



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA
CURSO DE FARMÁCIA**

ISABELA BORGES MEDEIROS

**USO DE ENZIMAS AMIOLÍTICAS PARA A PRODUÇÃO DE AGUARDENTE DE
BATATA DOCE (*IPOMOEA BATATAS*)**

BRASÍLIA, 2023.

ISABELA BORGES MEDEIROS

**USO DE ENZIMAS AMIOLÍTICAS PARA A PRODUÇÃO DE AGUARDENTE DE
BATATA DOCE (*IPOMOEA BATATAS*)**

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

Orientador: Farmacêutica Esp. Marta Oliveira de Araújo

Co-orientador: Prof^a Dra. Daniela Castilho Orsi

BRASÍLIA, 2023.

Borges Medeiros, Isabela
BM488u Uso de enzimas amilolíticas para a produção de aguardente
de batata doce (Ipomoea batatas) / Isabela Borges Medeiros;
orientador Marta Oliveira de Araújo; co-orientador Daniela
Castilho Orsi. -- Brasília, 2023.
36 p.

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

1. Aguardente. 2. Batata-doce. 3. Enzimas amilolíticas.
4. Fermentação alcoólica. 5. Destilação. I. Oliveira de
Araújo, Marta , orient. II. Castilho Orsi, Daniela ,
co-orient. III. Título.

ISABELA BORGES MEDEIROS

**USO DE ENZIMAS AMIOLÍTICAS PARA A PRODUÇÃO DE AGUARDENTE DE
BATATA DOCE (*IPOMOEA BATATAS*)**

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
MARTA OLIVEIRA DE ARAUJO
Data: 23/12/2023 14:56:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

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

Farmacêutico Esp. Bruno Alcântara do Prado
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

Farmacêutica Esp. Rebeca Dias dos Santos
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

BRASÍLIA, 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e estiveram comigo durante a graduação. Este momento é a culminação de esforços e apoios valiosos, sem os quais não seria possível.

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me fortalecer durante toda a caminhada e por todas as oportunidades que apareceram e que pude agarrá-las.

Aos meus pais, Claudia Aparecida e Adriano de Araujo, que me permitiram seguir o caminho dos estudos, por todo amor, cuidado, esforço e por me incentivarem a lutar pelos meus objetivos. Vocês são meu exemplo de honestidade, força e perseverança.

Aos meus irmãos, Guilherme, Luísa e Williamy, cunhados e sobrinho, por todo auxílio em diversos momentos e por essa realização que só foi possível por conta da nossa família.

Ao Zong, que esteve sempre por perto em cada momento, cada adversidade, cada conquista e por incentivar e acreditar no meu melhor. Agradeço por seu companheirismo e paciência que foi, e é, fundamental para que eu continue seguindo em frente, você sabe como é recíproco todo esse cuidado.

A todos os professores que fizeram parte desta caminhada, do meu crescimento profissional e pessoal e que me ensinaram tanto durante todos esses anos. Cada aula, projeto, pesquisa e conversa foi importante para moldar quem sou hoje e a profissional que serei futuramente.

As minhas orientadoras, Marta Oliveira e Daniela Orsi, agradeço por todo aprendizado, pela orientação desta pesquisa, dedicação do seu tempo, paciência, organização e compreensão, foi de suma importância para chegar até aqui.

A todos os amigos que conheci durante a graduação e com quem pude dividir momentos engrandecedores, principalmente Aline Amorim e Isabela Nicole, com quem pude contar sempre que precisei de apoio, suporte e leveza. Obrigada por terem me tirado boas risadas, mas mais que isso, agradeço o ombro amigo nos percalços da graduação e da vida.

A todas as amigas presentes em minha vida, que aplaudem e se fazem presente sempre. Inclusive amigas que fiz durante os estágios da graduação e com quem tanto aprendi, vocês contribuíram muito para o meu desenvolvimento.

Por fim, agradeço imensamente às minhas avós, Adélia e Alzira, que são minhas inspirações e com quem aprendi sobre incontáveis coisas na minha vida, principalmente como ser forte e resiliente.

RESUMO

O cultivo da batata-doce é uma tradição profundamente enraizada no Brasil e tem desempenhado um papel fundamental na alimentação brasileira. Apreciada por sua disponibilidade abundante e custo acessível, é cultivada de pequenos agricultores até grandes empresas agrícolas. Esse estudo teve como objetivo a produção de aguardente da batata doce com uso de enzimas amilolíticas comerciais na etapa de hidrólise do amido. As amilases comerciais foram misturadas com a solução gelificada de batata doce para se obter o mosto, que foi, então, submetido à fermentação alcoólica, usando fermento comercial contendo leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. Após fermentação, o destilado foi obtido por um processo de dupla destilação, com separação das frações cabeça, coração e cauda, ficando somente a fração referente ao coração para as análises químicas. O mosto apresentou teor de sólidos solúveis (SST) de 12,50°Brix e teor de açúcares de 9,19% e após a fermentação, o teor caiu para 5,00°Brix e 0,54% respectivamente, mostrando o consumo dos açúcares pelas leveduras e transformação em etanol. A partir de 4,261 kg de matéria-prima obteve-se 4 L de fermentado alcoólico de batata-doce. Na primeira destilação, foi obtido um volume de 465 mL de destilado com um de teor alcoólico de 27°GL. Após a segunda destilação, o volume passou para 250 mL com um de teor alcoólico de 35°GL. A produção de aguardente a partir de matérias-primas como a batata-doce pode ser benéfica para os produtores rurais, estimulando toda a cadeia produtiva e resultando em um produto de alto valor agregado.

Palavras-Chave: Aguardente; Batata-doce; Enzimas amilolíticas; Fermentação alcoólica; Destilação.

ABSTRACT

The cultivation of sweet potatoes is a deeply rooted tradition in Brazil and has played a fundamental role in Brazilian cuisine. Appreciated for its abundant availability and affordable cost, it is grown by small farmers to large agricultural companies. This study aimed at the production of sweet potato brandy using commercial amylolytic enzymes in the starch hydrolysis stage. The commercial amylases were mixed with the gelatinized sweet potato solution to obtain the mash, which was then subjected to alcoholic fermentation using commercial yeast containing *Saccharomyces cerevisiae*. After fermentation, the distillate was obtained through a double distillation process, with separation of the head, heart, and tail fractions, leaving only the heart fraction for chemical analysis. The mash presented soluble solids content (SSC) of 12.50°Brix and sugar content of 9.19%, and after fermentation, the SSC dropped to 5.00°Brix, and the sugar content dropped to 0.54%, respectively, indicating the consumption of sugars by yeast and transformation into ethanol. From 4.261 kg of raw material, 4 L of sweet potato alcoholic ferment was obtained. In the first distillation, a volume of 465 mL of distillate with an alcohol content of 27°GL was obtained. After the second distillation, the volume decreased to 250 mL with an alcohol content of 35°GL. The production of brandy from raw materials such as sweet potatoes can be beneficial for rural producers, stimulating the entire production chain and resulting in a high-value-added product.

