junho de 2008* da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ). Aprova Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Rotulagem do Tucupi. Diário oficial do Estado do Pará, Poder Executivo, Belém-PA, 24 jun 2008. https://www.ioepa.com.br/pages/2008/06/26/2008.06.26.DOE_23.pdf
- Alves, R. N., & Modesto Junior, M. S. (2019) *Mandioca: Agregação de valor e rentabilidade de negócios*. Embrapa. Brasília-DF. p. 225-239. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202765/1/LV-Mandioca- Rentabilidade-1-93-110.pdf>
- Arkins, P.; & Jones, L. (2012) Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Bookman. (3a ed.), 70-75.
- Azevedo, M. M. R., et al. (2022) Cianeto livre em amostras de tucupi comercializados em Santarém-PA, Brasil. *Diversitas Journal* 7(3): 1182 – 1189 https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1919/1687
- Bhattacharya, R. & Flora, J. S. S. (2009). Cyanide toxicity and its treatment. *Handbook of toxicology of chemical warfare agents*. Academic Press. 255 - 270. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744845000195>>.
- Campos, A. P. R., Carvalho, A. V., & Mattietto, R. A. (2016). *Efeito da Fermentação e Cocção nas Características Físico-Químicas e Teor de Cianeto Durante o Processamento de Tucupi*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental. Disponível em:<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>
- Campos, A., Do Carmo, J. R., Carvalho, A., & Mattietto, R. D. A. (2016). *Avaliação das características físico-químicas e microbiológicas de tucupi comercial*. Embrapa.V.112.Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150792/1/BOLETIM-PD-112-Ainfo.pdf>
- Campos, A. P. R., Carmo, J. R., Carvalho, A. V., & Mattietto, R. A. (2017) *Caracterização físico-química do tucupi durante as etapas de processamento*. Boletim de Pesquisa. Embrapa Amazônia Oriental 114, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. p. 20. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1062066>
- Campos, A. P. R., Carmo, J. R., Carvalho, A. V., & Mattietto, R. A. (2019). Optimization of parameters technological to process tucupi and study of product stability. *Food Science and Technology*. 39: 365-371Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/cta/a/nrYW8fLwQ8mBBKxt4WcB7RQ/abstract/?lang=en>>.
- Carmo, F. C., Pinheiro, R. G. O., Costa, J. C., & Bachur, T. P. R. (2021) O quinze: Excerto da literatura brasileira acerca da intoxicação por *Manihot esculenta* Crantz. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*. 14(2):5-12. <https://doi.org/10.22280/revintervol14ed2.498>
- Carvalho, A. V., Mattietto, R. A., Abreu, L. F., & Cunha, E. F. M. (2019) *Avaliação de acessos de mandioca para produção de tucupi*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 18 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 132). 2019. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1109388/1/CpatuBPD132.pdf>
- Cereda, M. P., & Vilpoux (2003) *O Produtos regionais a base de mandioca ou derivados*. In: CEREDA, M. P. Tecnologia, uso e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas. Fundação Cargill. p. 683-693.
- Chisté, R. C., Cohen, K. O., & Oliveira, S. S. (2007). Estudo das propriedades físico-químicas do tucupi. *Food Science and Technology*. 27:437-440. <https://www.scielo.br/j/cta/a/qSBYyYTskxjsdqNhxcV9H3q/?lang=pt#:~:text=endo%20o%20tucupi%20um%20alimento,e%2010%2C66%20meq%20NaOH>
- Chisté, R. C., & Cohen, O. K. (2011). Teor de cianeto total e livre nas etapas de processamento do tucupi. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. 70(1): 41-46, 2011. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/70-\(2011\)-1/teor-de-cianeto-total-e-livre-nas-etapas-de-processamento-do-tucupi/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/70-(2011)-1/teor-de-cianeto-total-e-livre-nas-etapas-de-processamento-do-tucupi/)
- Chisté, R. C., Cohen, K. O., Mathias, E. A., & Oliveira, S. S. (2001). Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. *Acta Amazônica*, 40(1), 221-226. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100028>

- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Mandioca: safra 03/2016. Brasília: CONAB. 2016. <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/6258-mandioca-analise-mensal-agosto-2017>
- Costa, T. S., Carmo, J. R., & Pena, R. S. (2018). Powdered tucupi condiment: sensory and hygroscopic evaluation. *Food Science and Technology*. 38(1): 33-40. <https://www.scielo.br/j/cta/a/rwLkMskysjyNzVxyYvkk5b/?format=pdf&lang=en>
- Freitas, A. F., Mattietto, R. D. A., & Carvalho, A. (2022). Avaliação da conformidade do tucupi comercializado em Belém, PA. In: *Anais congresso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos*, 28. SBCTA; Embrapa. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1150722/1/AvaliacaoConformidadeTucupi.pdf>
- Hegesh, E., Gruener, R. N., Cohen, S., Bochkovsky, R., & Shuval, H. I. (1970). A sensitive micromethod for the determination of methemoglobin in blood. *Clin. Chim. Acta*. 30: 679- 682. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5493889/>
