



FACULDADE DE VETERINÁRIA

Departamento de Produção Animal e Tecnologia de Alimentos

Secção de Tecnologia de Alimentos

Curso: Licenciatura em Ciência e Tecnologia de Alimentos

TRABALHO DE CULMINAÇÃO DE ESTUDOS

Tema: Determinação do teor de carotenoides totais em doze genótipos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) e sua variação durante a cocção.

Estudante:

Adriano Jaime Adriano Rafael

Supervisor:

Prof^o. Doutor Lucas Daniel Tivana

Co-supervisora:

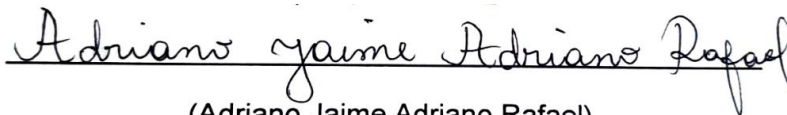
Mestre Osvalda Guambe

Maputo, Maio de 2023

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Adriano Jaime Adriano Rafael** declaro por minha honra que o presente trabalho de culminação de estudos é fruto de investigação por mim realizado para obtenção do grau de licenciatura em **Ciência e Tecnologia de Alimentos** sob as orientações dos meus supervisores, e, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente referidas no texto e nas referências bibliográficas. Da mesma forma, declaro que este trabalho de pesquisa nunca não foi apresentado parcial ou totalmente em nenhuma instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, Maio de 2023



(Adriano Jaime Adriano Rafael)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS o Senhor todo poderoso por me proteger e me manter vivo até hoje! Em paralelo agradeço aos meus pais biológicos, o senhor Jaime Adriano Rafael Mulimia e a senhora Maulida Simões por me terem trazido ao mundo, pela educação e ensinamentos a mim dados. De igual modo agradeço aos meus tios que também os considero meus pais, o senhor Jó Victor Alberto e a senhora Halima Simango por me terem acolhido e tratado como seu filho durante estes longos anos, aos meus tios Abel Rafael Mulimia, Isaque Rafael Mulimia e Armando Luís Rafael Mulimia, pelo incentivo e por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus irmãos biológicos, Jaime Adriano Rafael Mulimia, Ângela Jaime Adriano Rafael Mulimia, Nilza Jaime Adriano Rafael, Isaque Jaime Adriano Rafael, e aos meus primos Eleutério Mariano, Bêlvio Mariano, Armando Rafael, Carlitos Armando Mulimia, Quitéria Nelsa, Manuel César, Aguinaldo Germano. A minha namorada Elizabeth Adelino Figueiredo; aos meus amigos em especial Aniceto Pinto Gemusse, Cláudio Lazáro Guido, Délcio João Santos Germano, Fidêncio Mário, Ámido Ussene Omar, Eunice Justino Chivale, Cafrina Adelino Rocha, Lorevita Eusébio Cuambe, Catija Jó, Patronela Jorge, Edson Mussalama, Albertina Mathe, Agnalda dos Santos, Sheid Vilanculos, Dinalva Higino, Mércia Cossa, Orquídea Cossa, Rúben Mulanha, Teresa Mondlane e a todos os colegas do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da turma de 2018.

Ao Centro Internacional da Batata (CIP) por disponibilizar os seus genótipos de batata-doce para a realização deste trabalho. À Universidade Eduardo Mondlane (UEM) por me ter concedido uma bolsa de estudos, que me ajudou a suportar os estudos durante quatro anos, e de forma particular a Faculdade de Veterinária (FAVET), pelos ensinamentos e a formação académica e ao grau académico que tenho honra de hoje testemunhar. Ao meu supervisor Prof^o. Doutor Lucas Daniel Tivana e co-supervisora Mestre Osvalda Guambe por terem aceitado trabalhar comigo e pelo grande apoio na elaboração deste trabalho, aos docentes que contribuíram de forma directa ou indirecta para a minha formação académica, de forma particular ao Mestre Paulo Bagasse, Prof^a. Doutora Custódia Macuamule, Professor Doutor Belisário Moiane, Mestre Emelda Simbine, Mestre Charmila Mussagy, Engenheiro Felizardo Paulo, Mestre. Aos técnicos do laboratório de tecnologia de alimentos da FAVET, o licenciado Joaquim Manguale e o senhor António Guambe. A técnica do laboratório de pós-colheita e tecnologia de alimentos da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal - UEM, a senhora Belmira José Paulo.

Muito obrigado!

ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

ANOVA: Análise de Variância

AOAC: *Association of Official Agricultural Chemists*

BD: Batata-doce

CT: Carotenoides totais

CIP: Centro Internacional da Batata

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAEF: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

FAO: Food And Agriculture Organization

FAVET: Faculdade de Veterinária

HU%: Humidade

IA: Índice de aceitabilidade

IIAM: Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

MADER: Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

OMS: Organização Mundial de Saúde

PCTPC%: Perda de carotenoides totais por cocção

pH: Potencial de Hidrogênio

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*

SST: Sólidos solúveis totais

UEM: Universidade Eduardo Mondlane

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de batata-doce nos cinco continentes no ano de 2021.	4
Tabela 2 – Valor nutricional da batata-doce.	5
Tabela 3 – Doze genótipos de batata-doce em estudo.	12
Tabela 4 – Humidade, sólidos solúveis totais e pH dos genótipos de batata-doce.	19
Tabela 5 - Teor de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce na forma in natura.	20
Tabela 6 - Teor de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce na forma cozida.	21
Tabela 7 - Perda de carotenoides totais por cocção dos genótipos de batata-doce.	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Raízes de batata-doce.	4
Figura 2 - Estrutura do isopreno 6	6
Figura 3 – Estrutura de um carotenoide hidrocarbonado (β -caroteno) 6	6
Figura 4 - Estrutura de um carotenoide oxigenado (zeaxantina). 6	6
Figura 5 - Molécula de vitamina A. 7	7
Figura 6 - Carotenoides x radicais livres 8	8
Figura 7 – Estrutura do trans- β -caroteno. 8	8
Figura 8 - Estrutura do 9-cis- β -caroteno. 8	8
Figura 9 – Laboratório de pós-colheita e tecnologia de alimentos da FAEF – UEM 11	11
Figura 10 – Localização do campo experimental do IIAM 11	11
Figura 11 - Desenho experimental 12	12
Figura 12 - Fluxograma de preparação das amostras (genótipos de batata-doce) para as análises laboratoriais. 13	13
Figura 13 - (A) Lavagem dos genótipos de batata-doce em água corrente (B) Geleira (super general) usada para conservar as amostras (C) Ralador caseiro (D) Placa de aquecimento (VOS -12033). 14	14
Figura 14 - (A) Balança analítica (VOS 600-2), (B) Estufa (UN-110 Memmert) e (C) Amostras de genótipos de batata-doce secas. 15	15
Figura 15 - (A) Homogeneizador turax (T-50 basic), (B) Refratômetro de bancada (Accsen) (C) Potenciômetro modelo (Accsen pH8). 15	15
Figura 16 - Princípio de funcionamento do espectrofotômetro 16	16
Figura 17 - (A) e (B) Extracto de carotenoides; (C) Quantificação de carotenoides totais no espectrofotômetro (UV-1700 SHIMADZU). 17	17
Figura 18 - Genótipos de batata-doce de polpa roxa. 18	18
Figura 19 – Genótipos de batata-doce de polpa amarela. 18	18
Figura 20 – Genótipos de batata-doce de polpa laranja. 18	18
Figura 21 – Genótipos de batatas-doces de polpa branca. 18	18

ÍNDICE

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJECTIVOS	3
2.1. Objectivo geral.....	3
2.2. Objectivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. A cultura da batata-doce	4
3.1.1. Produção mundial da batata-doce	4
3.1.2. Produção e consumo da batata-doce em Moçambique	5
3.1.3. Valor nutricional da batata-doce.....	5
3.1.4. Qualidade pós-colheita da batata-doce.....	5
3.2. Compostos bioactivos da batata-doce	6
3.2.1. Carotenoides	6
3.2.2. Estrutura dos carotenoides	6
3.2.3. Classificação química e nutricional dos carotenoides	6
3.2.4. Propriedades dos carotenoides.....	7
3.2.5. Fontes de carotenoides em alimentos	9
3.3. Biofortificação	9
3.3.1. Biofortificação da batata-doce.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1. Local de estudo	11
4.2. Obtenção da matéria-prima.....	11
4.3. Desenho experimental.....	12
4.3.1. Cocção dos GBD.....	13
4.3.2. Análise sensorial da cor da polpa dos GBD.....	14
4.3.3. Análises físico-químicas dos GBD	14
4.3.3.1. Determinação de humidade.....	14
4.3.3.3. Determinação de carotenoides totais	15

4.3.4. Perda de carotenoides totais por cocção	17
4.4. Análise de dados	17
5. RESULTADOS	18
5.1. Análise sensorial da cor da polpa dos GBD	18
5.2. Análises físico-químicas dos GBD	19
5.2.1. Humidade	19
5.2.2. Sólidos solúveis totais (SST) e pH	19
5.2.3. Carotenoides totais.....	20
5.3. Perda de carotenoides totais por cocção	21
6. DISCUSSÃO.....	23
6.1. Análise sensorial da cor da polpa dos GBD	23
6.2. Análises físico-químicas dos GBD	23
6.2.1 Humidade	23
6.2.2. Sólidos solúveis totais e pH	23
6.2.3. Carotenoides totais dos GBD <i>in natura</i> e cozidos.....	24
6.3. Perda de carotenoides totais por cocção	24
7. CONCLUSÃO	26
8. RECOMENDAÇÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXO	34

RESUMO

A batata-doce (BD) é um dos principais produtos alimentares em Moçambique e é usada como veículo para a biofortificação em vitamina A. O Centro Internacional da Batata (CIP) é a entidade responsável pelos programas de biofortificação através de melhoramento genético e tem gerado diversos genótipos de batata-doce (GBD). Um dos parâmetros necessários a avaliar nos GBD gerados é o teor de carotenoides. O presente trabalho teve como objectivo principal determinar o teor de carotenoides totais (CT) em doze GBD e sua variação durante a cocção. Para o efeito, foram obtidos do CIP doze GBD: Olga, MGSGR18100-11, MGSGR18012-16, Nsantimuni, MUSG18021-20, Alisha, Namanga, MGSG17005-10, Victória, Ken, Palmira e MGSG17009-19. Fez-se um delineamento experimental completamente causalizado (DCC) com dois tratamentos: GBD *in natura* e GBD cozidos. Adicionalmente, caracterizou-se a cor da polpa; determinou-se a humidade (HU%), os sólidos solúveis totais (SST) e o pH nos GBD na forma *in natura*. Determinou-se o teor de CT pelo método de espectrofotometria a 450 nm nos GBD na forma *in natura* e na forma cozida. E por fim, avaliou-se a perda de carotenoides totais por cocção (PCTPC%). A cor da polpa foi roxa nos GBD Olga, MGSGR18100-11 e MGSGR18012-16; branca nos GBD Nsantimuni e MUSG18021-20; amarela nos GBD Alisha, Namanga e MGSG17005-10; e laranja nos GBD Victória, Ken, Palmira e MGSG17009-19. Os GBD na forma *in natura*, de polpa roxa, branca, amarela e laranja apresentaram em média 71,37%; 74,62%; 72,42% e 70,06% de HU% respectivamente; 10,37 °Brix; 9,07°Brix; 8,71°Brix e 9,28°Brix de SST respectivamente; 6,14; 6,12; 6,54 e 6,61 de pH respectivamente; 261,55 µg/g; 177,15 µg/g; 569,63 µg/g e 726,14 µg/g de teor de CT respectivamente. Os GBD na forma cozida, de polpa roxa, branca, amarela e laranja apresentaram em média 223,69 µg/g; 74,47 µg/g; 467,02 µg/g e 637,57 µg/g de teor de CT respectivamente. Após a cocção os GBD de polpa roxa, branca, amarela e laranja apresentaram em média 17,2%; 57,77%; 21,56% e 12,76% de PCTPC% respetivamente. O genótipo da batata-doce exerce influência sob os parâmetros de humidade, sólidos solúveis totais, pH e carotenoides totais. Os teores de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce variam de acordo com a cor da polpa, isto é, os genótipos de polpa laranja apresentam maior teor de carotenoides totais seguidos dos genótipos de polpa amarela; ao passo que os genótipos de polpa roxa e branca apresentam menor teor de carotenoides totais. O processo de cocção reduz o teor de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce independentemente da cor da polpa, entretanto, os genótipos de polpa branca apresentam maior perda de carotenoides totais.