Keywords: Spirit; Sweet Potato; Amylolytic Enzymes; Alcoholic Fermentation; Distillation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diversidade de cores da batata doce de acordo com a casca e a polpa ..	12
Figura 2. Batatas doces de polpas branca, amarela, laranja e roxa A) cruas, B) cozidas em água fervente, C) cozidas em micro-ondas, D) assadas em forno.....	12
Figura 3. Representação esquemática do grânulo de amido	14
Figura 4. Estrutura química do amido.....	15
Figura 5. Representação dos mecanismos de ação das amilases na molécula de amido	16
Figura 6. Raízes de batata doce utilizadas na produção de aguardente.....	24
Figura 7. Destilador de laboratório utilizado no processo.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos da aguardente de cana.....	21
Tabela 2- Limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos da aguardente de cana	21
Tabela 3- Análises físico-químicas da solução de batata doce, do mosto de batata doce e do fermentado alcoólico de batata doce produzido com uso das amilases	26
Tabela 4 - Rendimento dos mostos, dos fermentados alcoólicos e da aguardente de batata-doce	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

α	Alfa
β	Beta
g	Grama
t	Tonelada
há	Hectare
μm	Micrômetro
a.C.	Antes de Cristo
d.C.	Depois de Cristo
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
v	Volume
p	Peso
n ^o	Número
μg	Microgramas
nm	Nanômetro
L	Litro
Kg	Quilograma
mL	Mililitro
mg	Miligrama
min	Minutos
mEq	Miliequivalente
$^{\circ}\text{Bx}$	Grau Brix
$^{\circ}\text{GL}$	Grau Gay-Lussac

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
	2.1 A batata doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	13
	2.2. O amido e as enzimas amilolíticas (amilases)	14
	2.3. Bebidas alcoólicas oriundas de matérias-primas amiláceas	18
	2.4. Produção de bebidas destiladas	20
	2.5. Análises físico-químicas do destilado e parâmetros estabelecidos na legislação	21
3	OBJETIVOS.....	23
	3.1 OBJETIVO GERAL	23
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4	JUSTIFICATIVA.....	24
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
	5.1 Preparo da matéria-prima	25
	5.2 Processo de hidrólise (Liquefação e Sacarificação) do amido com o uso de amilases comerciais	25
	5.3 Fermentação alcoólica e produção das aguardentes	26
	5.4 Análise das aguardentes	26
6	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	27
7	CONCLUSÃO.....	30
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
	ANEXO.....	36

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é originária das Américas Central e do Sul. Esta hortaliça, que floresce em climas tipicamente tropicais e subtropicais, é rústica e tem baixa exigência de cuidados, exibindo notável resistência à seca e adaptabilidade em diversas condições. A batata doce tem grande potencial para aplicações industriais, sendo uma hortaliça com alta concentração de amido (Bach *et al.*, 2021; Escobar-Puentes *et al.*, 2022).

O armazenamento do amido da batata-doce está concentrado nos tubérculos dessa planta. A análise química das raízes da batata-doce, em base úmida, demonstra sua abundância em carboidratos (principalmente amido), com teores variando entre 15 e 26% de amido e 5 e 8% de açúcares redutores (Bach *et al.*, 2021; Oke & Workneh, 2013).

Várias raízes e cereais contendo amido, como arroz, trigo, cevada, batata, batata-doce, milho e mandioca, podem ser usados para processos de fermentação alcoólica (Lee *et al.* 2015). O shochu é uma aguardente tradicional japonesa que pode ser feita de arroz, batata-doce e cevada (Izawa *et al.*, 2014; Okutsu *et al.*, 2015).

Para a produção de bebidas alcoólicas a partir de substratos à base de amido, é necessário o processo de liquefação e sacarificação do amido, gerando maltose, glicose e outros açúcares fermentescíveis, que podem ser transformados em etanol durante o metabolismo de microrganismos como *Saccharomyces cerevisiae*. Diferentes amilases (α -amilase, β -amilase e glicoamilase) podem ser usadas para obter açúcares fermentescíveis a partir do amido para produzir bebidas alcoólicas (Pinaki; Lhakpa; Joginder, 2015).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A batata doce (*Ipomoea batatas*)

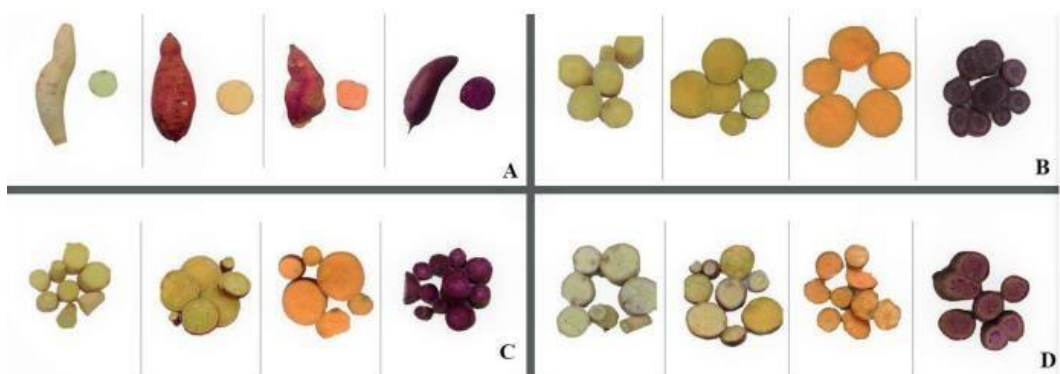
A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), pertencente à família botânica *Convolvulaceae*, é uma hortaliça tuberosa originária das Américas Central e do Sul. Apesar do nome, a batata-doce se distingue da batata – que é um tubérculo, ou caule engrossado – por ser uma raiz de armazenamento (CIP, 2017). A batata-doce tem muitas variedades e apresenta classificação de acordo com as cores, tamanhos, formatos, precocidades, flores e coloração das folhas. A classificação, de acordo com a coloração das raízes, tem como base a cor da polpa e da casca (epiderme), podendo ser batatas-doces de cores brancas, amarelas, laranjas, vermelhas e roxas (Basílio *et al.*, 2022; Sanchez *et al.*, 2020).

FIGURA 1- Diversidade de cores da batata doce de acordo com a casca e a polpa.



Fonte: Sanchez *et al.*, 2019.

FIGURA 2- Batatas doces de polpas branca, amarela, laranja e roxa A) cruas, B) cozidas em água fervente, C) cozidas em micro-ondas, D) assadas em forno



Fonte: Basílio *et al.*, 2022.

Muitas partes da batata-doce podem ser aproveitadas, além da raiz – que é a parte mais consumida em todo o mundo – como a folha e o caule que são ricos em fibra alimentar, cerca de 2,7 g/100 g (INSA, 2019). A batata-doce apresenta destaque entre as tuberosas amiláceas por ter um fácil plantio, com ciclo produtivo curto, crescimento em sistemas agrícolas e, conjunto a isso, um baixo investimento de implementação em campo (Oloniyo *et al.*, 2021).

Por ser um produto de fácil adaptação às mais diversas condições, a batata-doce possui uma grande importância econômica e social, ocupando a posição de sexta maior cultura alimentar do mundo e a quinta cultura alimentar mais essencial nos países em desenvolvimento (depois do arroz, trigo, milho e mandioca) (CIP, 2019). A batata-doce está presente na cultura de diversos países, sobretudo em áreas tropicais e subtropicais, e possui papel fundamental por contribuir com a redução da escassez de alimentos, principalmente em tempos de crise, e por ser um alimento nutricionalmente rico e acessível à população tanto rural, quanto urbana (Galvão *et al.*, 2021).

Ainda que o cultivo da batata-doce esteja expandido por todo o mundo, a Ásia e a África realizam cerca de 85% da produção global (Bach *et al.*, 2021). Esta raiz tuberosa está entre as culturas alimentares mais importantes e versáteis do mundo, com produção anual de 90 milhões de toneladas, sendo a China seu maior produtor e consumidor (FAOSTAT, 2020).

