



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA
CURSO DE FARMÁCIA

ISABELLA FERREIRA DE ALENCAR

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MANDIOCA
(*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*)

BRASÍLIA, 2023

ISABELLA FERREIRA DE ALENCAR

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MANDIOCA
(*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*)

Monografia de Conclusão de Curso apresentada
como requisito parcial para obtenção do grau de
Farmacêutico, na Universidade de Brasília,
Faculdade de Ceilândia.

Orientadora: Farmacêutica Esp. Marta Oliveira de Araújo

Co-orientadora: Profª Dra. Daniela Castilho Orsi

BRASÍLIA, 2023

**Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Ap Alencar, Isabella Ferreira de
 Produção e caracterização de aguardente de mandioca
 (Manihot esculenta Crantz) / Isabella Ferreira de Alencar;
 orientador Marta Oliveira de Araujo; co-orientador Daniela
 Castilho Orsi. -- Brasilia, 2023.
 35 p.

 Monografia (Graduação - Farmácia) -- Universidade de
 Brasilia, 2023.

 1. Mandioca. 2. Tiquira. 3. Aguardente. 4. Amilases
 comerciais . 5. Fermentação . I. Araujo, Marta Oliveira de,
 orient. II. Orsi, Daniela Castilho, co-orient. III. Titulo.

ISABELLA FERREIRA DE ALENCAR

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MANDIOCA
(*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*)

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Farmacêutica Esp. Marta Oliveira de Araújo
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

Co-Orientadora: Profª. Daniela Castilho Orsi
(Membro PPGCTS/Universidade de Brasília)

Avaliador (a): Farmacêutica Esp. Karolina Oliveira Gomes
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

Avaliador (a): Farmacêutica Msc. Letícia Fernandes Silva Rodrigues
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

BRASÍLIA, 2023

AGRADECIMENTOS

À minha família por todo o apoio e suporte recebido durante esses anos de graduação.

Às pessoas que convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica e que pretendo levar a amizade para toda a vida.

A todos os professores que tive o prazer de ser aluna, por todo o conhecimento passado e pela contribuição tanto no âmbito profissional quanto no pessoal.

À minha orientadora Marta Araújo, por toda a compreensão durante este período delicado. Obrigada por toda paciência e apoio, acredito não poderia ter sido designado uma pessoa melhor nesse momento. E a professora Daniela Orsi, por ter me aceitado.

A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados.

RESUMO

O estudo foca na produção de aguardente de mandioca, popularmente conhecida como Tiquira, uma bebida destilada feita a partir da mandioca, uma planta nativa da região amazônica e popular no Brasil devido à sua abundância e baixo custo. Atualmente, a produção da Tiquira é artesanal e carece de controle técnico, resultando em baixo rendimento e falta de padrão de qualidade. O objetivo do estudo foi utilizar enzimas comerciais para hidrolisar o amido da mandioca e produzir Tiquira.

O processo envolveu a hidrólise do amido, seguida por fermentação alcoólica de 5 dias. O líquido fermentado foi filtrado e submetido à destilação, resultando nas frações conhecidas como "cabeça", "coração" e "cauda".

O estudo observou a redução do pH no fermentado alcoólico, indicando a produção de ácidos durante a fermentação. A acidez total do fermentado alcoólico ficou dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira. O mosto e o fermentado alcoólico apresentaram diferentes teores de sólidos solúveis e açúcares redutores, indicando o consumo desses açúcares pelas leveduras durante a fermentação.

Após a destilação, apenas a fração "coração" foi considerada, resultando em 480 mL de Tiquira com teor alcoólico de 40ºGL, em conformidade com a legislação brasileira para a bebida. O estudo concluiu que a produção eficiente em escala laboratorial demonstra um potencial significativo para a produção comercial da Tiquira, destacando seu papel no benefício dos produtores rurais e no impulso da economia local devido ao seu alto valor agregado.

Palavras-chave: mandioca, aguardente, Tiquira, amilases comerciais, fermentação alcoólica.

ABSTRACT

The study focuses on the production of cassava brandy, commonly known as Tiquira, a distilled beverage made from cassava, a native plant of the Amazon region and popular in Brazil due to its abundance and low cost. Currently, Tiquira production is artisanal and lacks technical control, resulting in low yield and a lack of quality standards. The study aimed to use commercial enzymes to hydrolyze cassava starch and produce Tiquira.

The process involved starch hydrolysis, followed by a 5-day alcoholic fermentation. The fermented liquid was filtered and subjected to distillation, resulting in fractions known as "head," "heart," and "tail."

The study observed a decrease in pH in the alcoholic ferment, indicating acid production during fermentation. The total acidity of the alcoholic ferment remained within the limits allowed by Brazilian legislation. The must and alcoholic ferment showed different levels of soluble solids and reducing sugars, indicating the consumption of these sugars by yeast during fermentation.

After distillation, only the "heart" fraction was considered, resulting in 480 mL of Tiquira with an alcohol content of 40°GL, in compliance with Brazilian regulations for the beverage. The study concluded that efficient laboratory-scale production demonstrates significant potential for commercial Tiquira production, highlighting its role in benefiting rural producers and boosting the local economy due to its high added value.

Keywords: cassava, spirit, Tiquira, commercial amylases, fermentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de Mandioca.....	13
Figura 2 - Estrutura química do amido.....	14
Figura 3 - Fluxograma da produção de Tiquira.....	17
Figura 4 - Destilador de laboratório.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicas das frações cabeça, coração cauda.....	19
Tabela 2 - Fixação dos padrões de identidade e qualidade para a Tiquira.....	20
Tabela 3 - Análises físico-químicas da massa de mandioca, do mosto e do fermentado alcoólico.....	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características físico-químicas das frações cabeça, coração e cauda.....	18
Quadro 2 – Rendimento do mosto, fermentado alcoólico e da aguardente de mandioca.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