Palavras-chave: Batata-doce, biofortificação, genótipos de batata-doce, carotenoides totais, perda por cocção.

1. INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), é uma hortaliça tuberosa tropical pertencente à família *Convolvulaceae*, originária da América Central e no Norte da América do Sul e actualmente difundida em todas as partes do mundo, com uma produção anual média de 91,91 milhões de toneladas em 2021. A nível mundial, a batata-doce está entre as sete culturas agrícolas básicas mais importantes depois do trigo (*Triticum spp.*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), batata reno (*Solanum tuberosum* L.), cevada (*Hordeum vulgare*) e mandioca (*Manihot esculenta*) e em Moçambique ocupa o terceiro lugar entre as hortaliças mais cultivadas, com uma produção anual média de 1,6 milhões de toneladas em 2020 (Silva *et al.*, 2010; FAO, 2016; FAOSTAT, 2021).

A batata-doce é fonte de carboidratos, fibras, vitamina C, do complexo B e E, além de minerais como potássio (K), cálcio (Ca), ferro (Fe) e compostos bioactivos como antocianinas, principalmente em génotipos de batata-doce de polpa roxa e β -caroteno, carotenoide precursor da vitamina A, o principal carotenoide dos génotipos de batata-doce de polpa alaranjada. Os carotenoides são substâncias responsáveis pela coloração de frutas, hortaliças e alguns microrganismos, cujo espectro de cor varia de amarelo, laranja e vermelho (Rodrigues *et al.*, 2021).

Devido à sua composição nutricional, a batata-doce é uma boa alternativa para a redução das deficiências nutricionais enfrentadas pelas populações. A deficiência de vitaminas e minerais é um dos graves problemas de nutrição em todo o Mundo principalmente em países em desenvolvimento como Moçambique, que acomete principalmente crianças, adolescentes, gestantes e mulheres em idade fértil. Sendo assim, a fortificação de alimentos surge como alternativa de intervenção recomendada por programas emergenciais. A fortificação consiste na adição de nutrientes como ferro (Fe), iodo (I), Zinco (Zn) e vitamina A aos alimentos de ampla utilização como forma de suprir a deficiência (Mirasse, 2010; CIP, 2016).

Todavia, nos países em desenvolvimento, especialmente em locais em que a maior parte da população vive em zonas rurais, ocorrem limitações de acesso aos alimentos fortificados e a introdução da biofortificação representa um papel importante como parte de um processo integrado em que o sistema produtivo gera alimentos de consumo regional, favorecendo a disponibilização do nutriente sem alterar a dieta da população. A batata-doce por ser um dos alimentos importantes para as populações é alvo da biofortificação - uma das técnicas do melhoramento genético que visa a produção de alimentos ricos em micronutrientes como Fe, Zn e pró-vitamina A (Schiavon, 2020).

Em Moçambique o Centro Internacional da Batata – (CIP) em parceria com Instituto de Investigação Agrária de Moçambique – (IIAM) têm levado a cabo os programas de biofortificação da batata-doce através de melhoramento genético e até então já foram gerados diversos génotipos de batata-doce. Um dos parâmetros de interesse nos génotipos gerados é a avaliação do teor de carotenoides.

O presente trabalho de pesquisa foi proposto com o objectivo principal de determinar o teor de carotenoides totais em doze génotipos de batata-doce e sua variação durante a cocção.

2. OBJECTIVOS

2.1. Objectivo geral

- ✓ Determinar o teor de carotenoides totais em doze genótipos de batata-doce e sua variação durante a cocção.

2.2. Objectivos específicos

- ✓ Realizar análise sensorial da cor da polpa dos genótipos de batata-doce;
- ✓ Realizar análises físico-químicas humidade, sólidos solúveis totais, pH e carotenoides totais dos genótipos de batata-doce;
- ✓ Comparar o teor de carotenoides totais entre os diferentes genótipos de batata-doce e sua relação com a cor da polpa;
- ✓ Avaliar a perda de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce quando submetidos ao processo de cocção.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A cultura da batata-doce

A batata-doce é uma hortaliça tuberosa tropical, subterrânea da variedade botânica (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), pertencente a família *Convolvulaceae*. É originária da América Central e no Norte da América do Sul e está actualmente difundida em todo mundo, a batata-doce apresenta diversidade fenotípica muito alta, destacando-se por inúmeros formatos e colorações de folhas e raízes. A cor da polpa pode variar de branca, creme, amarelo-pálido, amarelo-vermelho, laranja e roxa (Mohanraj e Sivasankar, 2014).



Figura 1 – Raízes de batata-doce. **Fonte:** Alam (2021).

A batata-doce é uma cultura perene com um ciclo cultural de 120 a 150 dias, podendo variar dependendo da genética e das condições edafoclimáticas como clima, relevo, temperatura, humidade do ar, radiação, tipo de solo, vento, composição atmosférica e precipitação pluvial podendo o seu ciclo, se estender até 8 meses (Boavida *et al.*, 2021).

3.1.1. Produção mundial da batata-doce

A cultura da batata-doce é produzida a nível global, e é considerada a sétima cultura mais importante, com uma produção anual média de 91,91 milhões de toneladas em 2021. A Ásia é responsável por 71,1% do volume total de produção, seguido da África 24,3%, América 3,7%, Oceânia 0,9% e por fim a Europa com 0,1% (Alam, 2021).

Tabela 1 - Produção de batata-doce nos cinco continentes no ano de 2021.

Continente	Produção anual (toneladas)
Ásia	59,107,000
África	27,875,000
América	3,877,000
Oceânia	962,000
Europa	93,000
Total	91,914,000

Fonte: Boavida *et al.* (2021).

3.1.2. Produção e consumo da batata-doce em Moçambique

Segundo o relatório "*Agricultural Sector Risk Assessment for Mozambique*" publicado pelo Banco Mundial em 2021, a batata-doce é uma cultura importante em Moçambique, com produção de cerca de 1,6 milhões de toneladas em 2020. Sendo cultivada em todo o país, especialmente nas regiões sul e centro, onde a província de Tete é a maior produtora, seguida pela província de Manica (Banco Mundial, 2021; INE, 2021).

Em relação ao consumo, a batata-doce é um alimento muito popular em Moçambique e é consumido de diversas formas, como cozida, assada, frita ou em forma de purê. Além disso, a batata-doce também é utilizada na produção de produtos processados, como biscoitos e pão (MADER, 2019).

Um estudo publicado em 2021 na revista científica "*Heliyon*", mostrou que a batata-doce é uma excelente fonte de carboidratos, fibras e vitaminas A e C, e que a qualidade nutricional da batata-doce produzida em Moçambique pode ser melhorada por meio de práticas agrícolas e de processamento adequadas (Mapaure *et al.*, 2021).

3.1.3. Valor nutricional da batata-doce

A batata-doce é rica em nutrientes, especialmente de carboidratos, fibra alimentar, minerais e vitaminas, como mostra a Tabela 2 que apresenta o valor nutricional em 100 g de batata-doce.

Tabela 2 – Valor nutricional da batata-doce.

Componente	Quantidade (100 g de batata-doce)
Humidade	59,1 - 77,7 (%)
Energia	120 kcal
Carboidratos	28 g
Lípidos	0,1 g
Proteínas	1 g
Minerais	441,8 mg
Vitaminas (B e C)	181,5 mg
Pró-vitamina A (retinol)	300 mg

Fonte: Boavida *et al.* (2021).

3.1.4. Qualidade pós-colheita da batata-doce

No que tange a qualidade pós-colheita da batata-doce, tem-se a humidade (HU%), os sólidos solúveis totais (SST) e o pH. A humidade está relacionada com a qualidade nutricional e a estabilidade; os sólidos solúveis permitem conhecer a quantidade de açúcares que se encontram na polpa e pode variar de acordo com a variedade e estado de maturação da batata-doce. A quantidade de ácidos orgânicos na batata-doce variam em função da etapa de crescimento e desenvolvimento, reduzindo durante a etapa de maturação devido ao aumento da actividade metabólica e a sua conversão em açúcares. Além da acidez contribuir para o aroma característico da batata-doce, a medida da acidez pelo valor do pH, é usada também para determinar a actividade

de enzimas, assim como na deterioração pelo crescimento de microrganismos e na determinação da estabilidade dos pigmentos (Cechi, 2003; Chitarra e Chitarra, 2005).

3.2. Compostos bioativos da batata-doce

3.2.1. Carotenoides

Os carotenoides vem despertando interesse de cientistas há muito tempo. Em 1831, Wilhelm Wackenroder extraiu e identificou da cenoura (*Daucus carota*) um pigmento de cor laranja, tendo este batizado com o nome de “*carotin*” do inglês “*carrot*” (cenoura). Mais tarde em 1910, o botânico russo Mikhail Tswett designou essas substâncias por <<carotenoides>>, terminologia que passou a ser usada até aos dias actuais para referir todas as substâncias quimicamente relacionadas ao composto isolado por Wackenroder (Carvalho, 1996).

3.2.2. Estrutura dos carotenoides

Os carotenoides são formados por uma cadeia de quarenta átomos de carbono, excepto a crocetina e a bixina, que possuem menos de quarenta átomos de carbono. Essa cadeia de quarenta carbonos é dividida em oito unidades isoprênicas de cinco átomos de carbono (Morais, 2006).

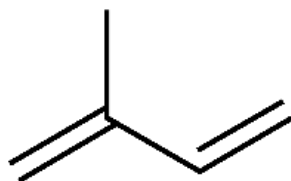


Figura 2 - Estrutura do isopreno. Fonte: Moraes (2006).