O Brasil conquistou o 15º lugar como produtor mundial de batata-doce, com produtividade média de 14,5 t/ha⁻¹ e é o país com o maior cultivo na América Latina atualmente (FAO, 2021). A batata-doce apresenta destaque de produção nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste do país, nos quais os principais estados produtores são Rio Grande do Sul, São Paulo, Ceará, Paraná, Sergipe, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e Alagoas (Embrapa, 2021).

2.2 O amido e as enzimas amilolíticas (amilases)

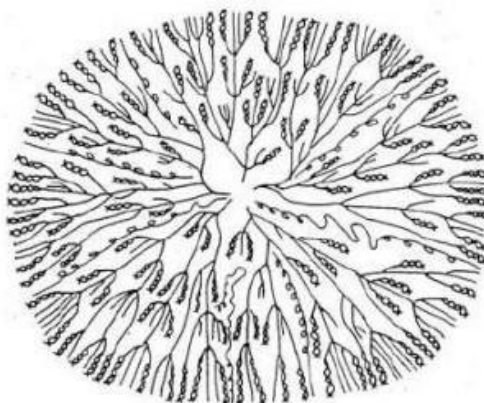
A batata-doce, em base seca, é composta principalmente por carboidratos, sendo o amido seu principal componente (Ginting, Yulifianti, 2015; Mu *et al.*, 2017). Destaca-se um aumento significativo do interesse em identificar fontes de amido com propriedades peculiares e exclusivas, uma vez que os amidos provenientes de diferentes fontes botânicas possuem propriedades e funcionalidades distintas (Wang *et al.*, 2015).

A raiz tuberosa da batata-doce apresenta a maior concentração de amido na planta, chegando a representar até 80% da massa seca. Esse amido é considerado mais complexo em comparação aos amidos de outras plantas (Antonio *et al.*, 2011; Drapal *et al.*, 2019; Luz, 2021). Diversos estudos evidenciaram que os grânulos de amido nativo da batata-doce são predominantemente redondos e poligonais, com um maior número de grânulos predominantemente em um diâmetro volumétrico entre 16 e 20 μm (Zhu, Wang, 2014).

O amido é amplamente reconhecido como o segundo polímero mais abundante na Terra, sendo o principal carboidrato de reserva sintetizado pela maioria das plantas, ficando atrás apenas da celulose. Ele está presente em todos os tecidos vegetais, como raízes, caules, frutos, sementes e folhas (Eliasson, 2004; Pérez *et al.*, 2009).

Os grânulos de amido possuem diâmetro que varia de 2 a 100 μm , apresentando formas tanto irregulares quanto regulares. Sua formação está relacionada ao tamanho, forma e posição do hilo (ponto de crescimento inicial do grânulo). Formado por estruturas semicristalinas, os grânulos desse polímero, são constituídos por macromoléculas lineares e ramificadas dispostas radialmente. Devido à sua organização paralela, ocorrem ligações de hidrogênio entre essas macromoléculas, resultando em regiões cristalinas (Liu, 2005).

FIGURA 3 – Representação esquemática do grânulo de amido

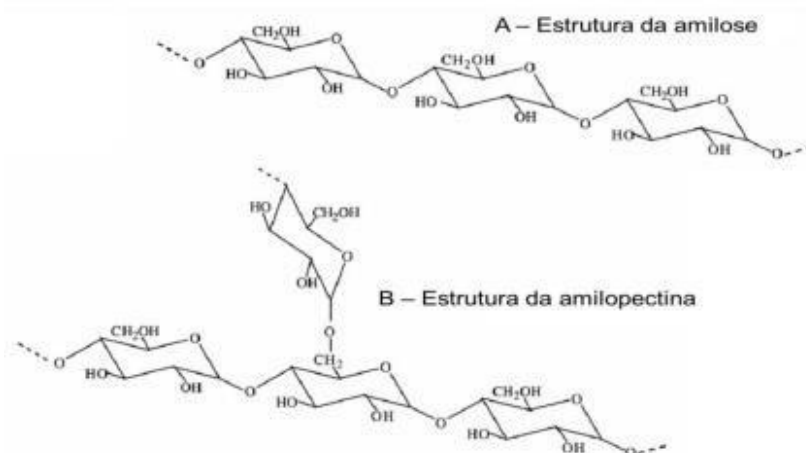


Fonte: Lineback (1986) citado por Feniman (2004).

O amido é um homopolissacarídeo composto por dois polímeros distintos de glicose: amilose e amilopectina, que se diferenciam essencialmente por sua estrutura ramificada. A amilose é um polissacarídeo linear composto por unidades de D-glicose conectadas por ligações glicosídicas α -(1,4). Por outro lado, a amilopectina contém

tanto ligações α -(1,4) quanto ligações α -(1,6), resultando em um arranjo ramificado para esse carboidrato (Cereda, Brito, 2016; Koblitz, 2019).

Figura 4 – Estrutura química do amido. (A) Amilose, cadeia não ramificada de resíduos de D-glicose interligadas por ligações do tipo α (1-4). (B) Amilopectina, polímero ramificado de unidades D-glicose, na cadeia principal as ligações glicosídicas são do tipo α (1-4), nos pontos de ramificações ocorrem as ligações do tipo α (1-6).



Fonte: Souza *et al.* (2010), modificado.

Os grânulos de amido são altamente versáteis e encontram aplicação em diversos setores industriais (Oliveira, 2011). Produtos de batata-doce tem seu processamento comercial variando de acordo com o mercado e a localização. É importante ressaltar que o amido de batata-doce encontra ampla aplicação no setor alimentício, sendo utilizado principalmente na produção de doces, produtos de panificação, polvilho, conservas fermentadas, bebidas funcionais, bebidas alcóolicas, molho de soja, produtos lácteos, entre outros (Mu *et al.*, 2017). Do mesmo modo, pode ser empregado na fabricação de xaropes, bem como na indústria têxtil (Akoetey; Britain; Morawicki, 2017).

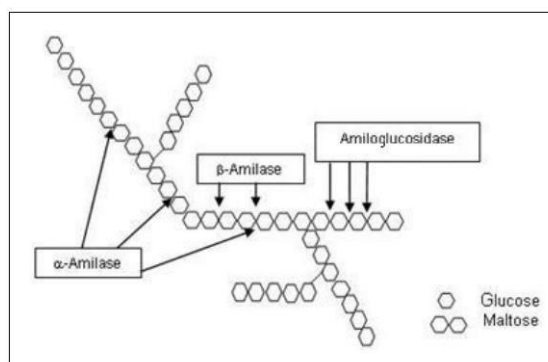
A utilização de enzimas amilolíticas é essencial para quebrar a estrutura do amido e convertê-lo em açúcares menores, em um processo conhecido como sacarificação. Existem seis classes distintas de enzimas, sendo que aquelas capazes de realizar a hidrólise do amido são chamadas de amilases ou enzimas amilolíticas. Essas enzimas são responsáveis por degradar as ligações glicosídicas α -(1-4) e α -(1-6) presentes na amilose e amilopectina. As amilases atuam na decomposição da ligação glicosídica do polissacarídeo, resultando na liberação de dextrinas e,

gradualmente, unidades de glicose (Liu, 2017; Luz, 2021; Mohanan, 2019; Nelson *et al.*, 2014).

