



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE LICENCIATURA

**Efeito da desidratação osmótica na qualidade das passas de
maçanica (*Ziziphus Mauritiana*) obtidas em Maputo e Tete**

Autora:

Ércia Alfredo Manhiça

Supervisora:

Prof^ª. Doutora. Eng^ª Isabel Guiamba

Co-supervisora:

Prof^ª. Doutora. Eng^ª Maida Khan

Maputo, Julho de 2022



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE LICENCIATURA

**Efeito da desidratação osmótica na qualidade das passas de
maçanica (*Ziziphus Mauritiana*) obtidas em Maputo e Tete**

Autora:

Ércia Alfredo Manhiça

Supervisora:

Prof^ª. Doutora. Eng^ª Isabel Guiamba

Co-supervisora:

Prof^ª. Doutora. Eng^ª Maida Khan

Maputo, Julho de 2022

Dedico este trabalho,

*A Deus e aos meus queridos pais Alfredo Laita e
Madalena Sequene exêmplos de fé e vida que
sempre foram amorosos e nunca mediram esforços
para que eu tivesse uma boa formação.*

Agradecimentos

Primeiramente agradeço ao meu amado e maravilhoso Deus, pelo dom da vida e por estar sempre presente na minha vida, me dando força, incentivo, coragem e determinação durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Alfredo Jossai Laita e Madalena Eugénio Sequene e irmãos José Pedro, Ângela, Sónia e Emília pelo amor, carinho, compreensão e apoio constante ao longo desta jornada e em todos os momentos da minha vida.

Aos meus familiares pelo encorajamento, orações e ensinamentos, em especial aos meus avôs.

A minha supervisora Prof^a. Doutora. Eng^a Isabel Guiamba e co-supervisora Prof^a. Doutora. Eng^a Maida Khan pela orientação, paciência, confiança e contribuições para a realização deste trabalho.

A Eng^a Virgínia, Eng^a Asmina, dr^a Cândida, dr^a Nazira e eng^o Raniel pelas orientações técnicas durante as experiências laboratoriais.

Aos meus Professores do Departamento de Engenharia Química pela atenção e ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Química pela disposição em sempre ajudar.

As minhas amigas e colegas Uneisa de Araújo, Helena Guimarães e Maida Sinai pelo companheirismo, amizade, incentivo e apoio.

Aos meus primos Cesar Manhisse, Artur Sequene, Sheila Langa e em especial ao Paulo Tete pelo inestimável companheirismo, carinho, apoio e ensinamentos transmitidos a cada dia ao longo da minha jornada.

A todos que não foram aqui mencionados, mas que de forma directa ou indirecta fizeram parte da minha formação.

Meus sinceros agradecimentos.

Resumo

A maçanica é uma fruta nativa, rica em vitamina C que pode desenvolver um papel importante na nutrição de populações com insegurança alimentar e ser fonte de renda adicional para pequenos agricultores. Porém possui elevada humidade; e é facilmente deteriorável. Como forma de preservação, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito da desidratação osmótica como pré-tratamento antes da secagem, na qualidade de passas de maçanica obtidas em Maputo e Tete. Foram realizadas análises físico-químicas da maçanica “in natura”. A desidratação osmótica (DO) ocorreu em soluções osmóticas de 40, 45 e 50 °Brix, à 55 °C durante 6 horas. A secagem foi realizada em estufa a 60 °C durante 24 horas. As amostras desidratadas osmoticamente foram analisadas e comparadas com as amostras frescas em termos de: teor de humidade (%); sólidos solúveis (°Brix); actividade da água, cor e vitamina C. Os resultados da DO mostraram que a perda de massa é favorecida pelo aumento da concentração da solução osmótica, tendo sido encontradas maiores perdas em amostras pré-tratadas em solução de 50 °Brix, onde a maçanica de Tete perdeu 15,3 % e a de Maputo 13,3%. Dos parâmetros analisados após DO, a vitamina C sofreu mais degradação devido ao seu carácter hidrossolúvel. A redução da humidade resultou em valores entre 71,6 e 77% na maçanica de Maputo e entre 45,9 e 57,2% na maçanica de Tete. Houve um decréscimo médio de 3,9 % da actividade de água em ambas maçanicas e aumento dos sólidos solúveis após pré-tratamento, relativamente à maçanica “in natura”. Após a secagem convectiva foram alcançados valores de humidade entre 8,9 a 16,8% em todas as amostras. No final do pré-tratamento e da secagem houve maior tendência ao escurecimento em relação à maçanica “in natura”, principalmente na maçanica obtida em Tete.

Palavras chave: Maçanica, caracterização, desidratação osmótica, secagem

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Objectivos.....	3
2.1	Objectivo Geral	3
2.2	Objectivos específicos.....	3
3.	Revisão da Literatura	4
3.1	Maçanica	4
3.2	Características físico-químicas da maçanica fresca	6
3.3	Distribuição das espécies da maçanica no mundo.....	7
3.4	Desidratação Osmótica.....	9
3.4.1	Processo de transferência de massa na desidratação osmótica.....	12
3.4.2	Variáveis do processo de desidratação osmótica.....	13
3.5	Secagem	15
3.6	Parâmetros físico-químicos dos alimentos	16
3.6.1	Humidade	16
3.6.2	Actividade da água	17
3.6.3	Teor de sólidos solúveis (°Brix)	17
3.6.4	Vitamina C	18
3.6.5	Cor.....	19
3.6.6	Acidez titulável	20
3.6.7	Cinzas.....	21
3.6.8	Fibras.....	21
3.6.9	Gordura.....	21
3.6.10	Proteínas	22
4.	Parte experimental.....	23
4.1	Materiais.....	23
4.1.1	Matéria-Prima.....	23
4.1.2	Soluções osmóticas	24
4.1.3	Equipamentos	24
4.1.4	Instrumentos	24
4.2	Métodos.....	24
4.2.1	Caracterização físico-química da matéria-prima.....	24
4.2.2	Experiências	25
4.2.3	Processo de desidratação osmótica.....	26