3.2.3. Classificação química e nutricional dos carotenoides

Quimicamente, os carotenoides são classificados em dois grupos: carotenoides hidrocarbonados, chamados por carotenos e os carotenoides oxigenados, chamados por xantofilas.

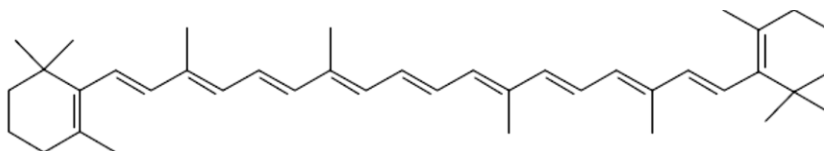


Figura 3 – Estrutura de um carotenoide hidrocarbonado (β -caroteno). Fonte: Moraes (2006).

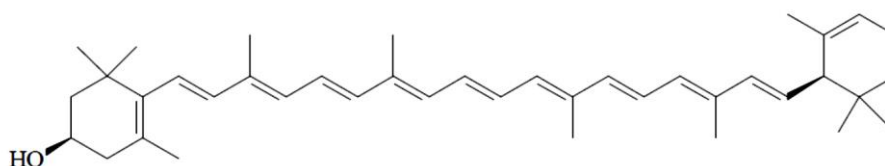


Figura 4- Estrutura de um carotenoide oxigenado (zeaxantina). Fonte: Moraes (2006).

Nutricionalmente os carotenoides podem ser classificados como pró-vitâmicos, aqueles com actividade pró-vitamina A e não pró-vitâmicos aqueles com acção antioxidante. O grupo de pró-vitâmicos são encontrados em grande parte nos alimentos de origem vegetal, embora se encontre em alguns alimentos de origem animal (gema de ovo, leite, manteiga). São carotenoides pró-vitamina A: o β -caroteno, o α -caroteno e o β -criptoxantina. Atribui-se 100% a actividade pró-vitamina A ao β -caroteno, já que a estrutura da vitamina A (retinol) é a metade da molécula do β -caroteno, com uma molécula de água acrescida à porção final da cadeia poliênica (Fontana *et al.*, 2000).

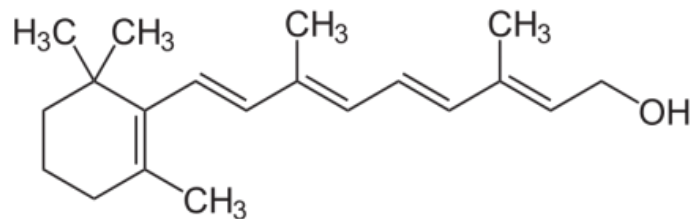


Figura 5 - Molécula de vitamina A. **Fonte:** Tanumihardjo (2011).

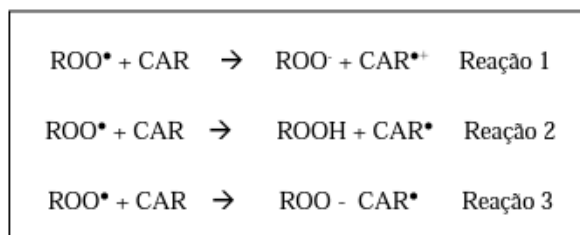
3.2.4. Propriedades dos carotenoides

Solubilidade: os carotenoides são moléculas lipossolúveis, solúveis em solventes orgânicos como o éter de petróleo, metanol, sulfeto de carbono e acetona, são insolúveis em água, excepto quando se encontram formando complexos com proteínas (caroteno-proteínas). Os carotenoides aparecem dissolvidos nos lípidios e, em alguns casos, formando soluções coloidais (Sajilata *et al.*, 2008).

Antioxidante: os carotenoides têm propriedades antioxidantes, sendo conhecidos por reagir com o oxigênio singleto, o qual é a forma altamente reactiva do oxigênio molecular, já que apresenta dois electrões de *spins* opostos ocupando orbitais diferentes ou não (Rufino *et al.*, 2007).

Os carotenoides protegem as células de danos oxidativos provocados por radicais livres (são moléculas altamente reactivos, que contêm um ou mais electrões desemparelhados nos orbitais externos, os quais formam um campo magnético que actraem qualquer composto situado próximo à sua órbita externa) como espécies reactivas de oxigênio como peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana (Shami e Moreira, 2004).

Os carotenoides ao combaterem as espécies reactivas do oxigênio, podem interagir de três maneiras diferentes: transferência de electrões; remoção de iões de hidrogênio ou remoção de espécies radicalares (Figura 5).



Onde: ROO^\bullet : radical; CAR^\bullet : carotenoides

Figura 6 - Carotenoides x radicais livres. **Fonte:** Young e Lowe (2001).

Cromóforo: para que haja a produção de cor, um carotenoide precisa ter pelo menos sete duplas ligações conjugadas. Os carotenos que possuem três e cinco duplas ligações conjugadas como o fitoeno e o fitoflueno são considerados carotenoides sem cor (Francis, 1986).

Os carotenoides incolores absorvem na região ultravioleta, abaixo de 350 nm a 400 nm. A variação da cor dos carotenoides ocorre à medida que o número de duplas ligações é maior, pois há um deslocamento no espectro de absorção da molécula. Os comprimentos de onda máximos de absorção variam na faixa de 410 a 510 nm (Fontana *et al.*, 2000).

Isomerização: a maior ocorrência geométrica dos carotenoides na natureza é na conformação “*trans*”, porém a conformação “*cis*”, também é ocorre (Carvalho, 1996). Os isômeros “*cis*” são menos estáveis termicamente do que os “*trans*”. Além disso, o isômero “*cis*” tem menor actividade pró-vitamínica “A” que a forma “*trans*”, sendo, portanto, muito importante evitar a formação do isômero “*cis*” durante o processamento de alimentos ricos em carotenoides (Lopes *et al.*, 2002).

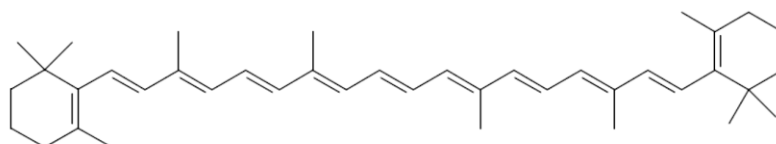


Figura 7 – Estrutura do *trans*- β -caroteno. **Fonte:** Lopes *et al.* (2002).

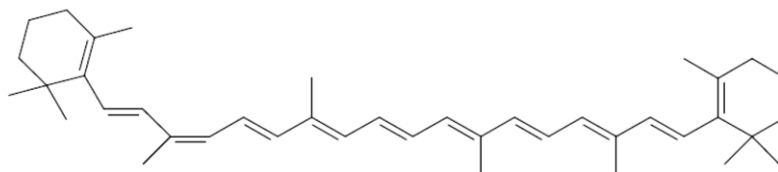


Figura 8 - Estrutura do 9-*cis*- β -caroteno. **Fonte:** Lopes *et al.* (2002).

Oxidação: os carotenoides são facilmente oxidados em função do grande número de duplas ligações conjugadas. No tecido intacto, os pigmentos estão protegidos da oxidação; entretanto, danos físicos aos tecidos ou a sua extração aumentam a sua suscetibilidade à oxidação. Os carotenoides podem sofrer oxidação na presença de luz, calor e compostos pró-oxidantes e a oxidação natural de carotenoides depende da sua estrutura, sendo os mais facilmente oxidáveis o

δ -caroteno, luteína e violaxantina. Ao final da oxidação ocorre a perda total da cor e da actividade biológica, pois podem ser formados apocarotenoides; por exemplo, na degradação do β -caroteno são formados β -apo-10'-carotenal e β -apo-8'-carotenal (Rodríguez-Amaya, 1999).

pH: os carotenoides são estáveis na faixa de pH de 3,0 a 7,0. Porém, alguns carotenoides são susceptíveis a alguns valores extremos de pH (ácidos e alcalinos), podendo sofrer isomerização “*cis – trans*” de certas ligações duplas. Isto ocorre principalmente na manipulação em laboratórios com fins analíticos. Por exemplo, algumas xantofilas são instáveis em meio alcalino e os epóxi-carotenoides são instáveis em meio ácido (Ribeiro e Seravalli, 2004).

3.2.5. Fontes de carotenoides em alimentos

O β -caroteno e outros carotenoides foram reconhecidos no século XX como as principais fontes de vitamina A e como antioxidantes e reguladores de resposta do sistema imune. O licopeno, caroteno presente no tomate, previne a oxidação do LDL e reduz o risco do desenvolvimento de arteriosclerose e doenças coronárias. Estima-se que nas folhas os carotenoides estejam mascarados pela clorofila e nas frutas são encontrados nos cromoplastos, sendo que a concentração de carotenoides aumenta ao longo da maturação da fruta, pois a clorofila se perde com a intensificação da cor (Delgado-Varga *et al.*, 2000).

Nas frutas encontram-se carotenoides como β -caroteno (manga, pêsego) e β -criptoxantina (tangerina, laranja). A cenoura e o tomate são as maiores fontes de β -caroteno e licopeno, na cenoura encontra-se também o alfa-caroteno em grande concentração junto com o β -caroteno. Na abóbora, pêsego e laranja é possível encontrar a luteína, porém as fontes mais ricas de luteína são a couve e o espinafre (Constant, 2002; Morais, 2006).

3.3. Biofortificação

Biofortificação é uma das técnicas do melhoramento genético, que culmina com o desenvolvimento de alimentos naturais com quantidades de nutrientes capazes de suprir a necessidade do corpo humano ao ser inserido na dieta alimentar da população. Os produtos biofortificados com minerais e vitaminas podem ser usados no consumo directo ou na produção de alimentos enriquecidos, tendo como principais alvos o suprimento de micronutrientes como ferro e zinco e pró-vitamina A (caroteno) (Martini, 2002).

A biofortificação é uma estratégia cientificamente possível e de baixo custo, tendo como maior vantagem o facto de não requerer mudanças no comportamento de produtores e consumidores. As mudanças no conteúdo dos produtos, não modificam necessariamente a aparência, o gosto, a textura ou a forma de preparo do alimento. A batata doce é uma das espécies alvo, por ser um alimento importante para muitas populações que vivem no Centro e no Leste da África, na América Latina e Central, onde a deficiência de provitamina A é endêmica (D'Imperio *et al.*, 2016).

3.3.1. Biofortificação da batata-doce

A vitamina A é encontrada nos organismos dos animais. Portanto, os alimentos de origem animal são fontes naturais desta vitamina na forma de nutriente prontamente assimilável. Quando se trata de alimento de origem vegetal, o organismo humano inicialmente assimila os compostos do grupo denominado de carotenoides que são depois convertidos em vitamina A durante o processo digestivo, daí o termo pró-vitamina A (EMBRAPA, 2015).

A batata-doce apresenta muitas vantagens para ser utilizada como fonte de disponibilização de pró-vitamina A para as comunidades carentes, devido as facilidades sob ponto de vista agrônômico desta cultura, como a fácil multiplicação e propagação vegetativa, assim como a facilidade de identificação de produtos naturalmente enriquecidos, pelo facto da coloração da polpa alaranjada ser um indicador de fácil visualização.