As amilases desempenham papéis fundamentais na digestão do amido pelos animais, na degradação do excesso de amido em raízes pelas plantas e como mecanismo utilizado pelos microrganismos para utilizar o amido como fonte de carbono. Existem dois grupos de amilases: as endoamilases, que atuam aleatoriamente no interior da molécula de amido, e as exoamilases, que hidrolisam o amido a partir da extremidade não redutora (Liu, 2017; Luz, 2021; Mohanan, 2019; Nelson *et al.*, 2014).

Ademais, podem ser subdivididas em β -amilases, amiloglucosidases e α -amilases. As β -amilases e amiloglucosidases atuam como exoamilases, enquanto a α -amilase age como uma endoamilase (Pereira, 2015). A Figura 5 ilustra os diferentes mecanismos de ação das amilases na molécula de amido.

Figura 5 – Representação dos mecanismos de ação das amilases na molécula de amido.



Fonte: Spier, 2005.

A α -amilase (EC 3.2.1.1) é uma endoenzima de origem bacteriana ou fúngica que cliva aleatoriamente as ligações glicosídicas α -(1,4) da amilose e da amilopectina, começando pelas extremidades não redutoras. Isso resulta na liberação de dextrinas, α -maltose e algumas unidades de glicose (Oliveira, 2011; Vilhalva *et al.*, 2013).

A amiloglucosidase, também conhecida como glucoamilase (EC 3.2.1.3), é uma exoenzima que atua simultaneamente nas ligações glicosídicas α -(1,4) e α -(1,6) do amido liquefeito. Isso resulta na hidrólise das unidades de D-glicose das extremidades não redutoras do sacarídeo. As glucoamilases são importantes biocatalisadores industriais e são as enzimas mais amplamente vendidas em todo o mundo, depois das proteases (Oliveira, 2011; Villhalva *et al.*, 2013).

A β -amilase (EC 3.2.1.2) é responsável pela hidrólise das ligações α -(1,4) na penúltima posição não redutora, resultando na formação de unidades de maltose (Koblitz, 2019; Oliveira, 2011; Singh; Bajar; Bishnoi, 2014a). O malte de cevada é uma fonte comum de β -amilase. A maltagem e germinação controlada dos grãos de cevada visam o desenvolvimento de amilases que convertem o amido em açúcares fermentáveis (Brunelli, Mansano, Venturini Filho, 2014). Do mesmo modo que a amiloglicosidase, a β -amilase é uma exoenzima que confere um sabor doce às preparações, sendo ambas conhecidas como enzimas de sacarificação (Koblitz, 2019).

A sacarificação é o passo inicial do processo biotecnológico de materiais amiláceos. É um processo hidrolítico em que uma molécula complexa de carboidrato é convertida em açúcares simples por meio de tratamento com ácidos fortes e aquecimento ou enzimas. Essa transformação permite a obtenção de açúcares fermentáveis e pode ser realizada usando ácidos, maltagem, microrganismos sacarificantes ou enzimas de origem microbiana. A escolha do método depende do produto desejado, do rendimento de sacarificação (quantidade de açúcares obtidos) e do custo de aplicação (Lima, 2019).

Os microrganismos são uma valiosa fonte de produção enzimática para aplicações industriais. As enzimas amilolíticas utilizadas comercialmente são obtidas principalmente de microrganismos, como fungos, leveduras e bactérias. Especificamente, as espécies de *Aspergillus* e *Bacillus* são responsáveis pela produção da maioria das amiloglicosidases e α -amilases (Pandey *et al.*, 2005). Os fungos são especialmente capazes de gerar produtos benéficos para a indústria. Através de processos fermentativos, eles sintetizam enzimas com alta produção, grande variabilidade, custos inferiores e estabilidade de armazenamento (Campos *et al.*, 2017).

2.3 Bebidas alcoólicas oriundas de matérias-primas amiláceas

No Brasil, o consumo de bebidas alcoólicas seguiu uma evolução semelhante a outras regiões do mundo. Segundo Acselrad (2014), o álcool já era utilizado antes da chegada dos portugueses em 1500 d.C. Grupos étnicos da região amazônica, como os Guarani e Tupinambá, produziam bebidas alcoólicas fermentadas, como caxiri e cauim (também conhecido como massato ou caracu), feitas a partir da mastigação de grãos de milho e raízes como mandioca. Essas bebidas especiais eram

consumidas em cerimônias religiosas tribais (Panda, 2019). Destaca-se que o continente asiático, especialmente o Japão, é um grande consumidor de bebidas alcoólicas destiladas à base de batata-doce como o "Shochu" (Sato *et al.*, 2018; Takamine, 2019).

O processamento da aguardente oriunda de matérias-primas amiláceas requer as seguintes etapas essenciais: gelatinização do amido, seguida de liquefação e sacarificação, fermentação alcoólica e destilação. A conversão do amido em açúcares simples é crucial, pois as leveduras utilizadas na fermentação alcoólica, como a *Saccharomyces cerevisiae*, não possuem enzimas amilolíticas (Cereda, Brito, 2016; Souza *et al.*, 2016; Vilhalva *et al.*, 2013).

Para facilitar a ação das amilases sobre o amido, é realizado o processo de gelificação (ou gelatinização) do amido em água quente. Quando submetido ao aquecimento na presença de água, o amido forma géis estáveis. A gelatinização do amido ocorre quando os grânulos são aquecidos em água a uma temperatura específica para cada tipo de amido, geralmente variando de 68 a 74°C. Durante esse processo, as pontes de hidrogênio que mantêm a estrutura da amilose e amilopectina nos grânulos são quebradas, permitindo que a água penetre e forme um gel translúcido. O processo de gelatinização torna o amido mais acessível às enzimas (Rizzolo, 2014; Singh *et al.*, 2014b).

Após a gelatinização do amido, ocorre a etapa de liquefação. O material gomificado é aquecido gradualmente, na presença de enzimas α -amilases. A temperatura é elevada de forma progressiva, por exemplo, a uma taxa de 1,5 °C por minuto, até atingir um valor adequado, onde é mantida por um período para permitir a liquefação. A temperatura final de aquecimento e o tempo de residência são elementos cruciais para o rendimento da operação e a qualidade do produto desejado, ressaltando que existem enzimas sensíveis ao calor (termossensíveis) e enzimas resistentes ao calor (termorresistentes) (Lima, 2019).

A próxima etapa é a sacarificação do amido, um processo de hidrólise no qual o polissacarídeo é convertido em açúcares fermentáveis, principalmente monossacarídeos e dissacarídeos. Embora possa ser realizada por meio de processos químicos, como o uso de ácidos em alta concentração, o método mais vantajoso atualmente é o uso de enzimas. As enzimas são mais seletivas e permitem obter um produto mais padronizado. A interação entre a enzima e o substrato é

altamente específica, o que torna a reação bioquímica resultante única e singular (Caresani, 2020).

Na indústria de bebidas, a aguardente se destaca representando um importante produto do agronegócio brasileiro. No entanto, são as vantagens econômicas e ambientais do cultivo da batata-doce que mais chamam a atenção na produção do álcool. A batata-doce requer um cultivo de baixa exigência, com dois ciclos anuais, podendo ser cultivada em áreas degradadas e apresentando alto teor de amido. A combinação dos baixos custos de produção da batata-doce com o desenvolvimento de variedades de alta produtividade, aliados a um processo microbiano adequado, torna a produção de etanol a partir da batata-doce competitiva em relação à produção a partir do milho (Afzal *et al.*, 2021; Bach *et al.*, 2021).