4.2.4	Processo de secagem	27
4.2.5	Métodos analíticos.....	27
5	Resultados e Discussão	30
5.1	Características físico-químicas da maçanica fresca	30
5.2	Desidratação osmótica.....	33
5.3	Secagem	43
6	Conclusões	50
7.	Recomendações.....	51
8.	Referências Bibliográficas	52
	Apêndices	59

Lista de abreviaturas e símbolos

a	Coordenada cromatográfica vermelho/verde
a_w	Actividade da água
b	Coordenada cromatográfica amarelo/azul
BI	<i>Browning Index</i> (índice de acastanhamento)
CaO	Óxido de cálcio
DO	Desidratação osmótica
Fe_2O_3	Óxido de ferro (III)
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
HCl	Ácido clorídrico
KOH	Hidróxido de potássio
L	Luminosidade
M	Molaridade (unidade de concentração)
m/v	massa/volume
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
P_2O_5	Pentóxido de fósforo
P	Peso da amostra
Pm	Perda de massa
TSS	Teor de sólidos solúveis
Vit. C	Vitamina C
v/v	volume/volume
ΔE	Variação total de cor

Lista de figuras

Figura 1: Maçanica fresca.....	4
Figura 2: Mapa de distribuição das espécies da maçanica	8
Figura 3: Transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica.....	12
Figura 4: Estrutura química da Vitamina C.....	18
Figura 5: Maçanica fresca: a) obtida em Tete; b) obtida em Maputo.....	23
Figura 6: Diagrama de fluxo do processo de desidratação osmótica para obtenção de passas de maçanica	25
Figura 7: a) Parte externa do banho termostático; b) Parte interna do banho durante o processo	26
Figura 8: Estufa a vácuo	27
Figura 9: Refractómetro de Abbe	28
Figura 10: Percentagem de perda de massa da amostra obtida em Tete em função do tempo	33
Figura 11: Percentagem de perda de massa da amostra obtida em Maputo em função do tempo	34
Figura 12: Teor de Humidade em amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente.....	36
Figura 13: Actividade da água das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente.....	37
Figura 14: Teor de sólidos solúveis das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente.....	39
Figura 15: Teor de Vitamina C das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente.....	40
Figura 16: Teor de humidade das amostras submetidas a secagem	44
Figura 17: Teor dos sólidos solúveis das amostras submetidas à secagem.....	45
Figura 18: Índice de acastanhamento da amostras frescas e desidratadas osmoticamente após secagem.....	47
Figura 19 : Maçanicas obtidas em Maputo após secagem.....	48
Figura 20: Maçanica obtida em Tete após secagem	48

Lista de tabelas

Tabela 1: Constituintes nutricionais da polpa da maçanica fresca de 4 variedades diferentes	6
Tabela 2: Composição nutricional da fruta fresca <i>Ziziphus Mauritiana</i> e da maçã	7
Tabela 3: Percentagem de exploração das árvores de maçanica por província em 2010 e 2015	9
Tabela 4: Peso, altura e diâmetro da maçanica obtida em Maputo e Tete	23
Tabela 5: Caracterização físico-química da parte comestível da maçanica fresca de Maputo e Tete	30
Tabela 6: Parâmetros L^* , a^* , b^* das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente	41
Tabela 7: Índice de acastanhamento e variação da cor das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente	42
Tabela 8: Valores de peso perdido referentes às amostras de Maputo e Tete após secagem	43

1. Introdução

A maçanica (*Ziziphus Mauritiana*) é uma fruta indígena conhecida por sua ampla capacidade de crescimento em diferentes tipos de solo. Actualmente encontrada em grande parte no mundo teve sua origem na Índia, onde se naturalizou na África Tropical, China e no Mediterrâneo onde é comercialmente importante. A fruta é rica em vitamina C e possui grande quantidade de água, que leva ao fácil desenvolvimento de microorganismos, o que contribui para o processo de deterioração. As frutas são sazonais, estando disponíveis em determinadas épocas do ano e apresentam um curto período de vida útil. Devido à oferta abundante durante a sua temporada, o excesso de oferta no mercado resulta na deterioração e perdas de grandes quantidades da fruta. A preservação desta fruta pode prevenir o enorme desperdício e permitir que haja maior disponibilidade no mercado durante maior parte do ano.

Neste contexto, surge a secagem, forma de desidratação utilizada na preservação de alimentos, com a função principal de promover sua estabilidade microbiológica inibindo o crescimento microbiano através da redução da actividade de água, ao mesmo tempo em que diminui o peso do alimento, garantindo economia e praticidade em seu armazenamento e transporte (Porciuncula, 2010).

Apesar de a secagem ser um método simples e de fácil operação, o processo envolve temperaturas consideravelmente altas para as frutas, por um longo período, causando alterações na composição dos alimentos, perda de nutrientes voláteis e sensíveis a altas temperaturas e modificações bastante significativas na sua estrutura e cor (Sousa, 2007).

Tendo em vista a redução das perdas nutricionais e sensoriais, diversificação da oferta de produtos de fácil utilização com características organolépticas distintas e diminuição dos custos do processo, surge à necessidade do emprego da desidratação osmótica como pré-tratamento para a secagem (Panagiotou et al., 1998).

A desidratação osmótica é conhecida como imersão de um material biológico em uma solução osmótica, ocorrendo o fluxo de água do tecido material para a solução, transferência do soluto da solução para o tecido de material sólido e fluxo de lixiviação do tecido natural (Shi e Maguer, 2002).

Segundo Porciuncula (2010) e Freitas (2009), a desidratação osmótica tem se apresentado como uma prática tecnológica para desenvolver produtos derivados de frutas com valor agregado e com propriedades funcionais, estáveis e mais próximos aos alimentos frescos, além de prevenir a descoloração de frutas causada por enzimas oxidativas, devido à imersão do produto na solução osmótica, isenta de oxigênio.

A desidratação osmótica difere dos métodos de secagem convencionais, pois um processo de imersão geralmente não produz produtos estáveis. Assim, a desidratação

osmótica é usada como uma etapa de pré-processamento antes da secagem final, adição de agentes conservantes ou congelamento (Panagiotou et al., 1998).