IN – Instrução Normativa

ADNS – Ácido 3-5 dinitrossalicílico

pH – Potencial hidrogênico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	A MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) E SUA PRODUÇÃO NO BRASIL.....	13
2.2	O AMIDO E AS ENZIMAS AMIOLÍTICAS (AMILASES)	14
2.3	AGUARDENTE DE MANDIOCA (TIQUIRA)	15
2.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO DESTILADO E PARÂMETROS ESTABELECIDOS NA LEGISLAÇÃO	19
3	OBJETIVOS.....	22
3.1	OBJETIVO GERAL.....	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4	JUSTIFICATIVA	23
5	MATERIAIS E MÉTODOS	24
5.1	PREPARO DA MATÉRIA PRIMA	24
5.2	PROCESSO DE HIDRÓLISE (LIQUEFAÇÃO E SACARIFICAÇÃO) DO AMIDO DA MANDIOCA COM USO DE AMILASES COMERCIAIS.....	24
5.3	FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	24
5.4	DESTILAÇÃO DO FERMENTADO ALCOÓLICO DE MANDIOCA	25
5.5	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (MASSA DE MANDIOCA, MOSTOS E FERMENTADOS ALCOÓLICOS)	25
5.6	ANÁLISES DA AGUARDENTE DE MANDIOCA.....	26
5.6.1	Grau alcoólico	26
5.6.2	Acidez total	26
5.6.3	Análises da fração coração do destilado de mandioca	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6	CONCLUSÃO	30
	REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
	ANEXOS	35

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma raiz nativa da América tropical (região amazônica) (Ogbonna *et al.*, 2021). O ingrediente de maior valor agregado na mandioca é o amido e as raízes contêm cerca de 65-80% de amido em base seca ou 30% de amido em base úmida (Ayetigbo *et al.*, 2018). Cultivada em todos os estados brasileiros, a produção de mandioca tem sido voltada tanto para o consumo direto como para a indústria de processamento (IBGE, 2017; FAO, 2016).

Bebidas alcoólicas oriundas de matérias-primas amiláceas são preparadas na América do Sul desde os tempos pré-colombianos. Os ameríndios preparavam diversas bebidas a partir de produtos amiláceos como milho e mandioca. No Brasil, a Tiquira é uma aguardente de mandioca apreciada nas regiões Norte e Nordeste, com maior produção no estado do Maranhão (Cereda; Brito, 2016). A Tiquira encontra-se dentro da legislação brasileira como uma aguardente, com graduação alcoólica de 36 a 54% em volume, obtida de destilado alcoólico simples de mandioca ou pela destilação de seu mosto¹ fermentado (BRASIL, 2008).

Para produzir álcool a partir do amido, são necessárias as etapas de gelificação do amido com a posterior liquefação e sacarificação (hidrólise enzimática) em açúcares simples, fermentação alcoólica e destilação. A necessidade de transformação de amido em açúcares simples decorre do fato de que as leveduras de fermentação alcoólica como *Saccharomyces cerevisiae* não possuem enzimas amilolíticas (Menezes *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016).

Atualmente, os processos de fabricação das bebidas alcoólicas oriundas de matérias-primas amiláceas são artesanais e não existe técnica de controle do processo, gerando desvantagens como baixo rendimento e produto sem padrão de qualidade. Para alterar esse panorama, os processos devem ser modernizados, com aplicação de tecnologia de fermentação (Souza *et al.*, 2016).

¹ Sumo ou suco açucarado que não tenha passado pelo processo de fermentação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A MANDIOCA (*Manihot esculenta Crantz*) E SUA PRODUÇÃO NO BRASIL

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma raiz tuberosa (Figura 1) originária da região Amazônica, que se espalhou por toda a América, sendo também levada para a África e Ásia por colonizadores portugueses e espanhóis. Apresenta-se como a sexta cultura alimentar comercialmente mais importante depois do trigo, milho, batata, arroz e cevada (Ayeticbo *et al.*, 2018; Ogbonna *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2020).

Figura 1 – Produção de mandioca



Fonte: Embrapa, 2023

Legenda: a) Lavoura de mandioca; b) Mandioca.

A mandioca é uma planta altamente resistente, podendo suportar o estresse causado pela seca e por solos secos e pobres em nutrientes e ao mesmo tempo expor rendimentos aceitáveis. Por se tratar de um alimento que pode ser inteiramente aproveitado, desde as folhas e caules e principalmente as raízes é vantajoso em relação a outras culturas agrícolas. Pode ser classificada como um alimento de alto teor calórico, sendo a raiz composta quase que inteiramente por amido, contendo cerca de 65-80% de amido em base seca. Assim, a mandioca tornou-se uma das principais fontes de energia alimentar, apresentando importância tanto na alimentação humana quanto animal (Ayeticbo *et al.*, 2018; Groxko, 2022; Sousa *et al.*, 2020).

Segundo dados registrados pela FAO no ano de 2019, a produção mundial de mandioca correspondeu a 304 milhões de toneladas. Apesar de ceder a liderança de maior produtor mundial de mandioca para a África e em seguida para a Ásia, o Brasil continua liderando a produção na América Latina participando com uma média de 70 a 75% do total de 24 milhões de toneladas produzidas anualmente. A safra de 2020/21

indicou uma produção de 19,7 milhões de toneladas (Groxko, 2022). No Brasil, o cultivo da mandioca ocorre principalmente para finalidades industriais, como produção de farinha e amido. A mandioca está entre as principais culturas no Brasil, com enorme participação histórica, econômica e social (Vieira *et al.*, 2020).

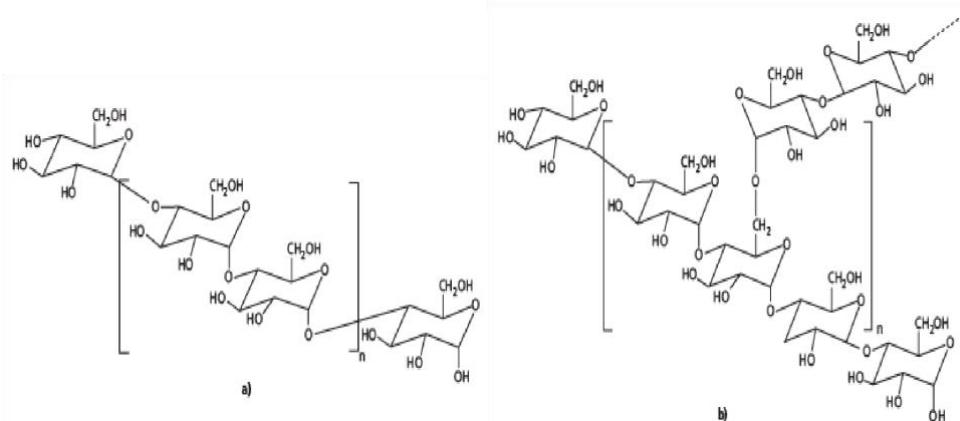
A mandiocultura é importante devido à participação de 76% da agricultura familiar na produção nacional, tornando-se uma das principais fontes de ocupação de empregos no campo. As atividades relacionadas ao cultivo da mandioca e seus derivados geram quase um milhão de empregos no país, sendo 450 mil diretos e 500 mil indiretos (Sousa *et al.*, 2020).