Estudos mostraram que a biofortificação da batata-doce com β –caroteno, aumenta significativamente o teor de vitamina A no sangue em populações deficientes, os mesmos estudos indicavam que a ingestão diária de 300 gramas de batata-doce biofortificada com β –caroteno por um período de 90 dias aumentou os níveis de retinol plasmático (forma activa da vitamina A) em cerca de 25% a 33% em crianças e mulheres deficientes em vitamina A (D'Imperio *et al.*, 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de estudo

A experiência foi conduzida no laboratório de pós-colheita e tecnologia de alimentos da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF) - Universidade Eduardo Mondlane (UEM), situada na Avenida Julius Nyerere, nº 3453 Maputo, Moçambique.



Figura 9 – Laboratório de pós-colheita e tecnologia de alimentos da FAEF – UEM.

4.2. Obtenção da matéria-prima

Foram obtidos doze genótipos de batata-doce (Tabela 3) do Centro Internacional da Batata – (CIP) no campo experimental do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique –(IIAM) situado na estação Agrária de Umbelúzi nas coordenadas geográficas de 26° 00'48,5" de Latitude Sul e 32° 18'49,7" de Longitude Este, no distrito de Boane - província de Maputo.

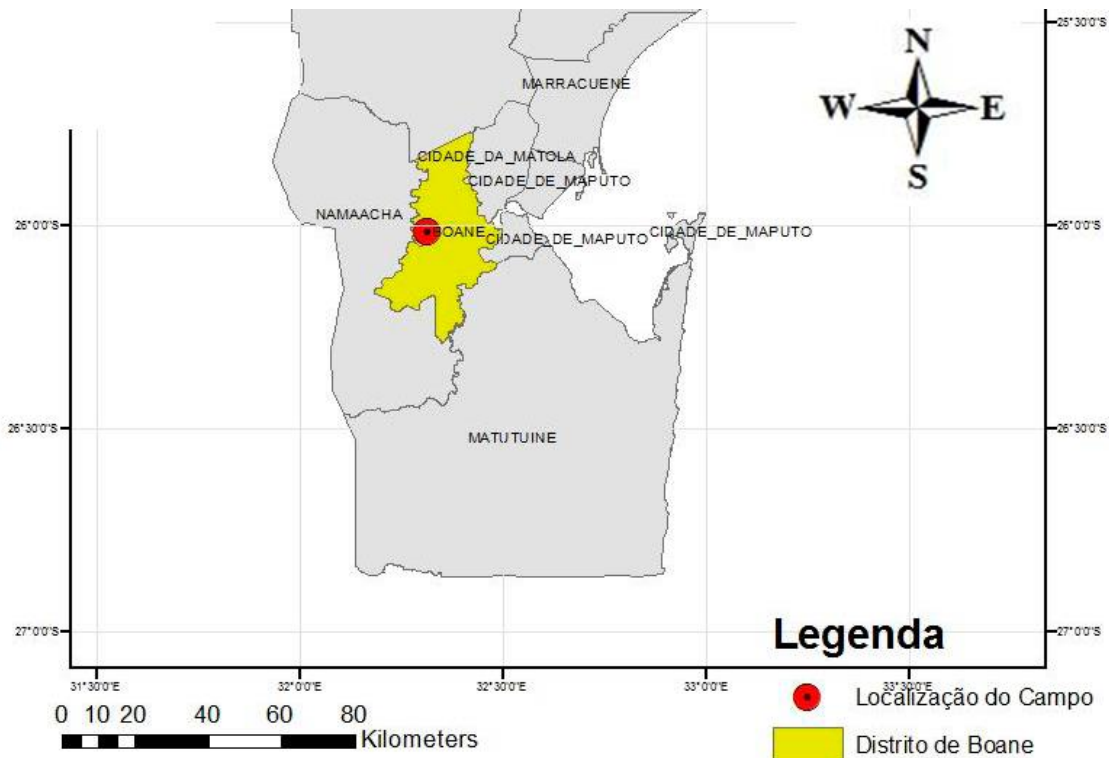


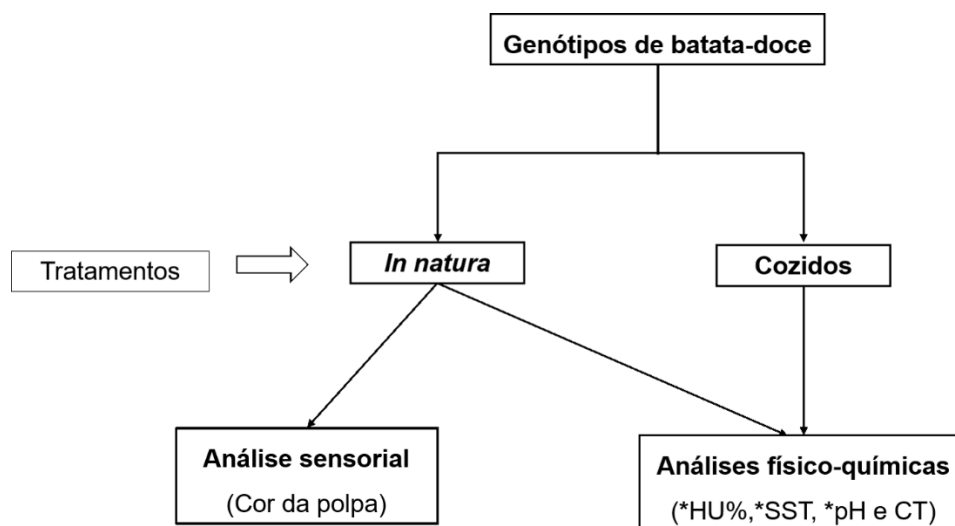
Figura 10 – Localização do campo experimental do IIAM. Fonte: CIP (2016).

Tabela 3 – Doze genótipos de batata-doce em estudo.

Nº	Genótipos de batata-doce
1	Ken
2	MGSG17009-19
3	Victória
4	Palmira
5	MGSGR18100-11
6	MGSGR18012-16
7	Olga
8	MGSG17005-10
9	Namanga
10	Alisha
11	Nsantimuni
12	MUSG18021-20

4.3. Desenho experimental

O presente estudo seguiu o delineamento experimental completamente causalizado (DCC) com dois tratamentos: genótipos de batata-doce na forma *in natura* e genótipos na forma cozida. Nos genótipos de batata-doce na forma *in natura*, realizaram-se análise sensorial da cor da polpa; análises físico-químicas de humidade (HU%), sólidos solúveis totais (SST), pH e carotenoides totais (CT) que também foi feita nos genótipos de batata-doce na forma cozida (Figura 11).



*Parâmetros avaliados e/ ou determinados apenas nos genótipos de batatas-doces *in natura*.

Figura 11 - Desenho experimental

Na Figura 12 (fluxograma), são apresentadas as etapas de preparação das amostras (genótipos de batata-doce) antes da realização das análises laboratoriais.

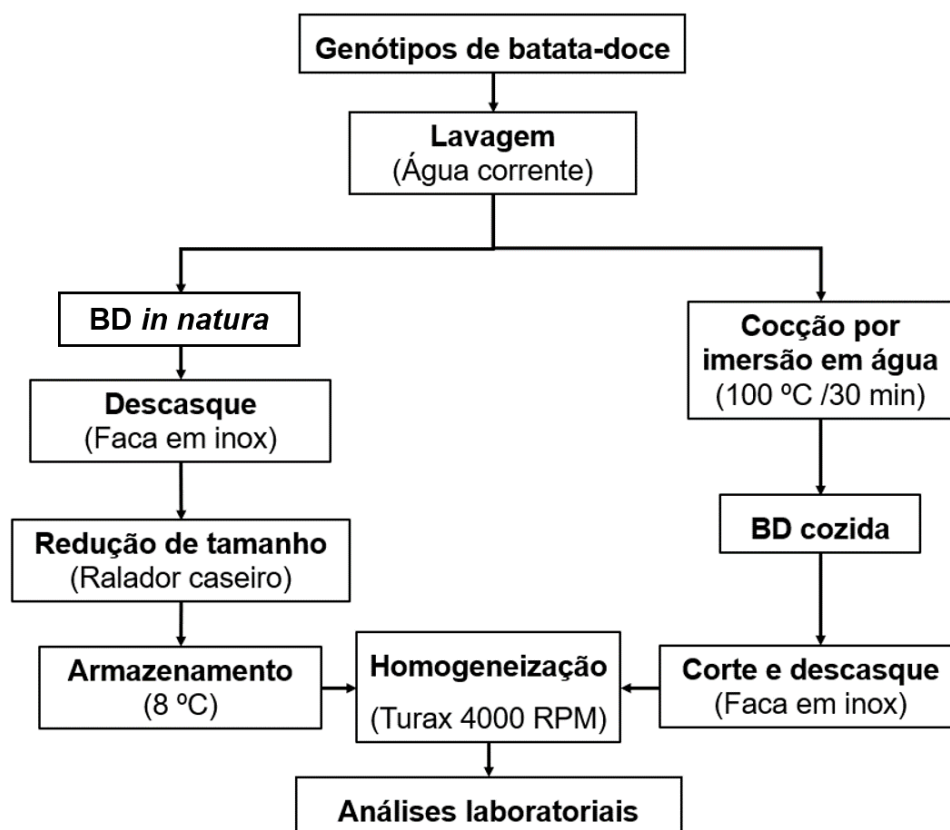


Figura 12 - Fluxograma de preparação das amostras (genótipos de batata-doce) para as análises laboratoriais.

A preparação das amostras (genótipos de batata-doce) teve início com o procedimento de higienização, que consistiu na lavagem das raízes de batata-doce com água corrente e com auxílio de uma escova de alumínio para a remoção das impurezas macroscópicas oriundas do campo. Os genótipos de batata-doce na forma *in natura* foram descascados manualmente, com o auxílio de uma faca em inox, raladas em um ralador caseiro e de seguida armazenadas sob refrigeração a 8°C (geleira super general). Fez-se a homogeneização e seguiu-se com as análises laboratoriais.

4.3.1. Cocção dos GBD

Os genótipos de batata-doce foram cozidos sem a remoção da casca. Para tal, simulou-se procedimentos domésticos comuns como a presença de luz, sem uso de aditivos antioxidantes e/ou conservantes. As amostras foram fervidas num copo de Béquer com meio litro de água corrente, e usou-se a placa de aquecimento (VOS -12033) como fonte de calor. Deixou-se a batata-doce a cozer a 100°C durante 30 minutos, descartou-se a água de cozimento e as amostras foram secas com papel absorvente e resfriadas por 5 minutos à temperatura ambiente. Adicionalmente,

descascaram-se as amostras, com o auxílio de uma faca em inox, fez-se a homogeneização e seguiu-se com as análises laboratoriais.