- Hendry-Hofer, T. B., et al. (2019) A review on ingested cyanide: risks, clinical presentation, diagnostics, and treatment challenges. *Journal of Medical Toxicology*. 15:128-133. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30539383/>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). *Sistema de Recuperação Automática de Dados (SIDRA)*. <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>
- Maciel, M. P., Tavares, M. L., Quemel, G. K. C., & Rivera, J. G. B. (2021). Análises físicas, bromatológicas, fitoquímica e toxicológicas do fruto da planta *Physalis angulata* Lin. *International Journal of Development Research*, 11(3), 4548845493. <https://www.journalijdr.com/an%C3%A1lises-f%C3%ADsicas-bromatologicas-fitoqu%C3%ADmicas-e-toxicol%C3%B3gicas-do-fruto-da-planta-physalis-angulata>
- Lima, L. R. A., & Gallas, F. R. R. B. G. (2017) Metahemoglobinemia durante a utilização de óxido nítrico em criança submetida a transplante cardíaco: relato de caso. *Revista De Medicina*, 96(2), 125-130. <https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v96i2p125-130>
- Lima, M. F. T. et al (2023). Physicochemical and microbiological evaluation of tucupis sold in supermarkets in the city of Belém – PA. *Brazilian Journal of Development*, 9(8), 24322–24335. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n8-078>
- Mendes, R. M., & Miskulin, R. G. S. (2017). A análise de conteúdo como uma metodologia. *Cadernos de Pesquisa*, 47(165):1044–1066. <https://www.scielo.br/j/cp/a/tbmyGkhjNF3Rn8XNQ5X3mC#>
- Moreira, G. L. P., et al. (2017). Composição bromatológica de mandioca (*Manihot esculenta*) em função do intervalo entre podas. *Revista de Ciências Agrárias*. 40(1): 144-153. https://www.researchgate.net/publication/320724734_Composicao_bromatologica_d_e_mandioca_Manihot_esculenta_em_funcao_do_intervalo_entre_podas
- Naoum, P. C., Radspiell, J., & Moraes, M. S. (2004). Dosagem espectrométrica de metemoglobina sem interferentes químicos ou enzimáticos. *Rev. Bras. Hematol. Hemoter.*, 26(1):19 -22. <https://www.scielo.br/j/rbhh/a/43VK6rv6QnFDnBzjQ756qpr/?lang=pt>
- Neves, E. C. A. (2020). Classificações e características nutricionais e tecnológicas de farinhas de mandioca comercializadas em Belém, Pará, Brasil. *Brazilian Journal of Food Technology*. 23: e2019143. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.14319>. <https://www.scielo.br/j/bjft/a/SBgzqm8RZcCbWkwcDdtXKPL/?lang=pt>.
- Oliveira, R. C. S. (2012). *Avaliação da citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade da mandioca (Manihot esculenta Crantz) em célula tumoral HepG2*. 49 f. Tese (Doutorado em Toxicologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2012.
- Paiva, M. R. F., Parente, J. R. F., Brandão, I. R., & Queiroz, A. H. B. (2017). Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. *SANARE - Revista De Políticas Públicas*, 15(2). <https://sanare.emnuvens.com.br/sanare/article/view/1049>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., Al-Said, F., & Al-J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technol*. 6:36-60. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Parker-Cote, J. L. et al. (2018). Challenges in the diagnosis of acute cyanide poisoning. *Clinical toxicology*. 56(7): 609-617. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29417853/>
- Pires, F. C. S. (2015). *Otimização do processo de obtenção do tucupi em pó em spray dryer*. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Belém/PA. 2015. <https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Author/Home?author=FLAVIA+CRISTINA+SEABRA+PIRES>
- Quemel, G. K. C., Rivera, J. G. B., De Brito Barbosa, A. V., Maciel, M. P., & Moura, G. S. (2021). Avaliação fitoquímica e toxicológica das folhas secas da *Cynara scolymus*. *Research, Society and Development*, 10(7):e45810716459-e45810716459. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16459>
- Seibel, N. F., Kato, T., & Lima, A. M. (2022). Importância da difração de raios X e colorimetria em alimentos. *Editora científica: avanços em ciência e tecnologia de alimentos*. 6(15): 219-235. 2022. <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/211106668.pdf>
- Soares, E. L. V., Santos, R. R. P., Silva, S. K., Pena, R., Aguiar, I., & Aguiar, F. (2022). Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica dos tucupis comercializados em Santarém-PA. *Open science research*. 3(1)212-22. <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/avaliacao-da-qualidade-fisico-quimica-e-microbiologica-dos-tucupis-comercializados-em-santarem-pa>
- Tshala-Katumbay, D. D., et al. (2016). Cyanide and the human brain: perspectives from a model of food (cassava) poisoning. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1378(1)50-57. 10.1111/nyas.13159. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27450775/>.
- Vilpoux, O. F. (2003). *Produção de farinha d'água no Estado do Maranhão*. In: Cereda, M. P; Vilpoux, O. F. Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 3. Fundação Cargill, São Paulo, 621-642.