2.2 O AMIDO E AS ENZIMAS AMIOLÍTICAS (AMILASES)

O amido, componente principal da raiz da mandioca, é um homopolissacarídeo produzido pelas plantas a partir da glicose obtida na fotossíntese, sendo composto por unidades de D-glicose unidas por ligações glicosídicas (Marciano, 2023; Peixoto, 2022; Zhu, 2015).

Na mandioca, o amido é composto principalmente por moléculas de amilose e amilopectina (Figura 2), que se diferenciam especialmente pelas ramificações da cadeia, pois enquanto a amilose apresenta uma estrutura linear, formada por ligações glicosídicas α -(1,4), a amilopectina possui ligações α -(1,4) e α -(1,6) promovendo arranjo ramificado à sua estrutura (Cereda, Brito, 2016).

Figura 2 – Estrutura química do amido



Fonte: Corradini *et al.* (2005)

a) Amilose; b) Amilopectina

O amido não é diretamente fermentável pelas leveduras como a *Saccharomyces cerevisiae*, necessitando de uma hidrólise prévia de suas cadeias para a obtenção de maltotriose, maltose ou glicose. No processo de hidrólise do amido em açúcares menores (sacarificação), além de água, há necessidade de agentes químicos ou enzimáticos capazes de romper as ligações glicosídicas. Assim, podem ser empregadas as enzimas amilolíticas, também chamadas de amilases, que são enzimas que hidrolisam as ligações glicosídicas do amido, tendo como produtos a formação de oligossacarídeos e glicose (Araújo, 2021; Bezerra, 2017; Cereda; Brito, 2016).

As enzimas amilolíticas do grupo α -amilases são endoenzimas, que atuam no interior da molécula de amido hidrolisando as ligações glicosídicas α -(1,4), e são responsáveis por reduzir rapidamente a massa molecular média de polímeros de amido liberando diferentes tamanhos de oligossacarídeos e reduzindo sua viscosidade. Enquanto as β -amilases e glucoamilases são exoenzimas sacarificantes que hidrolisam as ligações glicosídicas α -(1,4) e α -(1,6) a partir da extremidade não redutora da cadeia de amido, liberando açúcares de baixa massa molecular como glicose e maltose (Araújo, 2021; Esselin, 2023; Marciano, 2023).

Dentre as enzimas comerciais, as amilases são o grupo que mais cresce, pois além de serem aplicadas em diversas áreas como nas indústrias alimentícias, têxteis, e na fabricação de biocombustíveis, podem ser obtidas de várias fontes, como leveduras, fungos, bactérias, tecidos animais e plantas. Porém, o meio que mais se destaca é o obtido a partir de fungos filamentosos como *Aspergillus* spp., pois possuem maior estabilidade de pH e são mais termoestáveis (Bezerra, 2017; Ribeiro et al., 2019).

2.3 AGUARDENTE DE MANDIOCA (TIQUIRA)

A aguardente de mandioca, popularmente conhecida como Tiquira é uma bebida destilada com alto teor de álcool etílico, sendo de origem indígena, possuindo como matéria-prima a mandioca. Seu nome tem origem da palavra indígena ti-kyra, que significa cair gota a gota, o que faz referência ao destilador. A Tiquira é classificada como bebida alcoólica destilada que pode apresentar graduação alcoólica entre 36 e 54º GL (Brasil, 2008; Cereda; Brito, 2016; Coelho, 2017; Lima et al., 2022).

A Tiquira possui um cheiro característico, cujo aroma é formado pela mistura de álcoois, ácidos carboxílicos, ésteres, aldeídos e aminas. A maioria dos compostos responsáveis pelo odor e sabor característico da Tiquira são voláteis (Moucherl *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2020).

Segundo Ribeiro *et. al.* (2019) no Brasil, o Maranhão é o principal produtor da Tiquira. Em sua maioria, a produção se dá de modo artesanal e sua venda ocorre no mercado informal, o que resulta na inexistência de qualquer registro de produtor no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e sequer dados estatísticos sobre produção e venda. Devido ao processo artesanal a Tiquira possui uma baixa representação no mercado de destilados, pois na maioria das vezes os produtos possuem qualidade duvidosa, tempo prolongado de produção e teores variáveis de compostos secundários, tornando difícil a competição com outras aguardentes. Os compostos secundários são constituídos por um grupo de produtos minoritários procedentes do processo de fermentação do mosto, dentre os quais estão os álcoois superiores, aldeídos, ésteres e ácidos voláteis, sendo eles responsáveis pelo aroma e sabor dos destilados em geral (Pereira *et al.*, 2003).

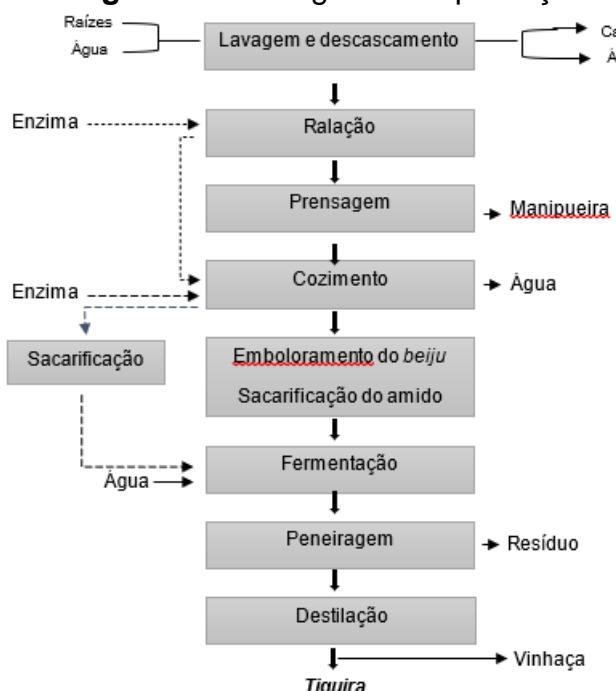
A Tiquira pode ser obtida tanto por métodos artesanais quanto por métodos modernos. No método tradicional, a sacarificação do amido da mandioca é realizada por bolores e bactérias autóctones que produzem enzimas que hidrolisam o amido, gerando açúcares para as leveduras fermentarem a etanol. No método moderno os bolores e as bactérias autóctones são substituídos por enzimas comerciais ou fungos isolados. Tanto na produção artesanal quanto nos métodos modernos são necessárias as seguintes etapas para a fabricação da tiquira: gelificação, liquefação e sacarificação do amido de mandioca, fermentação alcoólica e destilação (Bastos, 2013; Cereda; Brito, 2016).