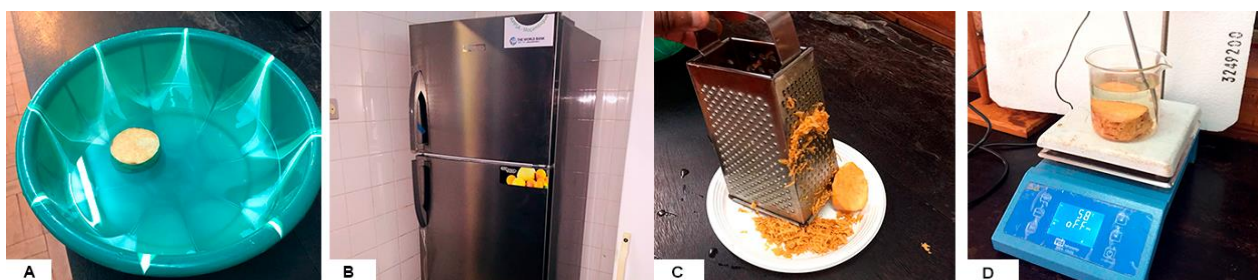


Figura 13 - (A) Lavagem dos genótipos de batata-doce em água corrente (B) Geleira (super general) usada para conservar as amostras (C) Ralador caseiro (D) Placa de aquecimento (VOS -12033).

4.3.2. Análise sensorial da cor da polpa dos GBD

Fez-se análise sensorial do tipo descritiva qualitativa pela observação ocular (não instrumental) da cor da polpa dos genótipos de batata-doce e o resultado foi expresso de acordo com a cor observada (amarela, laranja, branco, roxa).

4.3.3. Análises físico-químicas dos GBD

As análises físico-químicas de humidade, sólidos solúveis totais e pH foram feitas de acordo com a metodologia da AOAC (1997) e as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985) e teor de carotenoides totais pelo método descrito por Rodriguez-Amaya e colaboradores (2004). Os reagentes e equipamentos usados nesta secção estão listados nos Anexos I.

4.3.3.1. Determinação de humidade

A humidade foi determinada pela secagem direta em estufa. Em balança analítica (VOS 600-2) pesaram-se 5 g de amostra em placa de petri. As amostras foram levadas a estufa (UN-110 Memmert) a 105 °C durante 7 horas e depois levadas a um dessecador para esfriar e novamente serem pesadas. Após pesadas, as amostras retornaram a estufa por mais 1 hora e novamente foram pesadas, para verificar se o peso se mantinha constante. Após 8 horas foi verificado peso constante e o resultado foi expresso em percentual de humidade de acordo com a equação 1:

$$HU\% = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100\%$$

(equação 1)

Onde: W1 = peso (g) da placa de Petri vazia; W2 = W1 + peso da amostra fresca (g); W3 = peso da placa de Petri vazia + peso da amostra seca (g)

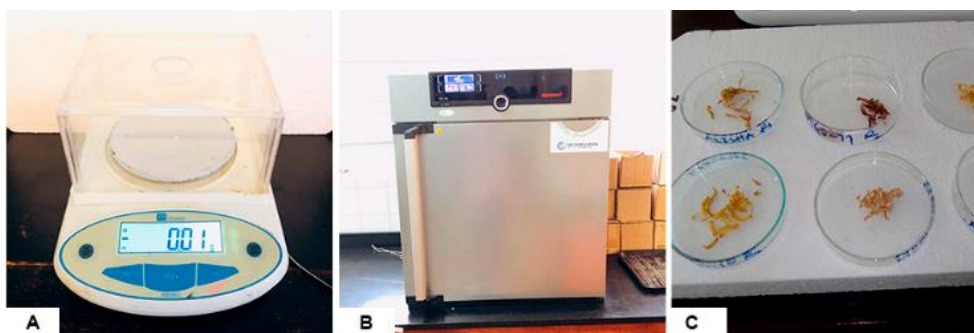


Figura 14 - (A) Balança analítica (VOS 600-2), (B) Estufa (UN-110 Memmert) e (C) Amostras de génotipos de batata-doce secas.

4.3.3.2. Determinação de sólidos solúveis totais e pH

Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados por refratometria. Para tal, pesaram-se 10 g da amostra anteriormente preparada e homogeneizada. Filtrou-se a amostra num funil de Buchner e obteve-se o extracto e depois seguiu-se com a leitura dos SST pelo refratômetro de bancada (Accsen) à temperatura ambiente 20°C e o resultado foi expresso em °Brix. O pH foi determinado por leitura directa do filtrado (extracto) pelo potenciômetro (Accsen pH8).

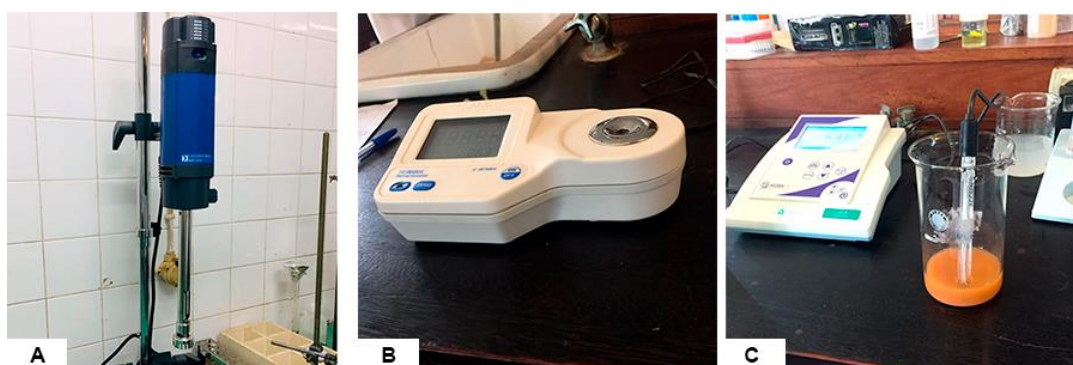


Figura 15 - (A) Homogeneizador turax (T-50 basic), (B) Refratômetro de bancada (Accsen) (C) Potenciômetro modelo (Accsen pH8).

4.3.3.3. Determinação de carotenoides totais

Preparação da solução de KOH 10% em CH₃OH (p/v): dissolveram-se 10 g de KOH em 100 mL de CH₃OH, homogeneizou-se e armazenou-se a amostra em frasco plástico a temperatura ambiente.

Extração: a partir da amostra anteriormente preparada, pesaram-se 5 g e juntou-se com 25 mL de acetona fria a 8°C, homogeneizou-se num turax (T-50 basic) a 4000 RPM e seguiu-se com a filtração no funil de Buchner, recolheu-se o extracto para o frasco erlenmeyer de 50 mL. Ao resíduo retido no funil foram adicionadas pequenas quantidades de acetona e fez-se novamente a homogeneização (extração exaustiva) até que a amostra ficasse totalmente desprovida de cor.

Partição: deitou-se o extracto em acetona num funil de separação de 500 mL contendo 25 mL de éter de petróleo. Agitou-se a mistura manualmente durante 1 minuto e na sequência, fez-se a

lavagem com 500 mL de água destilada (3x) adicionada lentamente pelas paredes do funil de separação, descartou-se a fase aquosa inferior (acetona + água destilada), recolheu-se o extracto em éter de petróleo) para o frasco erlenmeyer de 50 mL tampado e coberto com papel alumínio.

Saponificação: adicionou-se o extracto num frasco contendo 25 mL de KOH a 10% (p/v) em CH₃OH. Armazenou-se a mistura no escuro por 6 horas à temperatura ambiente, posteriormente transferiu-se a mistura para o funil de separação e fez-se a lavagem com água destilada para remover o KOH, mediu-se o pH da água residual até que fosse igual a 7. Secou-se a saída do funil de separação com papel absorvente, recolheu-se o extracto para frasco erlenmeyer de 50 mL recoberto com papel alumínio, adicionaram-se 10 g de sulfato de sódio anidro (Na₂SO₄) para completa remoção da água residual. Transferiu-se o extracto num balão volumétrico e registou-se o volume.

Quantificação: o teor de carotenoides totais foi determinado pela leitura da absorbância do extracto. Para tal, transferiu-se uma alíquota de aproximadamente 2 mL do extracto para um cubeta de vidro e de seguida foi colocada no espectrofotómetro (UV-1700 SHIMADZU). O espectrofotómetro funcionou basicamente emitindo uma luz com um comprimento de onda de 450 nm que ao atravessar a solução na cubeta foi transmitida pela solução sob a forma de absorbância. Utilizou-se o éter de petróleo como solução de branco, e a absorbância lida estava entre 0,2 a 0,8.

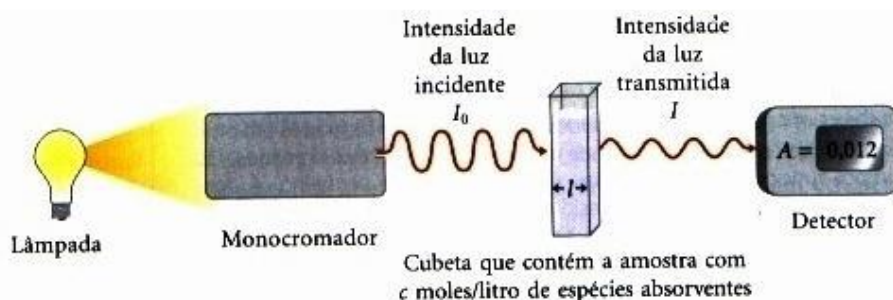


Figura 16 - Princípio de funcionamento do espectrofotómetro. **Fonte:** Constantino *et al.* (2004).

O teor de carotenoides totais foi determinado de acordo com a equação 2:

$$\text{Carotenoides totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{Abs} \times 10^4 \times V_{\text{extracto}} \times Fd}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times m_{\text{amostra}}}$$

(equação 2)

Onde: Abs = absorbância do extracto (dever ser lida no comprimento de onda de 450 nm e deve estar no intervalo de 0,2 a 0,8); V = volume do extracto em éter de petróleo (mL); Fd = factor de diluição; m = massa da amostra (g) e $A_{1\text{cm}}^{1\%} = 2592$, coeficiente de extinção de β -caroteno em éter de petróleo.

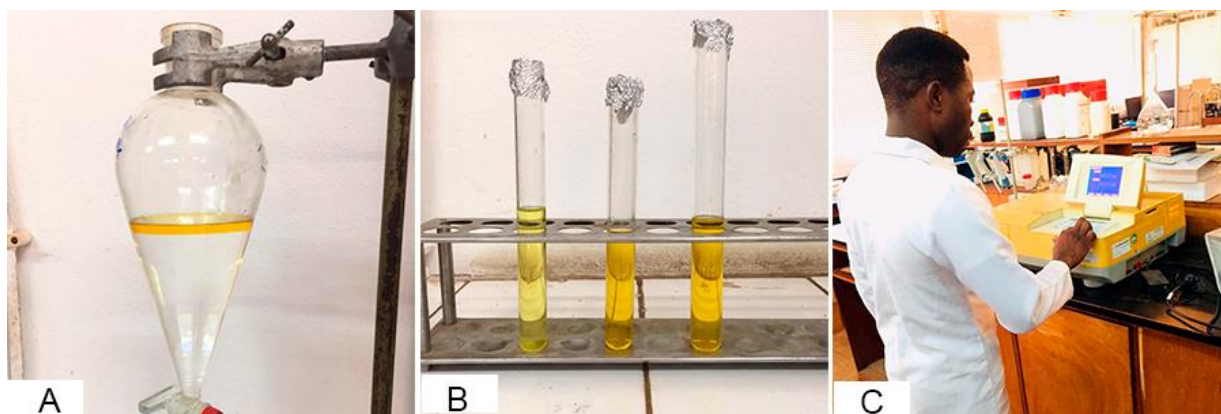


Figura 17 - (A) e (B) Extracto de carotenoides; (C) Quantificação de carotenoides totais no espectrofotômetro (UV-1700 SHIMADZU).