A desidratação osmótica tem sido utilizada como pré-tratamento devido às vantagens apresentadas no produto final, como retenção da cor natural sem adição de sulfitos, alta retenção de componentes voláteis durante a etapa de secagem, redução do fenómeno de encolhimento. Essas vantagens são obtidas devido às condições amenas de operação, que, de uma maneira geral provocam menores alterações na matéria-prima. Pode-se ainda modificar as propriedades funcionais do alimento, pela incorporação de solutos e sem perda da integridade do alimento (Egea, 2014).

Na busca por uma fruta seca (processada) e nutritiva, este estudo teve como objectivo avaliar o efeito da desidratação osmótica como pré-tratamento seguida de secagem em estufa, na qualidade de passas de maçanica obtidas em duas províncias do país nomeadamente, Maputo e Tete.

2. Objectivos

2.1 Objectivo Geral

Este trabalho tem como objectivo geral estudar o efeito da desidratação osmótica na qualidade das passas de maçanica obtidas em Maputo e Tete.

2.2 Objectivos específicos

Os objectivos específicos foram:

- Fazer análise físico-química da maçanica fresca;
- Fazer secagem da fruta fresca, desidratação osmótica e secagem da fruta pré-desidratada osmoticamente;
- Avaliar a influência da variação da concentração do agente osmótico durante o processo de desidratação osmótica;
- Avaliar e comparar a maçanica desidratada usando diferentes concentrações e seca com ar quente quanto às características físico-químicas (humidade, actividade da água, °brix, cor e vitamina C) com a maçanica in natura.

3. Revisão da Literatura

3.1 Maçanica

Aspectos gerais sobre a maçanica

A maçanica conhecida cientificamente como *Ziziphus Mauritiana Lamk.*, é uma fruta quase esférica, com aproximadamente 1,5 cm de diâmetro, verde claro ou amarelo acastanhado (figura 1), ácido e doce quando madura (Memon, 2012). Pertence à família *Rhamnaceae* e é originária da Índia (Maluleque, 2015).



Figura 1: Maçanica fresca

Sitoe e Falcão (2012) e Azam-Ali et al. (2006), afirmam que a árvore caracteriza-se por ser espinhosa, de pequeno à médio porte, variando a sua altura de 3 à 16m, e em alguns casos raros chegando até 20m. Apresenta um caule cinzento escuro, fissurado, com placas retangulares, que produz uma excelente lenha (alburno¹ tem 4900 Kcal/Kg) e um bom carvão.

Os ramos são densamente brancos e púberes, especialmente quando novos e tendem a ser em zigue-zague. Ramos erectos e se espalhando torna tornando-se flexíveis e opacos castanho-acinzentados.

As folhas são verde brilhante, simples e com três veias principais partindo da base; são pecioladas de 1,1-5,8 mm de comprimento. Estas são usadas em algumas partes da Índia e Norte de África como forragens nutricionais para ovelhas e cabras e na Indonésia, as folhas mais novas são cozidas como vegetais.

As flores são amarelas e pequenas, geralmente formando agregados, têm espinhos, um disco com cerca de 3 mm de diâmetro e um ovário de 2 células, imerso no disco. As flores tendem a ter um cheiro forte e são ocasionalmente fontes de pólen, sendo assim usadas para apicultura.

Segundo Azam-Ali et al. (2006) e Orwa (2009) a árvore é conhecida por sua capacidade de resistir a condições adversas como salinidade, inundação e seca. As plantações são

¹Parte externa, mais nova e funcional, da madeira em plantas lenhosas

normalmente encontradas em áreas com temperaturas mínimas de 4 a 12 °C e em alguns casos raros -2°C em curtos períodos, embora pode causar lesões as plantas no seu primeiro estágio e frutas. Temperaturas de congelamento, contudo, causam ferimentos nos ramos novos e desenvolvimento de frutas e resultam em considerável perda da colheita e declínio no crescimento da árvore. E também podem crescer em regiões de temperaturas máximas de 39 a 42 °C, podendo tolerar até 49 a 50 °C, debilitando acima destas condições.

A qualidade do fruto é melhor em condições quentes, ensolaradas e secas, mas deve haver uma estação chuvosa para suportar o crescimento e a floração, de preferência deixando umidade residual no solo suficiente para levar os frutos à maturidade.

O crescimento da árvore geralmente acontece em solos de cascalho, solos rasos à profundos e em entisolos², sendo os melhores a areia argilosa que pode ser neutra ou mesmo ligeiramente alcalina. Em alguns casos a fruta pode crescer em solos com grande concentração de hidróxidos de ferro e alumínio.

O cultivo comercial geralmente se estende até 1000 m de altitude. Além dessa altitude, as árvores não têm um bom desempenho e o cultivo se torna menos econômico. Nativa de regiões tropicais e subtropicais, a maçanica é mais difundida em áreas com precipitação pluvial anual de 300-500 mm (Orwa, 2009).

Aplicações da maçanica

Memon (2012), Muchuweti et al. (2005) e Orwa (2009) afirmam que a fruta é consumida fresca ou seca, podendo ser usada para produção de jam, doces e bebidas por meio da maceração da polpa da fruta em água. Esta também pode ser adicionada em farinha para refeição, em manteiga ou pasta de bolo de queijo e como condimento.

Na medicina, a fruta pode ser considerada de uso digestivo quando consumida numa mistura com sal e pimenta; frutas maduras secas são usadas como um laxante³ suave e ainda pode ser usado para purificação do sangue e como veneno para entorpecer peixes. Na indústria têxtil é usada para colorir seda.

²Solos novos que não estão totalmente desenvolvidos devido a sua recente formação

³Substância que provoca contrações intestinais, que levam o indivíduo a defecar

3.2 Características físico-químicas da maçanica fresca

A maçanica apresenta grande quantidade de nutrientes, sendo esta rica em açúcares (sacarose, glicose, frutose e amido), carboidratos que promovem energia. Quando fresca contém cerca de 81% de água, proteínas e muitos aminoácidos (asparagina, arginina, ácido glutâmico, ácido aspártico, glicina, serina e treonina) (Memon, 2012).