A gelificação baseia-se na transformação do amido em goma, por meio da hidratação e cozimento, onde a estrutura do amido se abre e a viscosidade aumenta, sendo que para gelificar o amido de mandioca a temperatura necessária deve ser superior à 70°C. A sacarificação é o processo de transformação do amido em açúcares fermentescíveis, como maltose e glicose e no processo de liquefação enzimática, os grânulos de amido são dispersos em solução aquosa, aquecidos e hidrolisados parcial e irreversivelmente, com auxílio de uma α-amilase, liberando diferentes tamanhos de oligossacarídeos e reduzindo a viscosidade. Na fermentação, as leveduras

transformam o açúcar proveniente da hidrólise do amido de mandioca em um fermentado alcoólico, liberando gás carbônico (Araújo, 2021; Bastos, 2013; Coelho, 2017).

No método artesanal de obtenção da Tiquira, o preparo é iniciado pela lavagem e descascagem das raízes (Figura 3), que logo são raladas para facilitar a liberação de grânulos de amido. A massa é homogeneizada e prensada para evitar o escurecimento. Em seguida, a massa é esfarelada e distribuída em chapas metálicas aquecidas à lenha para obtenção dos beijus de 30 cm de diâmetro e de 3 a 4 cm de espessura que são guardados na sombra em local quente e úmido em cochos cobertos com água, forrados com folhas de bananeira ou de palmeiras, onde ficam até que ocorra o “emboloramento”, necessário para a sacarificação do amido. Logo depois, os beijus são macerados e colocados no cocho e completados com água para fermentar em um período médio de quatro a seis dias e o só então, o mosto fermentado é coado para a separação dos sólidos insolúveis. Por último, ocorre a destilação, processo artesanal, onde o líquido fermentado é acondicionado em alambique de cobre no qual acontece o aquecimento direto que deve ser controlado para evitar a formação de produtos pirogênicos (Bastos, 2013; Cereda; Brito, 2016; Lima *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2020).

Figura 3 – Fluxograma da produção de Tiquira



Fonte: Cereda; Brito (2016).

Legenda: Linhas cheias: Método tradicional; Linhas tracejadas: Método moderno. Manipueira: líquido extraído da mandioca quando é prensada; Vinhaça: principal subproduto da produção de aguardente;

No processamento moderno de obtenção da tiquira, a sacarificação do amido de mandioca é realizada por enzimas comerciais. Após ocorrer a gelificação do amido em proporções de 1:2 com água potável, são acrescentadas as enzimas comerciais. Logo após a liquefação e sacarificação do amido, os açúcares simples são fermentados pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Araújo, 2021; Bastos, 2013; Coelho, 2017; Santos, 2019).

Na destilação que é a etapa subsequente, acontece o mesmo processo que é utilizado na aguardente de cana de açúcar. A destilação deve ser conduzida de forma branda, sem pressa, devendo-se identificar e separar as frações de cabeça, coração e cauda (Quadro 1). Como os componentes voláteis possuem pontos de ebulição distintos, a purificação do líquido fermentado é possível na destilação. A fração cabeça, a primeira a sair do destilador, representa 10% da parte inicial do volume total a ser destilado e nessa fração inicial estão presentes os componentes mais voláteis, entre eles os ésteres e os aldeídos. Na fração cauda, a última a deixar o alambique, que corresponde a 10% do volume final a ser destilado, permanecem os componentes menos voláteis que o álcool etílico, entre eles os ácidos e os álcoois superiores (fúsel), e esse volume final é desprezado, pois é designado como água fraca e contém óleos pesados. Tanto a cabeça como a cauda devem ser separadas e destiladas novamente na batelada seguinte. A parte nobre da destilação é constituída pela fração coração, que corresponde a 80% do volume destilado. Esta é a fração que deve ser aproveitada para a produção da tiquira de qualidade (Bastos, 2013; Coelho, 2017; Santos, 2019; Venturini Filho; Mendes, 2003).

Quadro 1 – Características físico-químicas das frações cabeça, coração e cauda

Principais compostos separados em cada fração	Características físico-químicas durante a destilação
Fração Cabeça (10% do volume inicial) <ul style="list-style-type: none"> • Acetaldeído • Acetato de etila • Metanol 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo ponto de ebulição • Solúvel em álcool
Fração Coração (80% do volume)	<ul style="list-style-type: none"> • Ponto de ebulição < 200°C • Solúvel em álcool • Totalmente ou parcialmente solúvel em água

Fração Cauda (10% do volume final) <ul style="list-style-type: none"> • Ácido acético • Furfural 	<ul style="list-style-type: none"> • Ponto de ebulição maior que a água • Solúvel em água
---	---

Fonte: Cabral, 2019 (Adaptado).

A qualidade dos destilados deve ser comprovada para que não ofereçam riscos aos consumidores (Brasil, 2011). Pela baixa competitividade que a tiquira apresenta, o processamento moderno é uma alternativa para obter redução do tempo de produção e controle de diversas linhagens indesejadas de microrganismos, o que resulta no aumento da qualidade da bebida (Ribeiro *et al.*, 2019).