4.3.4. Perda de carotenoides totais por cocção

A perda de carotenoides totais por cocção (PCTPC%) foi determinada pela diferença entre o teor de CT dos genótipos de batata-doce na forma *in natura* e na forma cozida, conforme a equação 3:

$$\text{PCTPC (\%)} = \frac{\text{CT}_{\text{início}} - \text{CT}_{\text{após-cocção}}}{\text{CT}_{\text{início}}} \times 100\% \quad (\text{equação 3})$$

Onde: PCTPC% = perda de carotenoides totais por cocção e CT = carotenoides totais.

4.4. Análise de dados

No que tange a análise de dados, calculou-se as médias e os desvios padrão para a apresentação dos resultados das análises físico-químicas. A análise de variância unidirecional ANOVA - *One Way* foi usada para a comparação das médias e o teste de Tukey a 5% para testar a significância da diferença entre as médias. Os programas *Statistical Package for the Social Sciences* – (SPSS) versão 25 e *Microsoft Office Excel* versão 19 foram usados para tal efeito e os resultados foram apresentados subforma de imagens, tabelas e gráficos.

5. RESULTADOS

5.1. Análise sensorial da cor da polpa dos GBD

Os resultados referentes à análise sensorial da cor da polpa dos 12 genótipos de batata-doce estão apresentados nas Figuras 18 a 21. Três genótipos apresentaram polpa roxa: Olga, MGSGR18100-11 e MGSGR18012-16; outros três, polpa amarela: Alisha, Namanga e MSG17005-10; quatro polpa laranja: Victória, Ken, Palmira e MSG17009-19 e dois polpa branca: Nsantimuni e MUSG18021-20.



Figura 18 - Genótipos de batata-doce de polpa roxa.



Figura 19 – Genótipos de batata-doce de polpa amarela.



Figura 20 – Genótipos de batata-doce de polpa laranja.



Figura 21 – Genótipos de batatas-doces de polpa branca.

5.2. Análises físico-químicas dos GBD

5.2.1. Humidade

Os resultados referentes à determinação de humidade estão apresentados na Tabela 4. A humidade variou de 68,38% a 75,12% do genótipo MGSGR18012-16 e Nsantimuni respectivamente. Não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre a humidade dos genótipos de batata-doce de diferentes cores de polpa.

5.2.2. Sólidos solúveis totais (SST) e pH

Os resultados referentes à determinação de sólidos solúveis totais (SST) e pH dos genótipos de batata-doce estão apresentados na Tabela 4. O valor de SST variou de 8,03°Brix a 12,02°Brix do genótipo Alisha e Olga respectivamente. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) do valor de SST entre os genótipos de batata-doce de diferentes cores de polpa, porém, os genótipos de polpa roxa apresentaram em média maior valor de SST, cerca de 10,37°Brix.

O valor de pH variou de 5,79 a 6,80 do genótipo Olga e Namanga respectivamente. Não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) de pH entre os genótipos de batata-doce de diferentes cores de polpa, porém, os genótipos de polpa roxa Olga e MGSGR18100-11 apresentaram valor de pH relativamente baixo que foram de 5,79 e 5,86.

Tabela 4 – Humidade, sólidos solúveis totais e pH dos genótipos de batata-doce.

Cor da polpa	Genótipos de batata-doce	Parâmetros avaliados		
		Humidade (%)	(SST, °Brix)	pH
Roxa	Olga	73,57 ± 1,49	12,02 ± 0,02	5,79 ± 0,01
	MGSGR18100-11	72,21 ± 0,53	10,01 ± 0,02	5,86 ± 0,06
	MGSGR18012-16	68,38 ± 0,79	9,08 ± 0,10	6,78 ± 0,03
		71,37 ± 0,93^a	10,37 ± 0,04^a	6,14 ± 0,03^a
Branca	Nsantimuni	75,12 ± 2,32	9,03 ± 0,04	6,03 ± 0,05
	MUSG18021-20	74,13 ± 2,99	9,05 ± 0,03	6,20 ± 0,00
		74,62 ± 2,61^a	9,07 ± 0,03^b	6,12 ± 0,02^a
Amarela	Alisha	75,02 ± 2,24	8,03 ± 0,02	6,30 ± 0,00
	Namanga	72,14 ± 0,90	9,06 ± 0,05	6,80 ± 0,01
	MGSG17005-10	70,10 ± 2,53	9,03 ± 0,03	6,53 ± 0,06
		72,42 ± 1,89^a	8,71 ± 0,03^c	6,54 ± 0,02^a
Laranja	Victória	70,65 ± 1,90	9,03 ± 0,09	6,71 ± 0,30
	Ken	70,83 ± 1,23	9,04 ± 0,03	6,51 ± 0,10
	Palmira	69,88 ± 0,24	9,05 ± 0,04	6,45 ± 0,12
	MGSG17009-19	68,89 ± 7,56	9,99 ± 0,00	6,77 ± 0,06
		70,06 ± 3,64^a	9,28 ± 0,04^c	6,61 ± 0,58^a

Média de três repetições ± desvio padrão. Os valores apresentados em **negrito** representam a média dos genótipos de batata-doce com a mesma cor de polpa. As letras minúsculas distintas nas médias ao longo da coluna, representam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.2.3. Carotenoides totais

Os resultados referentes à determinação do teor de carotenoides totais (CT) nos genótipos de batata-doce na forma *in natura*, estão apresentados na Tabela 5. O teor de CT dos genótipos variou de 44,77 µg/g a 1079,01 µg/g do genótipo MGSGR18100-11 e MGSG17009-19 respectivamente. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) do teor de carotenoides totais entre os genótipos de diferentes cores de polpa. Os genótipos de polpa amarela e laranja apresentaram em média elevados teores de carotenoides totais que foram de 569,63 µg/g a 726,14 µg/g respectivamente e os genótipos de polpa branca e roxa, baixos teores de carotenoides totais que foram de 177,15 µg/g a 261,55 µg/g respectivamente.

Tabela 5 - Teor de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce na forma *in natura*.

Cor da polpa	Genótipos de batata-doce	Teor de CT (µg/100g)
Roxa	Olga	46,33 ± 0,08
	MGSGR18100-11	44,77 ± 9,24
	MGSGR18012-16	693,54 ± 9,04
		261,55 ± 6,12^a
Branca	Nsantimuni	151,56 ± 20,98
	MUSG18021-20	202,73 ± 6,45
		177,15 ± 13,72^a
Amarela	Alisha	319,44 ± 12,08
	Namanga	559,92 ± 55,32
	MGSG17005-10	829,52 ± 20,74
		569,63 ± 29,38^b
Laranja	Victória	483,14 ± 20,05
	Ken	639,10 ± 15,51
	Palmira	703,32 ± 96,52
	MGSG17009-19	1079,01 ± 10,69
		726,14 ± 35,69^c

Média de três repetições ± desvio padrão. Os valores apresentados em **negrito** representam a média dos genótipos de batatas-doces com a mesma cor de polpa. As letras minúsculas distintas nas médias, representam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados referentes à determinação do teor de CT dos GBD na forma cozida estão apresentados na Tabela 6. O teor de CT variou de 34,29 µg/g a 971,84 µg/g do genótipo MGSGR18100-11 e MGSG17009-19 respectivamente. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) do teor de CT entre os genótipos de diferentes cores de polpa. Os genótipos de batata-doce de polpa amarela e laranja apresentaram em média elevados teores de carotenoides totais que foram de 467,02 µg/g a 637,57 µg/g respectivamente e os de polpa branca e roxa apresentaram baixos teores de carotenoides totais que foram de 74,47 µg/g a 223,69 µg/g respectivamente.

Tabela 6 - Teor de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce na forma cozida.

Cor da polpa	Genótipos de batata-doce	Teor de CT (µg/100g)
Roxa	Olga	34,29 ± 0,16
	MGSGR18100-11	39,52 ± 0,30
	MGSGR18012-16	597,27 ± 6,49
		223,69 ± 2,31^a
Branca	Nsantimuni	66,10 ± 8,25
	MUSG18021-20	82,83 ± 0,72
		74,47 ± 0,49^b
Amarela	Alisha	203,20 ± 14,45
	Namanga	470,54 ± 34,29
	MGSG17005-10	727,31 ± 46,15
		467,02 ± 31,63^c
Laranja	Victória	396,45 ± 58,96
	Ken	612,14 ± 6,12
	Palmira	569,85 ± 1,08
	MGSG17009-19	971,84 ± 8,12
		637,57 ± 18,57^d

Média de três repetições ± desvio padrão. Os valores apresentados em **negrito** representam a média dos genótipos de batatas-doces com a mesma cor de polpa. As letras minúsculas distintas nas médias, representam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

5.3. Perda de carotenoides totais por cocção

Os resultados referentes à perda de carotenoides totais por cocção (PCTPC%) estão apresentados na Tabela 7. As perdas variaram de 4,21% a 59,14% do genótipo Ken e MUSG18021-20 de polpa laranja e branca respectivamente. Os genótipos de polpa, laranja, roxa e amarela tiveram em média baixas perdas de CT ao passo que os genótipos de polpa branca apresentaram elevadas perdas.

Tabela 7 - Perda de carotenoides totais por cocção dos genótipos de batata-doce.

Continuação		
Cor da polpa	Genótipos de batata-doce	PCTPC%
Laranja	Ken	4,21
	MGSG17009-19	9,93
	Victória	17,94
	Palmira	18,97
		12,76^a
Roxa	MGSGR18100-11	11,72
	MGSGR18012-16	13,88
	Olga	25,99
		17,2^b

		Conclusão
Cor da polpa	Genótipos de batata-doce	PCTPC%
Amarela	MGSG17005-10	12,32
	Namanga	15,96
	Alisha	36,39
		21,56^c
Branca	Nsantimuni	56,39
	MUSG18021-20	59,14
		57,77^d

Média de três repetições \pm desvio padrão. Os valores apresentados em **negrito** representam a média dos genótipos de batata-doce com a mesma cor de polpa. As letras minúsculas distintas nas médias, representam uma diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

6. DISCUSSÃO

6.1. Análise sensorial da cor da polpa dos GBD

A variabilidade da cor da polpa da batata-doce apresentada pelos genótipos estudados no presente trabalho pode ser relacionada à presença de um grupo de substâncias orgânicas citadas na literatura, os carotenoides. Segundo Morais (2006) e Rodrigues (2021), os carotenoides são substâncias responsáveis pela coloração de diversos vegetais e apresentam um espectro de cor que varia entre amarelo, laranja e vermelho, e é com base nisso que se pode dizer que os genótipos de batata-doce que apresentaram polpa de cor amarela e laranja possuem carotenoides, ao passo que os genótipos de polpa branca por serem menos coloridos possuem uma quantidade irrisória de carotenoides. Alguns genótipos de batata-doce do presente estudo apresentaram polpa de cor roxa e de acordo com Mirasse (2010), existe um grupo de substâncias orgânicas presentes em alguns vegetais incluindo a batata-doce que os confere a cor roxa e essas substâncias são chamadas de antocianinas, sendo assim, é provável que os genótipos de batata-doce de polpa roxa do presente estudo, tenham antocianinas e poucos carotenoides.