A composição físico-química desta fruta varia de acordo com a sua variedade. Nyanga et al. (2012), estudaram a composição físico-química da maçanica de Muzarabani (comunidade rural) em Zimbabwe tendo concluído que esta possui cerca de 75,9% de humidade, cinzas (3,6g/100g), teor de proteínas (8,7 g/100g), gordura (1,5 g/100g), fibras (7,3g/100g), carboidratos (83,2g/100g), vitamina C (43,6 mg/100g).

Kumar (2005) estudou a composição físico-química da variedade Umran tendo obtido os seguintes resultados: cor verde amarelado, teor de humidade de 82,01%, 10,5 % de total de sólidos solúveis, 0,27 % de acidez; 114 mg/100g da polpa de conteúdo de ácido ascórbico, 6,32 % de açúcares totais e 3,11 % de açúcares redutores. Azam-Ali et al. (2006), analisaram a polpa de quatro variedades, sendo os resultados mostrados na tabela 1.

Tabela 1: Constituintes nutricionais da polpa da maçanica fresca de 4 variedades diferentes

Constituintes	Gola (1983)	Kaithli (1983)	Banarsi Karaka (1983)	Umran (1983)
Humidade (%)	81	--	81	--
Amido (%)	0,95	--	0,86	--
Brix ^o	17-20	16-18	13-17	18-20
Açúcares totais (%)	8,3-12,1	4,9-10	5,4-12,4	7,2-7,4
Açúcares redutores (%)	3,3-5,8	1,95-2,7	3,3-3,7	2,6-2,9
Açúcares não-redutores (%)	2,4-8,4	2,2-8,0	3,3-8,4	4,8-4,9
Acidez (%)	0,37-0,75	0,16-0,51	0,13-0,48	0,19-0,35
Proteína (%)	-	1,18	-	1,03
Cinzas totais (%)	-	0,45	-	0,34
CaO (%)	-	0,04	-	0,03
P ₂ O ₅ (%)	-	0,02	-	0,01
Fe ₂ O ₃ (mg/100g)	-	0,50	-	1,00
Ácido ascórbico (mg/100g)	70	89-133	66-110	73-103

Fonte: Azam-Ali et al. (2006)

Segundo Azam-Ali et al. (2006) e Pasternak (2016), a riqueza da polpa em compostos nutritivos tem sido amplamente reconhecida. A maçanica é mais rica que a maçã em proteína, fósforo, cálcio, caroteno e vitamina C (tabela 2) e laranjas em fósforo,

vitamina C, ferro e carboidratos e possui um valor calórico maior que as frutas acima mencionadas.

Tabela 2: Composição nutricional da fruta fresca *Ziziphus Mauritiana* e da maçã

Elemento nutricional	Valor nutricional por 100g da parte fresca comestível	
	Maçanica	Maçã
Proteína (g)	0,80	0,26
Gordura (g)	0,07	0,17
Fibra (g)	0,60	2,40
Carboidratos (g)	17,0	13,8
Cálcio (mg)	25,6	6,00
Fósforo (mg)	26,8	11,0
Ferro (g)	1,80	0,12
β-caroteno (mg)	0,021	0,027
Ácido Ascórbico (mg)	70,0	4,60

Fonte: Pasternak (2016)

Em termos de carboidratos a polpa da maçanica possui 12,8-13,6%, das quais 5,6% de sacarose, 1,5% de glucose, 2,1% de frutose e 1 % de amido. O teor total de açúcares é diferente de acordo com a variedade (S.Azam-Ali et al., 2006).

A polpa da maçanica contém cerca de 70 IU vitamina A/100g, β-Caroteno variando de 75 a mais de 80 mg/100g, 70-165 mg/100g de Vitamina C sendo por isso considerada uma das frutas mais ricas em vitamina C.

3.3 Distribuição das espécies da maçanica no mundo

As espécies da maçanica são distribuídas por todos os subtropicais e trópicos quentes do sul da Ásia. No cultivo, esta se espalhou para o sudoeste em direcção a Malásia e para o leste através da Indochina e sul da China. É comum na África e no sul da Arábia, onde provavelmente foi cultivado pela primeira vez, no entanto, na África se naturalizou e os chamados tipos selvagens (*wild species*) podem ser encontrados, especialmente como arbustos em vez de formas arbóreas (Azam-Ali et al., 2006).

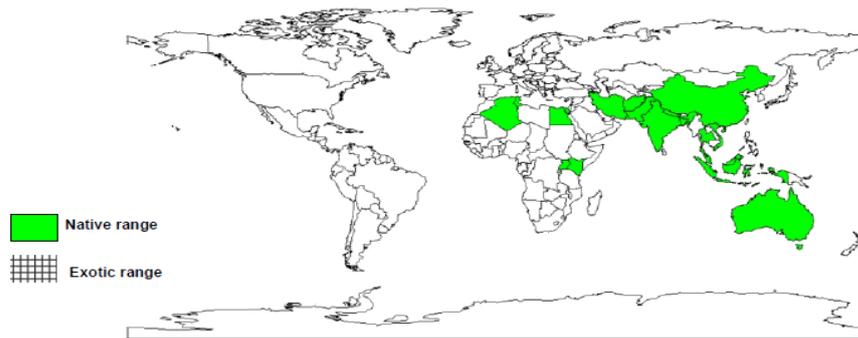


Figura 2: Mapa de distribuição das espécies da maçanica

Fonte: Orwa (2009)

Orwa (2009) afirma que a distribuição demonstrada na figura 2, não implica que as espécies possam ser plantadas em todas as zonas ecológicas de um determinado país, e nem que as espécies não possam ser plantadas em outros países além da região acima indicada, uma vez que as espécies experimentais são invasivas.

Maçanica em Moçambique

Sitoe e Falcão (2012), afirma que a maçanica foi introduzida pelos árabes em Moçambique, onde naturalizou particularmente na região do Vale do Zambeze.

A árvore é resistente a seca e espontânea, leva cerca de 2 a 3 anos para iniciar a produção de frutos. A floração inicia no mês de Abril e a colheita de frutos inicia geralmente em Junho e termina nos meses de Agosto e Setembro.