2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO DESTILADO E PARÂMETROS ESTABELECIDOS NA LEGISLAÇÃO

Atualmente, o MAPA é órgão responsável pelo registro e fiscalização das bebidas alcoólicas no Brasil. Dentre as bebidas derivadas da mandioca, apenas a Tiquira possui legislação específica, sendo a Instrução Normativa (IN) nº 15, de 31 de março de 2011, onde é definido o Regulamento Técnico para a Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Tiquira do MAPA, onde são especificados os valores aceitáveis para certas substâncias presentes na Tiquira (Tabela 2) (Brasil, 2011). Para garantir a produção de uma aguardente de qualidade, em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação, é necessário a realização de análises físico-químicas na Tiquira (Brasil, 2011; Murici, 2015).

Tabela 2 – Fixação dos padrões de identidade e qualidade para a tiquira.

	Valor mínimo	Valor máximo
Acidez volátil em ácido acético (mg/100mL de álcool anidro)	-	100
Ácido cianídrico (mg/100mL de álcool anidro)	-	5
Álcool metílico (mg/100mL de álcool anidro)	-	20
Álcool superior* (mg/100mL de álcool anidro)	-	260
Aldeídos em aldeído acético (mg/100mL de álcool anidro)	-	20

Chumbo (Pb) (mg/L de tiquira)	-	0,2
Cobre (Cu) (mg/L de tiquira)	-	5
Coeficiente de congêneres (mg/100mL de álcool anidro)	200	650
Ésteres em acetato de etila (mg/100mL de álcool anidro)	-	200
Furfural e hidroximetilfurfural (mg/100mL de álcool anidro)	-	5
Graduação alcóolica (% v/v a 20º)	36	54

Fonte: Adaptado de Brasil (2011)

Legenda: mg: miligramas; mL: mililitros; L: litros; %: porcentagem; º: Graus Celsius; v/v:

É indispensável assegurar a qualidade durante o processo de elaboração das aguardentes, a fim de evitar riscos à saúde humana. Os padrões estabelecidos na IN 15/2011, juntamente com seus respectivos limites, têm o propósito de proteger a saúde pública e elevar o padrão de qualidade da bebida, pois a qualidade de uma aguardente está intrinsecamente ligada à satisfação sensorial dos consumidores e ao cumprimento das exigências legais referentes à sua composição (Santos, 2019; Souza *et al.*, 2016).

Algumas substâncias são indesejáveis nas bebidas destiladas, devido a sua alta toxicidade e potencial carcinogênico. Nos estudos voltados para a qualidade da Tiquira, entre os principais componentes que oferecem perigo para a saúde humana e que podem comprometer a qualidade sensorial da bebida estão os metais, os carbamatos e, principalmente o cianeto. Na maioria dos casos, tanto os carbamatos como os metais são tóxicos e prejudicam a qualidade da bebida. O cianeto é extremamente tóxico mesmo em baixas concentrações. Apesar da matéria-prima apresentar influência na concentração desses compostos, as etapas de produção também interferem na qualidade final do produto (Moucherk *et al.*, 2022; Murici, 2015).

A presença de metanol é indesejável nas bebidas destiladas pelas características de toxicidade. A origem do metanol está ligada à degradação do polissacarídeo pectina. A mandioca contém cerca de 2,19-2,46% de pectina em massa úmida, podendo gerar metanol durante os processos fermentativos na produção de tiquira. A ingestão de alto teor de metanol pode causar intoxicação aguda, capaz de provocar acidose metabólica, podendo levar a cegueira, convulsões e óbito (Souza *et al.*, 2016).

A toxicidade cianogênica é resultante da formação do ácido cianídrico (HCN) a partir da hidrólise enzimática dos cianoglicosídeos através das enzimas linamarase e hidroxinitrilase. A presença desses glicosídeos cianogênicos pode influenciar na formação de carbamato de etila, uma vez que o cianeto é considerado um precursor. Portanto, o potencial tóxico da Tiquira está relacionado à presença maior ou menor de cianeto nas raízes de mandioca, bem como à permanência desse cianeto na bebida, seja em sua forma original ou como produto metabólico (Cereda; Brito, 2016).

O carbamato de etila (EtOCONH_2) é um composto considerado cancerígeno, altamente tóxico, e passou a ser regulamentado por legislação a partir da IN 21/2010, com um limite máximo permitido de 0,150 mg/L. Sua formação pode ocorrer em reações que acontecem durante o processamento ou fermentação de alimentos e bebidas, sendo classificado como um contaminante do processo. A formação do carbamato de etila ocorre quando o etanol reage com cianato ou compostos contendo o grupo funcional carbamoil (ureia e citrulina). A separação eficiente das frações de "cabeça" e "cauda" da fração "coração" durante o processo de destilação reduz as concentrações de carbamato de etila no produto destilado (ABT *et al.*, 2021).

O cobre é um dos metais indesejáveis na aguardente, e seu limite permitido é de até 5 mg/L. Sua presença na bebida provém do material tradicionalmente utilizado na construção dos alambiques. Essa contaminação da bebida por cobre ocorre durante o processo de destilação, pela formação do "azinhavre" $[\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})^2]$, um produto da oxidação do cobre que é dissolvido na aguardente pelo vapor alcoólico ácido no processo de destilação formado nas paredes internas do alambique. Uma limpeza adequada dos alambiques de cobre antes e após os processos de destilação evita a formação do azinhavre e a contaminação da bebida com cobre (Souza *et al.*, 2016; Souza, 2014).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho de pesquisa deteve como objetivo utilizar amilases comerciais para hidrólise do amido e produção de aguardente de mandioca. A aplicação de tecnologia de fermentação deve resultar em bebidas de qualidade e que se encaixem nos parâmetros exigidos pela legislação brasileira.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Testar a hidrólise do amido de mandioca com uso de enzimas amilolíticas comerciais;
- Realizar a fermentação alcoólica do mosto e a destilação da aguardente;
- Verificar as análises físico-químicas do mosto e aguardente.

4 JUSTIFICATIVA

A Tiquira é uma aguardente de mandioca apreciada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Apesar da Tiquira ser a única a possuir uma legislação específica dentre as bebidas originárias da mandioca, a maior parte da produção acontece de forma artesanal por pequenos agricultores, onde não há controle do processo, gerando diversas desvantagens como baixo rendimento e um produto de qualidade duvidosa. Assim, fica evidente que há a necessidade de aplicação de tecnologia de fermentação para que as práticas de fabricação sejam bastante criteriosas e resultem na obtenção de uma Tiquira padronizada e de qualidade.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 PREPARO DA MATÉRIA PRIMA

As raízes de mandioca foram obtidas em supermercados do Distrito Federal já descascadas, sanitizadas e embaladas a vácuo. Para a gelificação do amido a massa da mandioca foi cozida em micro-ondas. Após serem cozidas, as raízes foram trituradas em um liquidificador com água na proporção de 1:1 (p/v) e a massa obtida de 6 litros foi utilizada nas etapas seguintes.