6.2. Análises físico-químicas dos GBD

6.2.1 Humidade

Os valores de humidade dos genótipos de batata-doce do presente estudo estão próximos aos obtidos por Almeida-Muradian (1991), de 61,28% a 74,67%. Verificou-se que os genótipos de polpa branca apresentaram em média maior humidade e as de polpa laranja baixa humidade o que contrasta com Boavida e colaboradores (2021), segundo os quais a batata-doce de polpa branca geralmente apresenta baixa humidade e a de polpa laranja alta humidade. Segundo a EMBRAPA (2021), para além da humidade ser influenciada pela variedade da batata-doce, pode ser influenciada por outros factores como a época de cultivo e/ ou colheita, a temperatura do solo e a luminosidade. Podem ter sido estes factores que contribuíram para o resultado de humidade obtido no presente trabalho que são contrários aos citados pela literatura.

6.2.2. Sólidos solúveis totais e pH

De acordo com Sánchez e colaboradores (2019), os valores de SST da BD podem variar de 8,4°Brix a 12,2°Brix. Desta feita, os valores de SST obtidos no presente trabalho estão dentro dos limites esperados conforme os autores supracitados. Ainda no presente estudo, obteve-se em média elevado valor de SST nos GBD de polpa roxa, o caso do genótipo Olga que teve um valor de SST de 12,02°Brix. Segundo Lai e colaboradores (2013), a quantidade de sólidos solúveis totais da batata-doce está directamente relacionado com o sabor, o que foi confirmado por Dias Cardoso e colaboradores (2007), que obtiveram um índice de aceitabilidade – (IA) de 94,6% com relação ao atributo sabor na batata-doce de polpa roxa. O valor de pH obtido nos GBD do presente estudo, também esteve próximo dos limites encontrados por Sánchez e colaboradores (2019), que foram

de 5,8 a 6,3. Segundo Lila (2004); Chitarra e Chitarra (2005) e Giori (2010), o pH ligeiramente ácido da batata-doce, deve-se principalmente ao teor de ácidos orgânicos que esta possui e varia segundo a etapa de crescimento, diminuindo durante a etapa de maturação devido ao aumento da actividade metabólica e a sua conversão em açúcares.

6.2.3. Carotenoides totais dos GBD *in natura* e cozidos

Não foram encontrados dados na literatura sobre o teor de carotenoides totais da batata-doce próximos e/ ou semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Alguns estudos como os de Almeida-Muradian (1991), demonstram teores de carotenoides totais de algumas variedades de batata-doce na forma *in natura* que variavam de 67,3 µg/g a 202,7 µg/g o que evidencia que o teor de carotenoides totais varia e/ ou depende da variedade da batata-doce. No presente trabalho, os genótipos de batata-doce de polpa amarela e laranja tiveram maior teor de carotenoides totais, ao passo que os de polpa branca, tiveram menor teor de carotenoides totais. Tal comportamento, pode ser explicado segundo a literatura que faz menção que os carotenoides apresentam um espectro de cor que varia de amarelo, laranja e vermelho, e quanto mais escura for a tonalidade dessas cores maior a sua concentração (Suda, 2003; Silva *et al.*, 2008; EMBRAPA, 2021).

Os genótipos de batata-doce de polpa roxa embora coloridos tiveram baixos teores de carotenoides totais, e isso pode ser explicado pelo facto dos carotenoides não apresentarem a cor roxa, o que leva a crer que provavelmente estes genótipos (polpa roxa) possuam outro tipo de substâncias pigmentares, como as antocianinas já relatadas na batata-doce de polpa roxa (Mirasse, 2010).

Quanto aos genótipos de batata-doce na forma cozida, os de polpa laranja e amarela mantiveram a característica de apresentarem maior teor de carotenoides totais e os genótipos de polpa branca e roxa, baixo teor de carotenoides totais, todavia, verificou-se uma redução do teor de carotenoides totais em todos os genótipos de batata-doce evidenciando a ocorrência de perdas por cocção.

6.3. Perda de carotenoides totais por cocção

No presente estudo, verificou-se elevadas perdas de carotenoides totais nos genótipos de batata-doce de polpa branca (57,77% de perdas); e em um genótipo de polpa amarela (36,39% de perdas). Estas perdas estão acima daquelas descritas pela literatura que faz menção de perdas de carotenoides totais que variam de 20 a 30% quando a batata-doce é submetida ao processo de cocção por imersão em água a 100°C o mesmo procedimento realizado no presente estudo. A batata-doce de polpa branca contém uma quantidade muito baixa de carotenoides totais, o que significa que há menos carotenoides totais para serem perdidos, fortalecendo a hipótese de que não era esperado que os genótipos de batata-doce de polpa branca perdessem muitos carotenoides totais após cocção, como sucedido no presente estudo.

A perda de carotenoides totais durante a cocção para além de ser influenciada por factores como a temperatura, o tempo de cozimento e o pH, é também influenciada pela humidade da batata-doce,

e pode ter sido o factor humidade que levou aos resultados observados pois, os genótipos de batata-doce de polpa branca e amarela supracitados como os que mais perderam carotenoides totais após a cocção apresentavam elevada humidade que foi de 75,12% no genótipo Nsantimuni e 74,13% no MUSG18021-20 e 75,02% no genótipo Alisha, o único genótipo de polpa amarela que apresentou elevada perda de carotenoides totais. A elevada humidade dos genótipos de batata-doce, facilitou o amolecimento do tecido da batata-doce devido a alta temperatura da água fervente (100°C o que causou a desnaturação das proteínas complexadas aos carotenoides, sendo estes por sua vez, liberados para fora da matriz onde ao entrarem em contacto com agentes oxidantes como a luz e oxigénio foram massivamente são degradados (Murador, 2014; Kim *et al.*, 2015; Tian *et al.*, 2016; Ribeiro, 2018).

7. CONCLUSÃO

Os genótipos de batata-doce estudados apresentam cor da polpa que varia de branca, roxa, amarela e laranja;

O genótipo da batata-doce exerce influência sob os parâmetros de umidade, sólidos solúveis totais, pH e carotenoides totais.

Os teores de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce variam de acordo com a cor da polpa, isto é, os genótipos de polpa laranja apresentam maior teor de carotenoides totais seguidos dos genótipos de polpa amarela; ao passo que os genótipos de polpa roxa e branca apresentam menor teor de carotenoides totais.

O processo de cocção reduz o teor de carotenoides totais dos genótipos de batata-doce independentemente da cor da polpa, entretanto, os genótipos de polpa branca apresentam maior perda de carotenoides totais.

8. RECOMENDAÇÕES

Para os subsequentes estudos com os genótipos de batatas-doces em epígrafe, recomenda-se:

- ✓ A realização de análises físico-químicas com vista a determinação completa da composição centesimal dos genótipos de batata-doce;
- ✓ A realização de cromatografia líquida de alta precisão (HPLC) para a identificação dos carotenoides específicos presentes nos genótipos de batata-doce;
- ✓ Realização de análises instrumental de cor com vista a melhor apuração da cor da polpa dos genótipos de batata-doce;
- ✓ A realização de estudos sobre a estabilidade dos carotenoides totais sob diferentes formas de tratamento térmico para a identificação de método de cocção que minimize de forma eficaz as perdas de carotenoides;
- ✓ Ao Centro Internacional da Batata, que faça estudos mais aprofundados sobre os genótipos de batatas-doces identificados com boas fontes de carotenoides para a criação de clones cada vez mais ricos em β -caroteno assim como outros nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, M. K. (2021). A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421004398>. Acesso: 22 de Março de 2023.
- Almeida-Muradian, L. B. de. (1991). Carotenoides da batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.) e sua relação com a cor das raízes *in*: Tese para obtenção do grau de doutor. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-19032008-104456/pt-br.php>. Acesso: 20 de Agosto de 2022.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1997). International Official Methods of Analysis 16th Edition, AOAC, Arlington. Disponível em: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>. Acesso: 10 de Fevereiro de 2023.
- Banco Mundial. (2021). Agricultural Sector *Risk Assessment for Mozambique*. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35854>. Acesso em: 06 de Abril de 2023.
- Boavida, C., Carvalho, G., Diogo, E., Lopes, F., Mateus, C., Marques, A.M., Pinto, A., Sánchez, C., Sousa, E., Viveiros, C., Veloso, A. (2021). Batata-doce. Manual de Boas Práticas Agrícolas: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV, I.P.). ISBN 978-972-579-057-1. Disponível em: <https://projects.inia.pt/BDMIRA/images/divulgacao/manual-tecnico.pdf>. Acesso: 21 de Fevereiro de 2023.
- Carvalho, C. R. L. (1996). Determinação de Isômeros Geométricos de Alguns Carotenoides provitaminicos A por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. 1996, 127p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Campinas – São Paulo, Campinas. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/4301930/carol-hollingworth-collins>. Acesso: 22 de Dezembro de 2022.
- Cecchi, H. M. (2003). Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas: Unicamp. Disponível em: http://bibcentral.ufpa.br/arquivos/145000/147400/19_147480.htm. Acesso: 22 de Setembro de 2022.
- Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. (2005). Pós-colheita de frutos e hortaliças. 2. Ed. Lavras. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/mapeneo/cca-217-fisiologia-pos-colheita-de-frutos-e-hortalicas?download=11:apostila-pos-colheita>. Acesso: 25 de Agosto de 2022.
- CIP - *International Potato Center*. (2016). Avaliação intermédia de projeto batata-doce nutritiva para Niassa. Maputo. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2022D/agricultura.pdf>. Acesso: 12 de Janeiro de 2023.
- Constant, P. B. L. (2002). Corantes Alimentícios. Dissertação (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa (UFV). Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/353960878_Corantes_Naturais_da_diversidade_da_natura_reza_as_aplicacoes_e_beneficios . Acesso: 11 de Janeiro de 2023.

Constantino, M.G., da Silva, G. V. J., Donato, P. M. (2004). Fundamentos de Química experimental", Editora EdUsp, São Paulo. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/cbiop/Quimica%20Geral%20Experimental.pdf> . Acesso: 22 de Dezembro de 2022.

D'Imperio, M., Renna, M., Cardinali, A., Buttarò, D., Serio, F., Santamaria, P. (2016). Calcium biofortification and bioaccessibility in soilless "baby leaf" vegetable production. Food Chemistry, v. 213, p. 149–156. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.966018/full>. Acesso: 13 de Janeiro de 2023.

Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., Paredes-López, O. (2000). Critical Reviews in Food Science and Nutrition.40, 173. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001416387>. Acesso: 12 de Janeiro de 2023.