2.4 Produção de bebidas destiladas

Destilação é um procedimento que envolve o aquecimento de líquidos para torná-los voláteis e, em seguida, a condensação desses vapores (Seader, Henley, Roper, 2011). As bebidas destiladas são aquelas produzidas através da fermentação e, posteriormente, destilação. O método de destilação resulta em bebidas com um teor alcoólico elevado e dentro dessa categoria estão incluídas as bebidas como cachaça, aguardente, uísque, conhaque, rum e tequila (Antunes, 2014).

A destilação simples é uma operação utilizada para obter bebidas destiladas, em que os vapores gerados pelo aquecimento permanecem em equilíbrio e em contato direto com o líquido gerador, mas devido à separação das fases, não retornam ao líquido original. Na prática, a destilação simples é realizada em alambiques simples, que consistem em um único recipiente para a produção de aguardente. Muitas vezes, o destilado resultante dessa operação possui uma baixa concentração de álcool, e para que atinja um teor mais elevado, é necessário realizar destilações adicionais (Moraes, 2021).

Para bebidas destiladas, é recomendada a separação de uma fração inicial chamada de "cabeça", que corresponde a 5-10% do volume total teórico do produto obtido por destilação. Essa fração é geralmente descartada devido à presença de vários componentes indesejáveis, como ésteres, aldeídos, acetaldeídos, metanol, acetato de etila e outros compostos voláteis, que apresentam aromas e álcoois diferentes do etanol (Filho, 2016).

Em seguida, é separada a fração rica em etanol, contendo uma menor proporção dos componentes mais leves (cabeça), além de álcoois superiores, ácidos voláteis e outros produtos secundários formados durante a fermentação ou no próprio processo de destilação. Essa fração intermediária, conhecida como "coração", representa aproximadamente 80% do volume do destilado. Por conter a menor quantidade de substâncias indesejáveis, é considerada a melhor fração do destilado (Filho, 2016).

Por fim, é retirada a fração chamada de "cauda", correspondente a cerca de 10% do volume total e final do destilado. Essa fração é composta por produtos mais pesados e menos voláteis que o etanol e com maior afinidade pela água. Ela contém compostos indesejáveis, como furfural, ácido acético, álcoois superiores e outros. Essa é a última porção destilada e geralmente descartada. A decisão de encerrar a destilação é determinada por vários parâmetros, incluindo a qualidade da fermentação, do processo de destilação, além de análises do destilado (Filho, 2016).

2.5 Análises físico-químicas do destilado e parâmetros estabelecidos na legislação

A aguardente é uma bebida alcoólica com um teor de álcool que varia entre 38 e 54% em volume. Ela é produzida através da destilação do mosto fermentado. A aguardente recebe a denominação da matéria-prima utilizada em sua origem (Brasil, 2009).

Além do álcool etílico e do dióxido de carbono, a fermentação alcoólica também resulta na formação de outros componentes em pequenas proporções, conhecidos como produtos secundários. Os exemplos desses produtos incluem o metanol, ácidos carboxílicos, ésteres, aldeídos e álcoois superiores (Bastos, 2013).

A legislação brasileira tem como objetivo regular a influência de cada elemento na qualidade da bebida e na proteção da saúde pública (Brasil, 2011). Para verificar os níveis estabelecidos, são realizadas análises físico-químicas. A qualidade de uma aguardente está diretamente relacionada à satisfação sensorial dos consumidores e ao cumprimento das exigências legais em relação à sua composição (Souza *et al.*, 2016). Portanto, estabelecer limites de composição é importante para o Brasil, que é um grande produtor de cachaça e investe em ações para exportar sua bebida típica, ao mesmo tempo em que preserva a saúde dos consumidores (Moraes, 2021). As

tabelas 1 e 2 apresentam os parâmetros físico-químicos e limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos da aguardente estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2022).

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da aguardente de cana

Parâmetro	Min	Máx
Graduação alcóolica, expressa em %, em v/v, a 20,0 °C	38,0	54,0
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100 mL de álcool anidro	-	150
Ésteres totais, expresso em acetato de etila, em mg/100 mL de álcool anidro	-	200
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100 mL de álcool anidro	-	30
Soma de Furfural e Hidroximetilfurfural, em mg/100 mL de álcool anidro	-	5
Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol), isoamílico (2-metil-1-butanol e 3 metil-1-butanol) e n-propílico (1-propanol), em mg/100 mL de álcool anidro	-	360
Coeficiente de congêneres, em mg/100 mL de álcool anidro	200	650
Compostos fenólicos totais (para aguardente de cana envelhecida)	presente	
Açúcares totais (para aguardente de cana), em g/L (expressos em glicose)	-	≤ 6,0
Açúcares totais (para aguardente de cana adoçada), em g/L (expressos em glicose)	> 6,0	< 30

Fonte: BRASIL, Portaria MAPA Nº 539, 2022.

Tabela 2: Limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos da aguardente de cana

Parâmetro	Máx
Álcool metílico (metanol), em mg/100 mL de álcool anidro	20
Carbamato de etila, em µg/L	210
Acroleína (2-propenal), em mg/100 mL de álcool anidro	5
Álcool sec-butílico (2-butanol), em mg/100 mL de álcool anidro	10
Álcool n-butílico (1-butanol), em mg/100 mL de álcool anidro	3
Cobre, em mg/L	5,0

Fonte: BRASIL, Portaria MAPA Nº 539, 2022.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Esse estudo teve como objetivo a produção de aguardente da batata doce com uso de enzimas amilolíticas comerciais na etapa de hidrólise do amido.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a hidrólise do amido de batata doce com uso de enzimas amilolíticas comerciais;
- Realizar a fermentação alcoólica dos mostos e a destilação das aguardentes;
- Realizar as análises físico-químicas dos mostos e aguardentes.

4 JUSTIFICATIVA

A batata-doce é amplamente cultivada em diversas regiões do Brasil, destacando-se pela abundante produção de biomassa devido ao seu alto teor de carboidratos. A quantidade significativa de amido aumenta seu potencial como fonte para a produção de etanol, sendo capaz de produzir duas a três vezes mais etanol que o milho, aproximando-se dos níveis de produção da cana-de-açúcar, além de ser uma alternativa econômica em comparação com outros tubérculos (Risso, 2014).

Associando a disponibilidade abundante e o baixo custo dessa matéria-prima com o conhecimento sobre a hidrólise enzimática do amido em açúcares fermentáveis, é possível realizar a transformação da batata-doce em bebidas destiladas. Segundo a ABIA (Associação Brasileira da Indústria de Alimentação, 2019), o faturamento do comércio de bebidas atingiu R\$ 127,70 bilhões em 2018, o que corresponde a aproximadamente 1,87% do PIB brasileiro daquele ano.

Contudo, a fabricação de bebidas alcoólicas destiladas requer a aplicação de tecnologia de fermentação. Especialmente no mercado de aguardentes de qualidade, a legislação está cada vez mais exigente, determinando práticas rigorosas para garantir um produto padronizado e de alta qualidade. A produção de aguardente a partir de matérias-primas como a batata-doce pode ser benéfica para os produtores rurais, estimulando toda a cadeia produtiva e resultando em um produto de alto valor agregado. O fortalecimento desse grupo de agricultores é essencial, e a diversificação e transformação de produtos, juntamente com o aproveitamento de coprodutos e a adoção de estratégias diferenciadas de comercialização, podem ser alternativas viáveis.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Preparo da matéria-prima

As raízes de batata doce (cultivar Brazlândia Roxa) foram obtidas em supermercados locais da cidade de Brasília no período de fevereiro de 2023. No laboratório, as matérias primas foram sanitizadas em hipoclorito de sódio e lavadas em água corrente antes do uso. Para o preparo da solução de batata doce a ser hidrolisada, a batata doce (4,261 kg) foi cozida em micro-ondas por volta de 7 minutos, descascada e então, na proporção de 1:1 (p/v) foi adicionado água e batata-doce e essa mistura foi triturada com uso de liquidificador.