5.2 PROCESSO DE HIDRÓLISE (LIQUEFAÇÃO E SACARIFICAÇÃO) DO AMIDO DA MANDIOCA COM USO DE AMILASES COMERCIAIS

Para o processo de hidrólise do amido, a massa de mandioca gelificada foi liquefeita e sacarificada com o uso de amilases comerciais. Para isso foram adicionados os volumes de 1,0 mL de α -amilase bacteriana de *Bacillus licheniformis* da marca SIGMA (50 mg de amilase em pó foi diluída em água destilada) e 1,0 mL de amiloglucosidase fúngica de *Aspergillus niger* da marca SIGMA (50 mg de amilase em pó foi diluída em água destilada) na massa gelificada de mandioca. Essa mistura foi mantida com agitação por 30 min. em temperaturas de 50-90°C para ação das amilases. Após, o mosto foi resfriado com auxílio de um trocador de calor a temperatura abaixo de 30°C e seguiu para a etapa de fermentação alcoólica.

5.3 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

O mosto hidrolisado foi fermentado com levedura comercial para produção de aguardente (*Saccharomyces cerevisiae* UFLA CA-11, Novozymes). Antes de inocular o fermento no mosto, procedeu-se a reidratação da levedura seca no próprio mosto. Após adição de levedura no mosto, o fermentador foi incubado em temperatura ambiente por 5 dias. O líquido fermentado foi filtrado para remoção do bagaço com o uso de um pano e prosseguiu para a destilação.

5.4 DESTILAÇÃO DO FERMENTADO ALCOÓLICO DE MANDIOCA

Destilou-se o fermentado alcoólico em um destilador de laboratório (Figura 4), onde todo o volume foi destilado sem separação de frações e ao final dessa primeira destilação obteve-se um volume de 480mL.

Figura 4: Destilador de laboratório



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Na segunda destilação, separaram-se as frações cabeça (10% do volume inicial do destilado), coração (80% do volume do destilado) e cauda (volume final do destilado). Ao final da segunda destilação a fração coração rendeu um volume de 384mL. As frações da aguardente foram armazenadas sob refrigeração em recipiente de vidro e, posteriormente, foram realizadas as análises físico-químicas.

5.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS (MASSA DE MANDIOCA, MOSTOS E FERMENTADOS ALCOÓLICOS)

A leitura do pH foi feita por pHmetro digital (IAL, 2008). Enquanto o teor de sólidos solúveis foi medido em refratômetro de bancada e expresso em °Brix (AOAC, 2006). Os açúcares redutores, foram determinados pelo método ADNS (ácido 3-5 dinitrossalicílico) onde na presença de calor, o ADNS reage oxidando a carbonila do açúcar redutor, reduzindo-o para 3-amino-5-nitrosalicílico de cor vermelho-alaranjado, que pode ser quantificado em absorbância a 540 nm (Miller, 1959).

5.6 ANÁLISES DA AGUARDENTE DE MANDIOCA

5.6.1 Grau alcoólico

O grau alcoólico foi determinado com uso de alcoômetro de Gay-Lussac que foi colocado diretamente no volume do destilado a 20°C (IAL, 2008).

5.6.2 Acidez total

A acidez total foi determinada por titulometria com NaOH (hidróxido de sódio) a 0,1 mol.L⁻¹, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O método de determinação da acidez titulável total consiste na neutralização dos ácidos totais presentes na amostra pela utilização de uma base.

5.6.3 Análises da fração coração do destilado de mandioca

As análises de furfural, metanol, aldeídos, ésteres e álcoois superiores foram realizadas em cromatografia gasosa no Laboratório de Tecnologia e Qualidade de Bebidas da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, USP, Piracicaba, SP) a partir da fração “coração” da aguardente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos nas análises físico-químicas da massa de mandioca, do mosto e do fermentado alcoólico. Em relação aos valores de pH para a mandioca o valor encontrado foi de 6,66, enquanto o mosto apresentou valor de 6,40 e o fermentado alcoólico de 4,65. Para a acidez total não foram realizados testes para a mandioca e para o mosto e o valor obtido para o fermentado alcoólico resultou em 56,33 mEq/L. Os sólidos solúveis (⁰Brix) para a mandioca encontrado foi de 5,00, para o mosto de mandioca 10,50 e 7,00 para o fermentado alcoólico. Para os açúcares redutores (%) da mandioca o valor obtido foi de 0,25, para o mosto de mandioca 9,99 e 0,66 para o fermentado alcoólico.

Tabela 3 – Análises físico-químicas da massa de mandioca, do mosto e do fermentado alcoólico.

Análises físico-químicas	Mandioca	Mosto de mandioca	Fermentado alcoólico
pH	6,66 ± 0,00	6,40 ± 0,00	4,65 ± 0,00
Acidez total (mEq/L)	n/a	n/a	56,33 ± 0,58
Sólidos solúveis (⁰ Brix)	5,00 ± 0,58	10,50 ± 0,00	7,00 ± 0,00
Açúcares redutores (%)	0,25 ± 0,07	9,99 ± 0,01	0,66 ± 0,05

Fonte: Acervo Pessoal, 2023

Legenda: pH: potencial hidrogênico mEq/L: equivalente grama ⁰Brix; %: porcentagem; n/a: não aplicável.

Os resultados foram expressos com médias seguidas dos respectivos desvios padrão das medidas em triplicata.

O valor encontrado para o pH do fermentado alcoólico foi de 4,65. A Instrução Normativa 15/2011 não estabelece limites para o pH do fermentado alcoólico antes da etapa de destilação (Brasil, 2011). De acordo com Araújo *et al.* (2009), o pH de bebidas alcoólicas fermentadas situa-se, normalmente, entre 2,0 e 4,0. A redução do pH observada nos resultados das análises do mosto (6,40) em comparação ao fermentado alcoólico (4,65) decorre de um dos subprodutos gerados pela fermentação alcoólica, os ácidos orgânicos (Cereda; Brito, 2016).