Dias Cardoso, A., Vianai, A. E., Matsumotoi, S. N., Neto, H. B., Khouri, C. R., Melo, T. L. (2007). Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/537/2/jose_altair_figueiredo.pdf. Acesso: 22 de Setembro de 2022.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2015). Alimentos biofortificados buscam reduzir a desnutrição da população. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/index.php/BRJD/article/view/7469>. Acesso 16 de Fevereiro de 2023.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (2021). Soluções Tecnológicas – Batata-doce Beauregard. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7172/batata-doce-beauregard>. Acesso: 19 de Março de 2023.

FAOSTAT. (2021). FAO statistics division. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso: 16 de Fevereiro de 2023.

Fontana, J. D., Mendes, S. V., Persike, D. S., Peracetta, L., Passos, M. (2000). Carotenoides: cores atraentes e ação biológica. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, n.13. 40-45. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/546/1/2006_FlaviaLuisaMorais.pdf. Acesso: 11 de Janeiro de 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2016). El espectro da malnutrição. Disponível em: https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/FAO_Full-Report.pdf. Acesso: 22 de Fevereiro de 2023.

Francis, F. J. (1986). Handbook of food colorants patents. Food and Nutrition Press., USA. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/407276992/Eagan-Press-handbook-series-Practical-guides->

[for-the-food-industry-Francis-Frederick-John-Colorants-Handbook-Amer-Assn-of-Cereal-Chemists-Eaga](#). Acesso: 23 de Setembro de 2022.

Giori, F.P. (2010). Adaptação de metodologia de digestão *in vitro* e determinação do bio acessibilidade *in vitro* de β -caroteno em três variedades de batata doce de polpa alaranjada. Dissertação - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/download/2019/2336/10975>.

Acesso: 27 de Novembro de 2022.

Instituto Adolfo Lutz. (1985). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. Vol. 1. 3 ed. São Paulo. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso de 22 Janeiro de 2023.

Instituto Nacional de Estatística - (INE). (2021). *Agricultural Statistics Bulletin*. Disponível em: <https://www.ine.gov.mz/estatisticas/estatisticas-territoriais/agricultura-e-pecuaria/balanco-alimentar>. Acesso em: 06 de Abril de 2023.

International Potato Center. (2016). Avaliação intermédia de projeto batata-doce nutritiva para Niassa. Maputo. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2022D/agricultura.pdf>. Acesso: 12 de Janeiro de 2023.

Kim, H. J., Park, W. S., Bae, J. Y., Kang, S. Y., Yang, M. H., Lee, S., Lee, H. S., Kwak, S. S., Ahn, M. J. (2015). Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. *Journal of food composition and analysis*, v. 41. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/296918806.pdf>. Acesso: 25 de Setembro 2022.

Lai, Y.C., Huang, C. H., Chan, C. F., Liao, W. C. (2013). Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (*Ipomoea batatas L.*). *Journal of Food Science and Technology* 50(6):1193-1199. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/studies-sugar-composition-starch-morphology-baked/docview/1439577997/se-2>. Acesso: 26 de Outubro de 2022.

Li, X. (2016). Effects of Cooking Methods on the Carotenoid Content of Four Sweet Potato Cultivars (*Ipomoea batatas L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 64, n. 16. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00629>. Acesso: 13 de Janeiro de 2023.

Lila, M. A. (2004). Anthocyanin sand human health: an *in vitro* investigative approach biomedicine and biotechnology. V 1, n.5. Disponível em: <http://www.sciepub.com/reference/223037>. Acesso: 27 de Novembro de 2022.

Lopes, M. A. C., Ortega-Flores, C. I., Pentead, M. V. D. C. (2002). Alterações estruturais *in vivo* dos isômeros *trans*, 9-*cis* e 13-*cis* do β -caroteno. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.22, n. 3, p. 224-228. Disponível em: <http://objdig.ufri.br/59/teses/806686.pdf>. Acesso: 22 de Agosto de 2022.

- Mapaure, I., Ferreira, S., Jorge, M. (2021). *Nutritional quality of sweet potato [Ipomoea batatas (L.) Lam.] grown in Mozambique*. Heliyon, 7(4), e06831. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405452621003584>. Acesso em: 06 de Abril de 2023.
- Martini, F. C. C. (2002). Comparação entre a disponibilidade de ferro na presença de vitamina A e beta-caroteno em alimentos e medicamentos. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, São Paulo. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000144&pid=S0101-2061200800050001300026&lng=es . Acesso: 04 de Março de 2023.
- Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural – (MADER). (2019). Relatório do Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar de Moçambique. Disponível em: <https://www.portaldogoverno.gov.mz/por/content/download/5912/42658/version/2/file/Relat%C3%B3rio%20do%20MINAGRI%202019.pdf>. Acesso em: 06 de Abril de 2023.
- Mirasse, J. J. (2010). O consumo de batata-doce de polpa alaranjada entre famílias rurais do nordeste de Moçambique: um estudo sobre percepções de comida e segurança alimentar na província de Nampula. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Ufrgs, Dissertação-mestrado. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7392974.pdf> . Acesso: 25 de Agosto de 2022.
- Mohanraj, R., Sivasankar, S. (2014). Swwet potao (*Ipomoea batatas* Lam.) a valuable medical food: A review. Journal of medical food, Vinayaka, v. 17, n.7, p. 733741. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/11449/155888/3/cordeiro_inf_me_jabo.pdf. Acesso: 23 de Fevereiro de 2023.
- Morais, F. L de. (2006). Carotenoides: Características químicas e biológicas. 2006, 60p. Pós-graduação (curso de especialização em qualidade de alimentos) – Universidade de Brasília – CET – Centro de Excelência em Turismo – DF, Brasília. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0711290508.pdf>. Acesso: 11 de Janeiro de 2023.
- Murador, D. C., da Cunha, D. T., de Rosso, V. V. (2014). Effects of cooking techniques on vegetable pigments: a meta-analytic approach to carotenoid and anthocyanin levels. Food research international, v. 65. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263494685_Effects_of_cooking_techniques_on_vegetable_pigments_A_meta-analytic_approach_to_carotenoid_and_anthocyanin_levels. Acesso: 23 de Setembro de 2022.
- Ribeiro, E. (2018). Composição química de variedades de batata-doce de polpa branca e laranja e seus produtos. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 42, n. 4. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018424013218>. Acesso: 03 de Março de 2023.

- Ribeiro, E. P., Seravalli, E. A. G. (2004). Química de Alimentos. 1ª edição, Instituto Mauá de Tecnologia, Editora: Edgard Blücher Ltda, São Paulo. 155-157. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/546/1/2006_FlaviaLuisaMorais.pdf. Acesso: 01 de Janeiro de 2023.
- Rodrigues, D. B., Maldonade, I. R., Lozada, M. I. O., De Oliveira, L. de L. (2021). Metodologia para determinação de carotenoides totais e β -caroteno em óleo. COMUNICADO TÉCNICO. Brasília, DF. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221073/1/COT-131-9-fev-2021.pdf>. Acesso: 01 de Fevereiro de 2023.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1999). A guide to carotenoid analysis in food. ILSI Press, Washington .37-51. Disponível em: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacq929.pdf. Acesso: 23 de Dezembro de 2023.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2004). Advances in food carotenoid research: contribution of a brazilian laboratory. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 63, n. 2. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5286946/mod_folder/content/0/Rodriguez-Amaya_Carotenoides_2004.pdf. Acesso: 25 de Novembro de 2022.
- Rufino, M.S.M., Alves, R.E., Brito, E. S., Morais, S.M., Sampaio, C.G., Perez-Jimenez, J., Saura-Calixto, F. D. (2007). Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas Pela Captura do Radical. Livre ABTS. Embrapa Agroindústria Tropical: Comunicado Técnico 127. Fortaleza-CE. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/426953>. Acesso: 12 de Janeiro de 2023.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kamat, M.Y. (2008). The carotenoid pigment Zeaxanthin—A Review. 7:29-49. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2007.00028.x>. Acesso: 30 de Novembro de 2022.
- Sánchez, C., Santos, M., Vasilenko, P. (2019). Batata-doce branca, roxa ou alaranjada? Avaliação qualitativa e nutricional. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária – (INIAV). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355426776_Batata-doce_branca_roxa_ou_alaranjada_Avaliacao_qualitativa_e_nutricional Acesso: 06 de Abril de 2023.
- Schiavon, M. (2020). Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition. Plant and Soil. Disponível: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf305361s>. Acesso: 12 de Março de 2023.
- Shami, N. J. I. E., Moreira, E. A. M. (2004). Licopeno como agente antioxidante. Revista Nutrição, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC1259_01_A.pdf . Acesso: de 15 Janeiro de 2023.

Silva, J. B. C., Silva, E. M. M., Carvalho, P. G. B., Salvador, I., Rangel, C. N., Leastro, D. A., Carvalho, J. L. V., Nutti, M. (2008). Batata-doce biofortificada: alimento popular com alto teor de pró-vitamina a. In: simpósio sobre inovação e criatividade científica na EMBRAPA Brasília. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/download/2019/2336/10975>. Acesso: 24 de Julho de 2022.

Silva, J.B.C., Melo, W.F., Buso, J.A., Nutti, M.R., Carvalho, P.G.B., Carvalho, J.L.V., Nunes, M.U.C., Farias, A. (2010). Beauregard: cultivar testada e indicada de batata-doce. Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIIJTC/VIIIJTC/paper/view/1981/2248> Acesso 04 de Janeiro de 2023.

Suda, I. (2003). Physiological functionality of purple fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. Japan agriculture research quarterly: jarq. v. 37, n. 3. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jarq/37/3/37_167/article. Acesso: 21 de Novembro de 2022.

Tanumihardjo, S.A. (2011). "Vitamin A: biomarkers of nutrition for development". The American Journal of Clinical Nutrition. 94 (2): 658S–665S. doi:10.3945/ajcn.110.005777. PMC 3142734 Freely accessible. PMID 21715511. Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/vitamina-a/>. Acesso: 12 de Janeiro de 2023.

Tian, J., Chen, J., Ye, X., Chen, S. (2016) Health benefits of the potato affected by domestic cooking: a review. Food chemistry, v. 202. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/26675866>. Acesso: 22 de Setembro de 2022.

Young, A. J., Lowe, G. M. (2001). Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. Archives of Biochemistry and Biophysics, v. 385, n. 20-27. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/7/2/28>. Acesso: 23 de Agosto de 2022.

ANEXO

I. Material e equipamentos usados

Material	Descrição
Reagentes	Acetona P.A. Éter de petróleo P.A. Hidróxido de potássio Sulfato de sódio anidro Metanol (grau HPLC e P.A.)
Vidraria e aparelhos/ ou equipamentos	Balança analítica (VOS 600-2) Balão volumétrico de 50 mL Cubetas de 2 mL Béquer de 1000 mL Pipeta volumétrica de 25 mL Fracos de vidro âmbar Funil de separação 500 mL Erlenmeyer de 125 mL Estufa (UN-110 Memmert) Espectrofotômetro 1700 (UV-SHIMADZU) Refractômetro de bancada (Accsen) Potenciômetro (Accsen pH8)