Figura 6 – Raízes de batata doce utilizadas na produção de aguardente.



Fonte: Autoria própria, 2023.

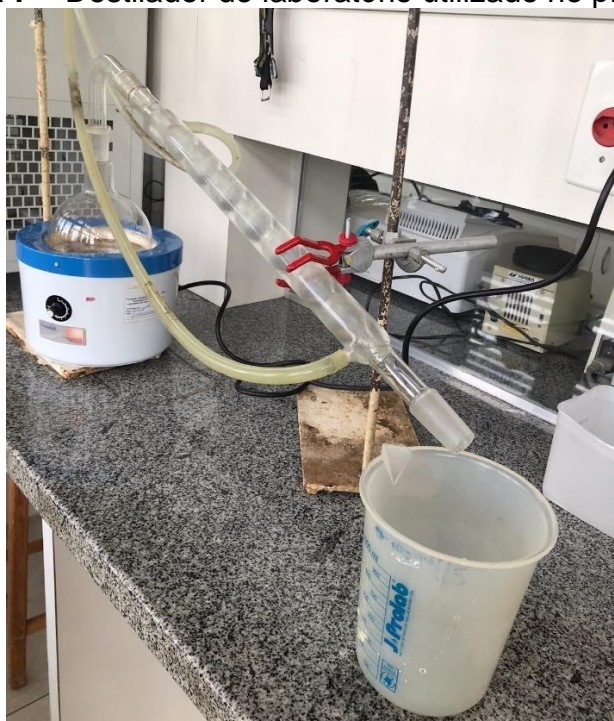
5.2 Processo de hidrólise (liquefação e sacarificação) do amido com uso de amilases comerciais

Para o processo de hidrólise do amido, na solução de batata doce gelificada houve a adição de 1,5 mL de α -amilase bacteriana (SIGMA) e 1,0 mL de amiloglicosidase (SIGMA). As misturas foram mantidas sob agitação por 30 minutos a temperaturas de 45-90°C para a ação das amilases. Concluída a etapa de liquefação e sacarificação, o mosto seguiu para a etapa de fermentação alcoólica.

5.3 Fermentação alcoólica e produção das aguardentes

Após adição de 1 g de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, para cada litro do mosto, os fermentadores foram incubados em temperatura ambiente por 3 dias. O líquido fermentado passou por filtração para remoção do bagaço e foi destilado em um destilador de laboratório. Durante a destilação foram separadas as frações de cabeça, coração e cauda. As frações de cabeça e cauda foram descartadas, ficando somente a fração referente ao coração. A aguardente foi então armazenada em garrafas de vidro e, posteriormente, foram feitas as análises químicas.

Figura 7 – Destilador do laboratório utilizado no processo.



Fonte: Autoria própria, 2023.

5.4 Análises das aguardentes

A leitura do pH e do teor de sólidos solúveis (grau Brix) foram feitas por pHmetro digital e refratômetro de bancada, respectivamente. Os açúcares redutores, por sua vez, foram determinados pelo método do ADNS ou ácido 3-5 dinitrossalicílico (Miller, 1959). O grau alcoólico foi determinado com uso de alcoômetro de Gay-Lussac, colocado diretamente em volume de destilado a 20°C (IAL, 1985). E as análises de furfural, metanol, aldeídos, ésteres e álcoois superiores foram determinadas por cromatografia gasosa (Bortoletto & Alcarde, 2013).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta as análises físico-químicas da solução, do mosto e do fermentado alcoólico de batata doce. O pH do mosto foi de 5,99. Em geral, o pH ideal para a produção de etanol por leveduras comerciais situa-se na faixa de 4 a 5 (Alcarde, 2021). O pH do fermentado alcoólico de batata doce foi de 4,23 e ocorreu diminuição do pH em relação ao mosto pela produção de ácidos orgânicos durante a fermentação alcoólica. O pH mais ácido impede o desenvolvimento de bactérias contaminantes que podem causar deterioração e gerar sabores e odores desagradáveis no fermentado alcoólico (Alcarde, 2021).

Tabela 3 – Análises físico-químicas da solução de batata doce, do mosto de batata doce e do fermentado alcoólico de batata doce produzido com uso das amilases

Análises	Batata doce	Mosto de batata doce	Fermentado alcoólico
pH	6,13 ± 0,00	5,99 ± 0,00	4,23 ± 0,00
Acidez Total (mEq/L)	--	--	56,67 ± 8,02
Sólidos solúveis (°Brix)	8,00 ± 0,00	12,50 ± 0,00	5,00 ± 0,00
Açúcares redutores (%)	7,99 ± 0,26	9,19 ± 0,01	0,54 ± 0,35

Fonte: Autoria própria, 2023

Nota: Os resultados são apresentados como médias ± desvio padrão de três medições.

Estudos na literatura de fermentados alcoólicos de frutas apresentaram valores de pH de 3,35 no fermentado de abacaxi (Diniz, 2017), 3,49 no fermentado de manga (Fonseca *et al.*, 2020) e 2,99-3,21 no fermentado de maracujá da caatinga (Santos *et al.*, 2021).

A acidez total do fermentado alcoólico de batata doce foi de 56,67 mEq/L e ficou dentro do permitido pela legislação brasileira para bebidas alcoólicas fermentadas (50-130 mEq/L) (Brasil, 2008). Durante a fermentação, é crucial evitar a aeração do mosto, pois o aumento de oxigênio pode levar a contaminação com bactérias acéticas que aumentam a produção de ácido acético. Assim, após a fermentação, a destilação deve ser realizada rapidamente para prevenir a proliferação de bactérias acéticas, que contribuem para o aumento da acidez (Almeida *et al.*, 2020).

Dantas e Silva (2017) obtiveram 45,50 meq/L de acidez total no fermentado alcoólico de umbu, enquanto Fonseca *et al.* (2020) e Santos *et al.* (2021) relataram resultados de acidez total mais elevados em fermentados de manga (143,00 meq/L) e maracujá da Caatinga (429,86-527,50 meq/L). Nos fermentados alcoólicos de frutas

deve-se considerar que uma elevada acidez total pode ser decorrente dos ácidos orgânicos presentes em elevadas quantidades nessas frutas e não necessariamente do resultado de contaminação acética desses fermentados.

O mosto, obtido após hidrólise pelas amilases do amido de batata-doce, apresentou teor de sólidos solúveis (SST) de 12,50°Brix e teor de açúcares de 9,19%. O mosto foi, então, submetido a fermentação alcoólica, usando fermento comercial contendo leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e após a fermentação, o teor de SST caiu para 5,00°Brix e o teor de açúcares caiu para 0,54%, mostrando o consumo dos açúcares pelas leveduras e transformação em etanol.