A fruta é comestível, sendo comercializada nos mercados locais *in natura* ou seca. É também é usada na preparação de aguardente. Nos casos em que é seco e processado é armazenado sob diversas formas: armazenamento em sacos, em galões de 20 litros ou celeiros (Maluleque, 2015).

Segundo o Instituto Nacional de Estatísticas, num estudo realizado em 2009-2010 sobre estrutura agro-pecuária, em Moçambique existem cerca de 1 050 214 maçaniqueiras, tendo um maior destaque para a província de Tete com cerca de 614 055 árvores da fruta em causa, onde a fruta é consumida principalmente fresca e seca. Devido a sua facilidade de adaptação e crescimento em diferentes tipos de solos, o número de árvores vai crescendo com o passar do tempo, e a sua exploração regista um ligeiro aumento em alguns pontos do país como se pode ver tabela 3.

Tabela 3: Percentagem de exploração das árvores de maçanica por província em 2010 e 2015

Província	Percentagem de exploração em 2010 (%)	Percentagem de exploração em 2015 (%)
Maputo	0,52	0,10
Gaza	0,39	0,80
Inhambane	0,45	0,20
Sofala	0,33	3,40
Manica	0,27	0
Tete	0,14	4,50
Zambézia	0,46	0,50
Nampula	0,28	0,10
C.Delgado	0,51	0,50
Niassa	0,62	0,70

Fonte: Instituto Nacional de Estatísticas (2011) e Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar (2016)

A tabela 3 mostra a percentagem de exploração da maçanica em 2010 e 2015. Após 5 anos verifica-se uma mudança significativa na exploração da fruta por província, sendo destaque o aumento do nível de exploração nas províncias de Gaza, Tete e Sofala. São também evidenciadas algumas províncias como Maputo, Inhambane e Manica que tiveram o seu nível de exploração reduzido. A existência de formas de conservação da maçanica irão produzir melhorias do nível de exploração da mesma.

3.4 Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica surgiu como um processo alternativo para reduzir a actividade da água em produtos vegetais e minimizar os prejuízos da qualidade nutricional e sensorial dos mesmos (Porciuncula, 2010).

Segundo Egea (2014) e Freitas (2009), esta técnica consiste na remoção parcial da água pela pressão ocasionada quando se coloca o produto em contacto com uma solução hipertônica⁴ de solutos (açúcar ou sal), diminuindo assim a actividade de água e aumentando a sua estabilidade, em combinação com outros factores como controle do pH, adição de antimicrobianos, entre outros. A diferença de pressão osmótica provoca a saída da água dos tecidos do produto (alimento) para a solução hipertônica. A difusão da água ocorre simultaneamente com difusão dos solutos da solução osmótica para o tecido vegetal. Como a membrana celular não é perfeitamente selectiva, alguns solutos presentes nas células (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais e vitaminas) podem ser

⁴A concentração do soluto é maior do que se comparada à de outra solução, em um ambiente de separação por membrana semipermeável

arrastados para a solução osmótica e, mesmo que desprezível quantitativamente, essa transferência pode ser importante na qualidade do produto final.

Panagiotou et al. (1998), afirmam que a desidratação osmótica é um processo que resulta em produtos com teor de humidade reduzido, mas ainda com teor de humidade relativamente alto (20-50%), classificados como alimentos com humidade intermédia, mas com estabilidade microbiológica devido à redução de actividade da água.

Segundo Souza (2007) e Egea (2014), esta técnica apresenta-se bastante eficiente, uma vez que ao diminuir o teor de água dos alimentos reduz a ocorrência de reacções químicas deteriorantes e também influencia na diminuição das dimensões do produto (encolhimento), devido à alteração na microestrutura do tecido celular em que se verifica um aumento de cavidades, células alongadas, entre outras alterações promovidas pelo stress térmico e principalmente remoção da humidade.

A aplicação deste processo permite o ajuste da composição físico-químico do alimento através da incorporação na solução osmótica de agentes antimicrobianos, antioxidantes, suplementos nutritivos, ácidos orgânicos e qualquer outro agente para melhorar as propriedades sensoriais e nutricionais (Freitas, 2009).

Shi e Maguer (2002), Panagiotou et al. (1998) e Freitas (2009) afirmam que a desidratação osmótica, em geral, não dá um produto com baixo teor de humidade para ser considerado auto-estável durante o armazenamento. Assim sendo, este processo é considerado como pré-tratamento ou uma etapa intermediária anterior ao processo de estabilização convencional, como secagem a ar seco, secagem a vácuo, liofilização, congelamento, resfriamento, pasteurização ou outro processo alimentar para a preservação de alimentos.

Segundo Lima (2012) e Silva (2018), o processo de desidratação osmótica apresenta diversas vantagens em relação a outros métodos como, a redução de danos térmicos, preservação da textura, retenção de vitaminas e estabilização da cor, reduzindo o escurecimento enzimático; diminuição do tempo de secagem; e redução do consumo de energia na secagem em 20 a 30% em comparação com a secagem convencional por convenção sem pré-tratamento. Por outro lado existem desvantagens, tais como os problemas associados à viscosidade da solução, que causam redução da transferência de massa devido à resistência ao fluxo de água e sólidos solúveis; as mudanças estruturais que interferem directamente nas características da textura do produto e o ganho de sólidos elevado, dependendo das condições do processo, podendo afectar a composição nutricional do alimento.

Outra desvantagem que tem sido um dos principais motivos que impede a utilização do processo de desidratação osmótica por parte das indústrias de alimentos, é o descarte ou não reaproveitamento da grande quantidade de solução osmótica ao final do processo. A solução, se não reutilizada, gera um grande volume de efluente que precisa de ser descartado de acordo com as leis ambientais (Araújo, 2019). Uma possível forma, de aproveitar essa solução é a sua reutilização, por correção da concentração e composição.

Algumas propostas e estudos levam a opções como produção de vinagres finos com sabor de frutas, aguardente, licores, através de processos de destilação e fermentação, produção de frutas em calda, e como meio de cultura de microorganismos para acção insecticida (Lima, 2012).