Em relação a acidez total expressa em mEq/L, a legislação brasileira permite um conteúdo mínimo de 50 mEq/L e máximo de 130 mEq/L para fermentados

alcoólicos de frutas (Brasil, 2008). O fermentado alcoólico de mandioca apresentou valor de acidez total de 56,33 mEq/L, estando, portanto, dentro dos limites permitidos na legislação brasileira. De certa forma, o teor de acidez regula a aceitação do produto, pois o teor de acidez presente nas bebidas fermentadas é resultado de ácidos orgânicos como ácido succínico, ácido acético, ácido lático, entre outros, sendo estes importantes nas características sensoriais e na estabilidade físico-química da bebida (Rizzon; Miele, 2002; Sena et al., 2017; Santos, 2019).

É importante ressaltar que os sólidos solúveis são constituídos de açúcares, e várias outras substâncias dissolvidas como ácidos orgânicos (Sena et al., 2017; Santos, 2019). Houve um aumento do teor de teor sólidos solúveis totais (SST) de 5 °Brix na mandioca para 10,5°Brix no mosto, após a adição das enzimas amilolíticas e esse valor mostra que ocorreu o processo de hidrólise enzimática, onde as amilases quebram o amido em açúcares menores disponibilizando os mesmos para a fermentação (Araújo, 2021). Enquanto o valor de SST do fermentado alcoólico foi de 7°Brix, indicando que houve o consumo dos açúcares fermentescíveis presentes no mosto sendo convertidos em etanol (Sena et al., 2017). Ao comparar o teor de açúcares redutores do mosto de mandioca (9,99%) e do fermentado alcoólico (0,66%), pode-se observar um bom desempenho da levedura na metabolização dos açúcares do mosto, indicando uma boa atividade das leveduras durante a fermentação.

O Quadro 2 apresenta o rendimento do mosto, do fermentado alcoólico e da aguardente de mandioca. Após a pesagem de toda a matéria-prima foram encontrados 3,47 kg de mandioca e a partir disso, após o processo de gelificação e hidrólise do amido foram encontrados 6,00 litros de mosto. A fermentação durou um período de 5 dias, em seguida foi realizada a filtragem e obteve-se um rendimento total de 4 litros de fermentado alcoólico o qual foi encaminhado para a destilação. Assim, após a primeira destilação foi obtido um valor de 480mL com teor alcoólico de 40°GL e na segunda destilação foram obtidos 384mL com teor alcoólico de 40°GL, não havendo diferença no teor alcoólico entre a primeira e a segunda destilação.

Quadro 2 – Rendimento do mosto, fermentado alcoólico e da aguardente de mandioca.

		Aguardente mandioca
Matéria-prima (kg)		3,47
Rendimento do mosto (L)		6,00
Fermentado alcoólico	Rendimento total (L)	4,00
	Teor alcoólico (ºGL)	4,90
Primeiro destilado	Rendimento (mL)	480
	Teor alcoólico (ºGL)	40,00
Segundo destilado	Rendimento (mL)	384
	Teor alcoólico (ºGL)	40,00

Fonte: Acervo pessoal, 2023

Legenda: kg: kilo; L: litros; GLº: Gay-Lussac; mL:mililitros

Na primeira destilação foi destilado 4 litros de fermentado alcoólico e obteve-se 480 mL de aguardente com teor alcoólico de 40ºGL. Na segunda destilação, com a separação da fração coração das demais, houve um rendimento de 380 mL com teor alcoólico de 40ºGL. O teor alcoólico da aguardente de mandioca de 40ºGL está de acordo com a legislação brasileira para a Tiquira (36 a 54ºGL) (BRASIL, 2011).

Segundo Cereda e Brito (2016), o rendimento teórico esperado seria de aproximadamente 480 litros de tiquira à 45% (v/v) por tonelada de raiz de mandioca. Assim, o rendimento do experimento (480 mL) foi abaixo do rendimento teórico que seria de 1,66 litros. Santos (2019) obteve resultados similares ao presente estudo com o uso das amilases comerciais, onde a partir de 3,6 kg de mandioca obteve-se 199 mL de destilado com teor alcoólico de 50ºGL. Ao analisar a metodologia, uma das causas a se considerar para o baixo rendimento pode ser o modo como o mosto foi filtrado, cabe então avaliar na literatura outros métodos que sejam mais eficientes.

É importante destacar que a Tiquira produzida tradicionalmente não é bidestilada como a desenvolvida no presente estudo. Segundo Silva *et al.* (2020) a bidestilação proporciona a redução da concentração de metanol das aguardentes.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou que é possível obter uma aguardente de mandioca padronizada e de qualidade a partir da aplicação de tecnologia de fermentação. O uso das enzimas amilolíticas comerciais para a hidrólise do amido de mandioca mostraram ser bastante eficaz. A fermentação alcoólica e a destilação da aguardente ocorreram de forma eficiente e após a verificação das análises físico-químicas do mosto e aguardente pode-se observar que todas as análises apresentaram resultados satisfatórios quanto a Instrução Normativa nº15 de 2011.

Quanto ao baixo rendimento apresentado, pode-se considerar as vantagens apresentadas para a dupla destilação e um dos pontos que podem ser melhorados é busca por metodologias diferentes relacionados a filtração para que ocorra a menor perda possível do mosto.

Apesar de ter encontrado poucos achados na literatura relacionados diretamente à Tiquira, a mesma apresenta potencial para beneficiar os produtores rurais e impulsionar a economia local devido ao seu alto valor agregado, fomentando o desenvolvimento econômico e diversificando a agricultura.

REFÉRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABT, E. *et al.* Occurrence of ethyl carbamate in foods and beverages: review of the formation mechanisms, advances in analytical methods, and mitigation strategies. **Journal of Food Protection**, v. 84, n. 12, p. 2195–2212, 2021.
- AOAC - Official methods of analysis, Washington, 18 ed., 2006.
- ARAÚJO, L. L. **Otimização da produção de amilases recombinantes para hidrólise de amido de mandioca visando produção de etanol.** 2021. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – PPGBiotec - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.
- AYETIGBO, O. *et al.* Comparing characteristics of root, flour and starch of biofortified yellowflesh and white-flesh cassava variants, and sustainability considerations: a review. **Sustainability**, v.10, p. 3089, 2018.
- BASTOS, F. A. **Otimização do processo de produção de Tiquira empregando enzimas comerciais e fungos isolados a partir dos beijus utilizados no método tradicional.** 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013.
- BEZERRA, C. DE S. Caracterização enzimática de *Colletotrichum* spp. isolados de *Paullinia cupana* Kunth. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, 2017.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **PORTARIA Nº 65, DE 23 DE ABRIL DE 2008.** Regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas destiladas: aguardente de melaço, aguardente de cereal, aguardente de vegetal, aguardente de rapadura, aguardente de melado, aguardente de fruta, arac, rum, sochu, tequila, tiquira e uísque. Brasília, DF, 2008.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 15, de 31 de março de 2011.** Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade Para as Bebidas Alcóolicas Destiladas: aguardente de melaço, aguardente de cereal, aguardente de vegetal, aguardente de rapadura, aguardente de melado, aguardente de fruta, arac, rum, sochu, tiquira e uísque. Brasília, DF, 2011.
- CABRAL, M. B. Caracterização físico-química de aguardentes de cana-de açúcar produzidas na região do brejo paraibano. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande, 2019.
- CEREDA, M. P.; BRITO, V. H. S. Tiquira. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blusher, 2016. Cap. 24. p. 470–489.
- COELHO, M. D. **Avaliação da influência de enzimas na produção e composição química e físico-química da aguardente de mandioca “Manihot esculenta” (Tiquira).** TCC, Universidade Federal do Maranhão, 2017.
- CORRADINI, E. *et al.* Estudo Comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15, n. 4, p. 268- 273, 2005.

DEL BEL, V. C. M. **Obtenção e caracterização físico-química e sensorial de fermentado de pêssego.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 50 p., 2016.

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Brasileira. Mandioca (Banco de Imagens), 2023.

ESSELIN, I. Y. E. **Aplicação de amiloglucosidase purificada de *Aspergillus niger* para produção de mosto cervejeiro.** TCC, Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crop statistics of cassava, 2016.

GROXKO, M. Prognóstico Agropecuário - **Mandioca 2021/2022.** v. 13, p. 13, 2022.

IAL - Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tigleia - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras, 2017.

LIMA, T. T. M. et al. Traditional Brazilian fermented foods: cultural and technological aspects. **Journal of Ethnic Foods**, v. 9, n. 1, p. 15, 2022.

MARCIANO, C. L. **Produção e caracterização bioquímica do complexo amilolítico de *Hemicola brevis* var. *Thermoidea* e sua aplicação na sacarificação do amido.** 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Bioquímicas e Biologia Molecular), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2023.

MENEZES, A. G. T. et al. Vodka production from potato (*Solanum tuberosum* L.) using three *Saccharomyces cerevisiae* isolates. **Journal of the Institute of Brewing**, v.122, p. 76–83, 2016.

MILLER, G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar.** Analytical Chemistry, Washington, v. 31, n. 4, p. 426, 1959.

MOUCHERK, C. N. et al. Caracterização química e físico-química de aguardentes de mandioca (*Manihot esculenta* C.) - Tiquira, comercializada no município de São Luís - Maranhão. p. 1–9, **Anais do 35º Congresso Latinoamericano de Química e 61º Congresso Brasileiro de Química**, 2022.

MURICI, N. T. C. **Estudo da hidrólise do amido de milho verde e de batata doce com uso de enzimas amilolíticas para produção de bebida alcoólica destilada.** 51 f. TCC (Graduação) – Curso de Farmácia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

OGBONNA, A.C. et al. Comprehensive genotyping of a Brazilian cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm bank: insights into diversification and domestication. **Theoretical and Applied Genetics**, v.134, p. 1343–1362, 2021.

OLIVEIRA, R. W. S. et al. Determinação espectrofotométrica de Cobre (II) em aguardente de mandioca (Tiquira). **Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas**, v. 49, n. 2, p. 355–373, 2020.

PEIXOTO, I. M. A.; OLIVEIRA, M. D. S. O. **Utilização das enzimas amilolíticas na pecuária leiteira: revisão bibliográfica.** 2022. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Jaboticabal, 2022.

RIBEIRO, D. M. L. et al. Identification and saccharifying activity of wild microbial flora used in the manufacturing of Tiquira. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 6, p. 1949–1960, 2019.

SANTOS, F. M. **Aplicação de enzimas amilolíticas para a produção de aguardente de mandioca.** 2019. 55 f. TCC (Graduação) – Curso de Farmácia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SENA, H. C., et al. Fermentado de mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*): características físico-químicas e sensoriais dos processos de desenvolvimento de bebida alcoólica tipicamente brasileira. **JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil**, p. 338-351, 2016.

SILVA, J. L. A. DA; DANTAS, C. E. A. Fermentado alcoólico de umbu: produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química. **Holos**, v. 2, p. 108–121, 2017.

SILVA, A. P. et al. Composição química de aguardente de cana obtida por diferentes métodos de destilação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. 1–10, 2020.

SOUZA, S. K. A. DE et al. Characterization of cassava production in the Igapó-Açu community, Capitão Poço, Pará, Brazil. **Communications in Plant Sciences**, v. 10, n. 2020, p. 32–36, 2020.

SOUZA, I. A. **Produção de aguardente de mandioca utilizando o fungo Aspergillus oryzae para liquefação e sacarificação do amido.** 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Farmácia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOUZA, I. A. et al. Cassava biomass transformation by *Aspergillus oryzae*. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, p. 37-43, 2016.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. P. **Fermentação alcoólica de raízes tropicais.** In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Coord.). *Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul-americanas*. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, Cap. 19, 2003. p. 530-575.

VIEIRA, E. A. et al. New cassava cultivars for starch and flour production in the Cerrado of Central Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 2, p. 18–21, 2020.

ZHU, F. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 122, p. 456–480, 2015.

ANEXO

CURVA PADRÃO ADNS – 540 nm

Água (mL)	Glicose (mL)	ADNS (mL)	Glicose (mg)	Absorbância (540 nm)
0,8	0,2	2	0,162	0,100
0,6	0,4	2	0,270	0,416
0,4	0,6	2	0,432	0,945
0,2	0,8	2	0,540	1,308

Fonte: Acervo pessoal (2023)

Legenda: mL: mililitros; mg: miligramas; nm: nanômetros;