Estudos na literatura de fermentados alcoólicos de frutas apresentaram valores de SST de 3,0-5,0°Brix no fermentado de melão (Bessa *et al.*, 2018) e 7,5°Brix no fermentado de mangaba (Almeida *et al.*, 2020). Em relação ao teor de açúcares, Dantas e Silva (2017) obtiveram 2,26% de açúcares em fermentado de umbu e Diniz (2017) obtiveram 4,40% de açúcares em fermentado de abacaxi. O teor de açúcar dos fermentados de frutas permite a classificação em seco (máx. 0,30%) e doce ou suave (mín. 0,31%) (Brasil, 2019).

A Tabela 4 apresenta o rendimento dos mostos, dos fermentados alcoólicos e da aguardente de batata-doce. A partir de 4,261 kg de matéria-prima foi possível obter 6 L de mosto e 4 L de fermentado alcoólico de batata-doce.

Tabela 4 – Rendimento dos mostos, dos fermentados alcoólicos e da aguardente de batata-doce

Aguardente (Batata-doce)		
	Matéria-prima (kg)	4,26
	Rendimento do mosto (L)	6
Fermentado alcoólico	Rendimento (L)	4
	Teor alcoólico (°GL)	7,5
Primeiro destilado	Rendimento (mL)	465
	Teor alcoólico (°GL)	27
Segundo destilado	Rendimento (mL)	250
	Teor alcoólico (°GL)	35

Fonte: Autoria própria, 2023.

Na primeira destilação, foi obtido um volume de 465 mL de destilado com um teor alcoólico de 27°GL. Após a segunda destilação, o volume passou a ser de 250 mL de aguardente com um teor alcoólico de 35°GL. Pereira (2023) produziu uma aguardente de caju, onde foi possível observar que a fração coração obteve 37°GL, valor próximo ao obtido nesse estudo.

7 CONCLUSÃO

A utilização da batata-doce como substrato para a produção de aguardente foi válida. As amilases comerciais comprovaram ser uma metodologia eficiente para a hidrólise do amido em açúcares. Posteriormente a fermentação alcoólica mostrou-se bem-sucedida, com a transformação do açúcar em etanol, visto a diminuição tanto dos sólidos solúveis quanto dos açúcares redutores decorrentes da ação das leveduras. Além disso, o método se mostrou eficaz na redução de compostos indesejáveis, como mostra os resultados obtidos por meio da cromatografia gasosa. Entretanto, a adequação da metodologia ainda é necessária para alcançar uma aguardente de batata-doce com maior rendimento e maior grau alcoólico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA. **Associação Brasileira da Indústria de Alimentos**. Números do Setor – Faturamento. 2019. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2018.pdf> Acesso em: 15 Jun 2023
- ACSELRAD, G. (Org.) Consumo do Alcool no Brasil. **Série Caderno Flacso do Brasil**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível: <http://flacso.redelivre.org.br/files/2015/03/58N12-GilbertaAcserlrad.pdf>.
- AFZAL, N. *et al.* Benefits and trade-offs of smallholder sweet potato cultivation as a pathway toward achieving the sustainable development goals. **Sustainability**, v.13, n. 2, 2021.
- AKOETHEY, W.; BRITAIN, M. M.; MORAWICKI, R. O. Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 5, 2017.
- ALCARDE, A. R. Fermentação. In: Cana. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar/tratamento-do-caldo/fermentacao>
- ANTONIO, G. C.; TAKEITI, C. Y.; DE OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. Sweet potato: 91 production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, v. 5, n. 2, p. 1- 18, 2011.
- ANTUNES, J.C.S. **O consumo de bebidas alcoólicas: Um fator de risco para além do alcoolismo**. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Educação. 2014.
- ALMEIDA, F. L. C. *et al.* Estudo do processo fermentativo de bebidas alcoólicas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Holos**, v. 3, 2020.
- BACH D. *et al.* Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.): a versatile raw material for the food industry. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 64, 2021.
- BASÍLIO, L. S. P. *et al.* Pluralidade da batata-doce do campo à mesa: uma revisão narrativa. **Open Science Research I**, p. 174-190, 2022.
- BASTOS, F. A. **Otimização do processo de produção de Tiquira empregando enzimas comerciais e fungos isolados a partir dos beijos utilizados no método tradicional**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013.
- BESSA, M. A. D. *et al.* Bebida alcoólica fermentada de melão (*Cucumis melo* L.): processamento e caracterização. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.
- BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. **Food Chemistry**, v.139, p.695-701, 2013.
- 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. Decreto nº 6871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 2009.
- 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 Alcoólicas 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.

BRASIL. Norma Interna DIPOV/SDA Nº 01, de 24 de Janeiro de 2019. Consolidação das Normas de Bebidas, Fermentado Acético, Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. Brasília, 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria mapa nº 539, de 26 de dezembro de 2022, que estabelece os Padrões de identidade e Qualidade da aguardente de cana e da cachaça. Diário Oficial da União, Brasília- DF, 2022.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 19-27, 2014.

CAMPOS, C. F. A. *et al.* Enzimas fúngicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. **Revista Desafios**, v. 4, n. 2, p. 35-53, 2017.

CARESANI, J. R. F. **Amilases encapsuladas em sílicas híbridas: avaliação em testes de sacarificação de amido**. 2020. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

CEREDA, M. P.; BRITO, V. H. S. Tiquira. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher. Cap. 24. p. 469-487. (Bebidas vol. 1). 2016.

CIP. **International Potato Center**. 2017. Disponível em: <https://cipotato.org/sweetpotato/sweetpotato-facts-and-figures/>. Acesso em: 01 Mai 2023.

CIP. **International Potato Center**. Institutional Brochure. Lima (Peru). 4 p. 2019.

DANTAS, C. E. A.; SILVA, J. L. A. Fermentado alcoólico de umbu: produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química. **Holos**, v. 02, 2017

DINIZ, M. P. F. **Aproveitamento da casca de abacaxi no preparo de fermentado alcoólico**. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, 2017.

DRAPAL, M. *et al.* Metabolic diversity in sweet potato (*Ipomoea batatas*, Lam.) leaves and storage roots. **Horticulture Research**, v. 6, n. 1, 2019.

ELIASSON, A. C. **Starch in food: structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de Produção de Batata-Doce. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata-doce/cultivares>. Acesso em: 02 Mai 2023.

ESCOBAR-PUENTES, A. A. *et al.* Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) phenotypes: from agroindustry to health effects. **Foods**, v. 11, p. 10582022.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED ATIONS. Sweet Potato Data. 2021. Acesso: 07 Mai 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.

FAOSTAT. Statistics division. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2020.

FILHO, W. G. V. **Bebidas Alcoólicas - Ciência e Tecnologia** - Vol. 1. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

FONSECA, A. A. O. *et al.* Produção, caracterização e avaliação sensorial de fermentado alcoólico de manga (*Mangifera indica* L.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 46176-46192, 2020.

GALVÃO, A. C. *et al.* Nutraceutical content and daily value contribution of sweet potato accessions for the European market. **Horticulturae**, v. 7, n. 2, p. 23, 2021.

GINTING, E.; YULIFIANTI, R.: Characteristics of noodle prepared from Orange-fleshed sweet potato and domestic wheat flour. **Procedia Food Science**, n. 3, p. 289-302, 2015.

INSA. **Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge**. Tabela da Composição de Alimentos (TCA). 2019. Disponível em: [INSA.pt](https://insa.pt). Acesso em: 01 Mai 2023.

IZAWA, H., SATO, T., FUJITA, S. Storage conditions and screening of koji molds for starch hydrolysis in dried unripe apple pulp. **Food Science and Technology Research**, v. 20, n. 6, p. 1267-1270, 2014.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 312 p.