Ao longo dos anos, diversos autores como Medeiros e Cavalcante (2006), Galdino et al. (2016), Martins et al. (2008), Souza (2007), Golçalves (2008), entre outros têm realizado estudos sobre os diferentes aspectos da desidratação osmótica de frutas e hortaliças, como o tipo de soluto a ser empregado, suas concentrações, temperatura óptimas do processo, a melhoria da qualidade do produto submetido à secagem e redução dos custos de processo. Medeiros e Cavalcante (2006) estudaram a desidratação osmótica de figos da Índia com sacarose em concentrações de 20 e 50 °Brix à temperatura ambiente. Galdino et al. (2016) estudou os processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva na produção de banana-passa utilizando concentrações de 40 a 70 °Brix e 50, 60 e 70 °C como temperaturas de secagem.

Martins et al. (2008) ao estudarem os efeitos da desidratação osmótica como pré-tratamento do cajú-do-cerrado, utilizaram concentrações da solução desidratante de 40 a 50 °Brix em temperaturas de 30 a 50 °C, por tempos de processos de 2 a 4 horas. Através dos resultados determinaram as melhores condições de processamento, de acordo com a maior perda de peso e humidade, baixo valor de actividade de água e incorporação de sólidos, e maior concentração de vitamina C no final. Resultando como melhor condição a amostra processada em solução de 40 °Brix, 50 °C durante 4 horas.

Souza (2007) estudou condições para optimização do processo de desidratação osmótica da manga, fazendo avaliação da influência das variáveis temperatura (20 a 70 °C), concentração da sacarose (16 a 84 °Brix) e tempo de imersão (1, 3 a 4, 7h) na perda de humidade, variação do peso, incorporação de sólidos e índice de eficiência de desidratação. Os resultados mostraram a influência da concentração da solução osmótica sobre a perda de humidade e variação do peso; tempo de imersão sobre a incorporação de sólidos, e que as melhores condições, segundo o índice de eficiência de desidratação, foram 60 °C, 70 °Brix e 2 horas.

Gonçalves (2008) estudou o efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi, utilizando concentrações de solução de desidratante 15, 30 e 45 °Brix, a uma temperatura de 40 °C durante duas horas de tempo. Os resultados mostraram que a amostra desidratada em solução de 45 ° Brix apresenta o melhor comportamento durante a secagem. O escurecimento foi menor no abacaxi tratado osmoticamente do que in natura. A análise sensorial mostrou que o abacaxi tratado osmoticamente (45 ° Brix) teve melhor aceitação e maior preferência.

3.4.1 Processo de transferência de massa na desidratação osmótica

Conforme Panagiotou et al. (1998), Lima (2012), Egea (2014) e Porciuncula (2010), no processo de desidratação osmótica de produtos sólidos com alto conteúdo de água em soluções concentradas, estão envolvidos três fenômenos de transferência de massa simultâneos como mostra a figura 3:

- Um fluxo de água importante do produto para solução;
- Uma transferência de soluto da solução para o produto; é assim possível introduzir uma quantidade desejada de constituinte activo, agente conservante, qualquer soluto de interesse nutricional ou que possa melhorar a qualidade sensorial do produto;
- Um fluxo de saída de solutos do produto (açúcares, ácidos orgânicos, minerais, vitaminas, entre outros), quantitativamente insignificantes em comparação com as duas primeiras transferências, mas essencial quanto à composição do produto final.

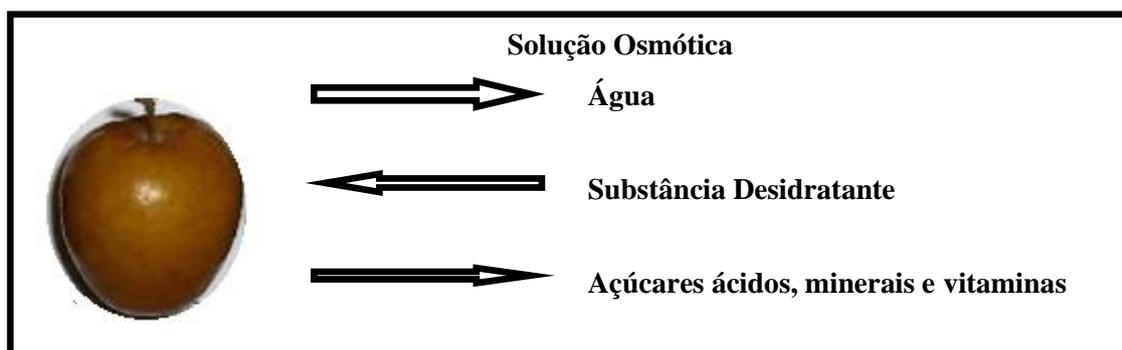


Figura 3: Transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica

Segundo Egea (2014), vários mecanismos podem actuar simultaneamente durante o processo de desidratação osmótica, mas estes dependem das condições de operação e da natureza do produto. São exemplos a difusão, osmose, interação dos fluxos, e encolhimento dos produtos, os quais podem diminuir até 50% do volume inicial do produto.

A difusão é um fenômeno de transporte de matéria onde um soluto é transportado devido aos movimentos das moléculas de um fluido. Estes movimentos fazem com que do ponto de vista macroscópico o soluto passe das zonas de concentração mais elevadas para as de baixa concentração.

A osmose, é o movimento do solvente, neste caso água, entre meios com concentrações diferentes de soluto, separados por uma membrana semi-permeável. A solução menos concentrada é denominada hipotônica e a mais concentrada hipertônica.

3.4.2 Variáveis do processo de desidratação osmótica

Durante este processo, a taxa de remoção de água e incorporação de sólidos depende de diversos factores como: tipo e concentração da solução osmótica (suas propriedades associadas, como viscosidade e densidade), temperatura do processo, tempo de contacto, grau de agitação da solução, presença de aditivos, forma e tamanho do sólido, razão solução/sólido e nível de vácuo (se aplicado) (Lima, 2012).

3.4.2.1 Tipo e concentração do agente osmótico

A escolha do agente osmótico é uma condição de extrema importância para o processo de desidratação osmótica por estar directamente relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais, no valor nutricional do produto final e no custo do processo (Souza, 2007).

Silva (2018), Egea (2014) e Medeiros e Cavalcante (2006), afirmam que as características dos agentes desidratantes usados como seu peso molecular e comportamento iónico, afectam significativamente a desidratação, tanto na quantidade de água removida, quanto no ganho de sólidos. Quanto maior o peso molecular do soluto empregado, maior a perda de água para a solução, e menor o ganho de sólidos pelo alimento, favorecendo, assim, a perda de massa e a desidratação.

A solução osmótica deve ter uma baixa actividade de água, alta pressão e o soluto deve apresentar um sabor agradável e não tóxico. Os açúcares formam um grupo que se enquadra nesses requisitos e dentre eles a melhor substância é a sacarose, especialmente quando o mesmo processo é usado como etapa de pré-tratamento à secagem convectiva, pois previne o escurecimento enzimático e a perda de aromas. Quanto maior a concentração da sacarose na solução osmótica, maior é o ganho de sólidos nas frutas (Araújo, 2005).

Geralmente, um soluto pode ser considerado agente osmótico se este apresentar alta solubilidade em água, baixo custo, efeito positivo sobre as propriedades sensoriais e a estabilidade final do produto.

Os agentes osmóticos mais usados são sacarose e cloreto de sódio (NaCl). Outros agentes osmóticos como lactose, maltodextrina, etanol, glicose, glicerina, xaropes de milho também são usados.

Do ponto de vista organoléptico, a solução de açúcar tem sido usada para a desidratação de frutas e sais para vegetais e carnes. Sacarídeos de baixo peso molecular, como glicose e a frutose, favorecem o ganho de sólidos devido à alta velocidade de penetração das moléculas. O uso de maltodextrinas e xarope de milho são sugeridos para a retirada de água de frutas e vegetal quando o objectivo é reduzir o efeito adocicado oriundo da

presença de sacarose. Soluções aquosas e agentes mistos também têm sido usadas para desidratar frutas, vegetais e carnes. As soluções mistas incluem, por exemplo, sacarose com lactose, maldodextrina e cloreto de sódio para uso na desidratação da maçã, cloreto de sódio com sacarose na desidratação da batata em cubos e cloreto de sódio e etanol em água para desidratação de cenouras em cubos (Shi e Maguer, 2002).

3.4.2.2 Tempo de imersão

A transferência de massa durante a desidratação por imersão de frutas e hortaliças ocorre principalmente nas duas primeiras horas, devido à maior força osmótica de desidratação entre o alimento e a solução hipertônica (Silva, 2018). A perda de água ocorre principalmente nas primeiras duas horas, e o maior ganho de sólidos, durante os 30 minutos iniciais (Córdova, 2006). Porém, deve se avaliar cada processo, pois as transferências podem continuar, até que o estágio de equilíbrio seja atingido. Sousa et al. (2003) afirma que quanto maior o tempo de osmose, maior a perda de humidade, entretanto existe um limite para o conteúdo final de água no alimento, que é o seu valor de equilíbrio com a solução osmótica. Quando o tempo de imersão for muito grande, pode haver um aumento de perda de nutrientes e vitaminas solúveis como vitamina C, que podem se difundir na solução osmótica (André, 2019).

Araújo (2009) ao realizar a otimização da desidratação osmótica do Jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*), observou que o aumento do tempo de imersão da fruta na solução osmótica de 2 para 4 horas favoreceu a perda de humidade em 2,4% e o ganho de sólidos em 26,62%.

Neto et al. (2005) ao desidratarem osmoticamente manga em várias concentrações de solução osmótica observaram que as velocidades de perda de água e ganho de sólidos foram maiores nas primeiras 2 horas de desidratação, tendendo ao equilíbrio no período final de 5 horas.

3.4.2.3 Temperatura

Geralmente, quanto maior a temperatura e o tempo de imersão em solução osmótica, maior é a incorporação de sólidos nos produtos vegetais (Lima, 2012).

A taxa de transferência de massa aumenta consideravelmente com o aumento da temperatura, mas o escurecimento não enzimático, o amolecimento da parede vegetal e a deterioração do sabor que se inicia a partir de 50 °C limitam o processo. A temperatura máxima do processo depende do tipo de produto. O aumento da temperatura também diminui a viscosidade, permitindo assim, melhor circulação da solução osmótica (Egea, 2014).

Landim (2016), estudando a desidratação osmótica da banana utilizando soluções de fruto-oligossacarídeos e xarope de milho em diferentes temperaturas (40, 50 e 60°C)

observou que a perda de água e o ganho de sólidos foram influenciados positivamente com o aumento da temperatura.

3.4.2.4 Agitação

A agitação diminui a resistência à transferência de massa causada pela viscosidade da solução desidratante, permitindo assim um contacto contínuo entre as amostras e a solução osmótica (Egea, 2014). O processo de desidratação osmótica é mais rápido quando conduzido sob agitação, mas esta agitação deve ser controlada para que não haja danos no produto (Silva, 2018).

3.5 Secagem

A secagem é uma operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. Esse conceito também se aplica a operação de evaporação, em que se relaciona a concentração de soluções líquidas (Silva, 2018). A remoção da água na secagem ocorre em materiais sólidos, podendo utilizar para tal fim a centrifugação (aplicação de forças centrífugas para acelerar a separação das fases líquidas e sólidas) ou vaporização, na temperatura inferior à de ebulição do líquido que se quer retirar, diferentemente da evaporação, que se caracteriza pela retirada de água, obtendo-se na temperatura de ebulição do líquido a que se deseja remover (Celestino, 2010).

Badger e Banchemo (1970) afirmam que a secagem implica a eliminação de quantidades relativamente menores de água de um sólido ou de um material quase sólido, ao passo que a evaporação envolve a remoção de grandes quantidades de água de soluções em forma de vapor.

A secagem de materiais é geralmente a operação final de um processo de produção, levada a cabo imediatamente antes da embalagem e expedição. Esta operação é utilizada essencialmente em indústrias química, alimentar, cerâmica, farmacêutica, agrícola, de polímeros, biotecnologia, da pasta de papel e da madeira (Azevedo e Alves, 2009).