LEE, J. Y. *et al.* Direct utilization of purple sweet potato by sake yeasts to produce an anthocyanin-rich alcoholic beverage. **Biotechnology Letters**, v.37, n. 7, p. 1439–1445, 2015.

LIMA, U. A. *et al.* **Biotecnologia Industrial 3- Processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Blucher, p. 75, 2019.

LIU, Q. **Understanding Starches and Their Role in Foods**. Food Carbohydrates. Chemistry, Physical Properties and Applications, p. 309-355, 2005.

LIU, S. **Enzymes**. In: Bioprocess Engineering. 2 ed. Elsevier, 2017, p. 297-393.

LUZ, F.S. **O malte de cevada como fonte de amilases: hidrólise dos amidos de mandioca e batata-doce e fermentação alcoólica dos mostos obtidos**. 95 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Química - Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR. 2021

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MOHANAN, N.; SATYANARAYANA, T. **Amylases**. Encyclopedia of Microbiology, v. 1, p. 107-126, 2019.

MORAES, I. O. **Coleção Biotecnologia Industrial**, Volume 4 – Biotecnologia na produção de alimentos, 2a edição, p 158. 2021.

MU, T. *et al.* **Sweet potato processing technology**. Academic Press, 446p., 2017.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2014.

OKE, M. O., WORKNEH, T. S. Review on sweet potato postharvest processing and preservation technology. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 40, p. 4990-5003, 2013.

OKUTSU, K. *et al.* Effects of the cultivation period of sweet potato on the sensory quality of imo-shochu, a Japanese traditional spirit. **Journal of the Institute of Brewing**, v. p. 122, 168–174, 2016.

OLIVEIRA, D. C. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OLONIYO, R. O.; OMOBA, O. S.; AWOLU, O. O.; OLAGUNJU, A. I. Orange-fleshed sweet potatoes composite bread: A good carrier of beta (β)-carotene and antioxidant properties. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, n. 3, 2021.

PANDA, S. K.: **Technology for wine and beer production from *Ipomoea batatas***. CRC Press, Taylor & Francis Group, 214 p., 2019.

PANDEY, A. *et al.* **Enzyme Technology**. New Delhi: Asiatech Publishers, Inc, 2005. 760 p.

PEREIRA, G. M. **Aspectos da produção e análise da aguardente de Caju**. 2023. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2023.

PEREIRA, C.R. **Produção de amilases por *Aspergillus niger*: Potencial de aplicação na hidrólise do amido granular da batata doce**. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioenergia, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

PINAKI, D., LHAKPA, W., JOGINDER, S. Simultaneous saccharification and fermentation (SSF), an efficient process for bio-ethanol production: an overview. **Biosciences, Biotechnology Research Asia**, v.12, n. 1, p. 87-100, 2015.

RISSO, R. **Etanol de batata-doce: otimização do pré-processamento da matéria-prima e da hidrólise enzimática**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

RIZZOLO, J. A. **Estudos para o aproveitamento biotecnológico de variedades de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] na fermentação alcoólica para a produção de etanol combustível e aguardente**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2014.

SANCHEZ, P. D. C. *et al.* Applications of imaging and spectroscopy techniques for non-destructive quality evaluation of potatoes and sweet potatoes: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 208–221, 2020.

SANTOS, R. T. S. *et al.* Physicochemical characterization, bioactive compounds, *in vitro* antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). **LWT – Food Science and Technology**, v. 148, 2021.

SATO, Y. *et al.* Enhancing monoterpene alcohols in sweet potato shochu using the diglycoside-specific β -primeverosidase. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 125, n. 2, p. 218-223, 2018.

SEADER, J. D.; HENLEY, E. J.; ROPER, D. K. **Separation process principles: chemical and biochemical operations**. 3. Ed., John Wiley & Sons, 2011.

SINGH, A.; BAJAR, S.; BISHNOI, N. Enzymatic hydrolysis of microwave alkali pretreated rice husk for ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*, *Scheffersomyces stipitis* and their co-culture. **Fuel**, p. 699–702, 2014a.

SINGH, S. *et al.* Production of fungal amylases using cheap, readily available agriresidues, for potential application in textile industry. **BioMed Research International**, v. 2014, n. 8, p. 1–9, 2014b

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

SOUZA, P. M.; MAGALHÃES, P. O. Application of microbial α -amylase in industry - A review. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, n.4, p. 850-861, 2010.

SPIER, M.R. **Produção de enzimas amilolíticas fúngicas α -amilase e amiloglucosidase por fermentação em estado sólido**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós- Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

TAKAMINE, K.: **Sweet potato fermentation food (sweet potato shochu)**. Em: Sweet potato: Chemistry, processing and Nutrition, Academic Press, p. 325-347, 2019.

VILHALVA, D. A. A. *et al.* Produção de aguardente a partir de resíduo de fecularia de mandioca. **Revista Interciência**, v. 38, n. 11, 2013.

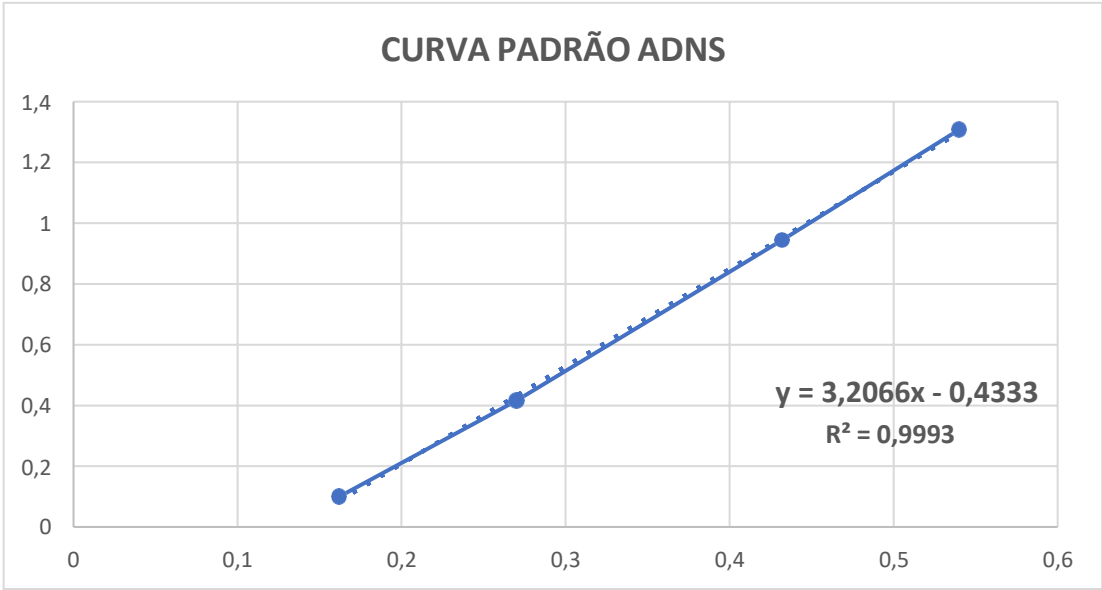
WANG, S. *et al.* Molecular order and functional properties of starches from three waxy wheat varieties grown in China. **Food Chemistry**, v. 181, p.43-50, 2015.

ZHU, F.; WANG, S. Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweet potato starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 36, p. 68-78, 2014.

ANEXO

Anexo 1- 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: Autoria própria, 2023.