Durante muitos anos, esta operação tem sido usada por razões como:

- Aumento da vida útil do produto;
- A redução do custo de transporte do produto;
- Obtenção de produtos mais manuseáveis;
- Redução de perdas pós-colheita;
- Redução do risco de corrosão pela presença da humidade;
- Melhor conservação e armazenamento.

O processo de secagem tem passado por vários estudos e aperfeiçoamentos para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento. Na indústria alimentar, muitos alimentos passam pelo processo de secagem por necessidade de conservação, no entanto, outros passam pelo mesmo processo para adquirirem sabores refinados, tendo como exemplo o tomate seco (Gonçalves, 2008).

Os macros e micro nutrientes presentes nos produtos alimentares são dependentes da presença água, que confere textura, disponibilidade orgânica, sabor, estabilidade e maior peso. No entanto, o conteúdo de água de um alimento é a principal causa da deterioração por microorganismos e alterações por reacções químicas e enzimáticas. Na secagem a humidade do produto alimentar, é reduzida até atingir o nível de 10-15% para que os microorganismos presentes nos alimentos sejam retirados evitando a perda de qualidade. Em contrapartida, quanto maior a humidade final do produto, mais macia a consistência de produto desidratado, sendo necessário ponderar os dois factores na secagem de alimentos, para obter um produto de qualidade e com uma vida útil elevada (Celestino, 2010).

Segundo Silveira (2014), o processo é complexo envolvendo simultaneamente a transferência de calor (aquecimento do produto) e massa (remoção da humidade). Diversos parâmetros internos e externos influenciam no comportamento da secagem. Os parâmetros externos incluem a temperatura, velocidade e humidade relativa do ar, enquanto os parâmetros internos incluem a densidade, permeabilidade, porosidade, características de sorção e desorção e propriedades termofísicas do material a ser seco.

3.6 Parâmetros físico-químicos dos alimentos

3.6.1 Humidade

A humidade representa a água contida no alimento, que pode ser classificada em: humidade de superfície, que se refere à água livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada e humidade adsorvida, referente à água ligada encontrada no interior do alimento, sem combinar quimicamente com o mesmo (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Segundo Celestino (2010), o conteúdo de água de um alimento é o principal factor causador da deterioração por microorganismos e alterações por reacções químicas e enzimáticas. A diminuição desse conteúdo é uma forma de conservação do alimento, no entanto quanto maior a humidade final, mais macia a consistência do produto.

Existem muitos métodos para determinação do teor de humidade, entre os quais, o método de estufa é o mais utilizado em alimentos e baseia-se na remoção da água por aquecimento a 105 °C (Costa, 2018). As amostras que se decompõem ou iniciam transformações a esta temperatura, são aquecidas em estufas a vácuo, onde se reduz a

pressão e se mantém a temperatura de 70 °C. Nos casos em que outras substâncias voláteis estão presentes, a humidade deve ser determinada por processos de destilação com líquidos imiscíveis.

3.6.2 Actividade da água

A água é um dos principais constituintes dos alimentos, o qual afecta a segurança, a estabilidade, a qualidade e as propriedades físicas (Porciuncula, 2010). A disponibilidade de água em um alimento (água livre) para actividade microbiológica, enzimática ou química é o que determina a vida de prateleira de um alimento, sendo medida pela actividade de água (Fabbri, 2014).

A actividade de água é definida como relação existente entre a pressão de vapor de um alimento com relação à pressão de vapor da água pura na mesma temperatura (Filho e Vasconcelos, 2011). Matematicamente:

$$a_w = \frac{P}{P_o} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: P é a pressão de vapor do alimento; P_o é a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura.

Segundo Celestino (2010) e Nogueira (2017), a água exerce uma pressão de vapor nos alimentos dependendo da quantidade de água presente, temperatura, concentração dos solutos dissolvidos (sais e açúcares).

A actividade de água varia de 0 a 1. Nos alimentos ricos em água com $a_w > 0,9$, podem formar soluções diluídas com componentes do alimento que servirão de substrato para microorganismos poderem se desenvolver. Nessas condições, os alimentos sofrem facilmente contaminação microbiológica;

Quando a a_w baixar para 0,4-0,8, haverá possibilidade de reacções químicas e enzimáticas rápidas pelo aumento de concentração de reagentes;

Com a a_w inferior a 0,3, as moléculas de água estão fortemente ligadas ao alimento, não podendo ser utilizada para dissolver componentes do alimento, o que leva as reacções a terem velocidades próximas de zero e não desenvolvimento de microorganismos.

Segundo Filho e Vasconcelos (2011), à medida que a actividade da água diminui aumenta-se a estabilidade e segurança dos alimentos. A medição deste parâmetro é geralmente feita através de diversos métodos, sendo o mais comum, o uso de um equipamento chamado analisador da actividade de água.

3.6.3 Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Os sólidos solúveis indicam a quantidade de sólidos presentes no suco ou polpa da fruta. São medidos em °Brix e podem aumentar conforme ocorre o avanço da maturação do

fruto devido a biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos (Filho et al., 2013). A medida dos sólidos solúveis é realizada com auxílio do refractômetro. O teor de sólidos solúveis (TSS) é constituído principalmente de açúcares, variando por espécie, estágio de maturação e clima (Lunkes, 2019).

3.6.4 Vitamina C

A vitamina C ou ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) é uma substância orgânica, sólida branca, cristalina e muito solúvel em água. Sua estrutura química (figura 4) é formada por seis átomos de carbono, que formam um anel lactona e um grupo enadiol bifuncional com um grupo carbonilo, oito hidrogénios e seis oxigénios (Pinto, 2019). É encontrada naturalmente nas frutas, vegetais, em menores quantidades em tecidos animais e produtos derivados e, pode ser sintetizada a partir da D-glicose ou D-galactose (Costa, 2018).

A forma natural encontrada nos alimentos é o ácido L-ascórbico. A estabilidade dessa vitamina é afectada por diversos factores como oxigénio, pH, luz, enzimas e catalisadores mecânicos, já a estabilidade é aumentada à medida que diminui a temperatura, chegando ao máximo em temperaturas inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fonsêca, 2012).

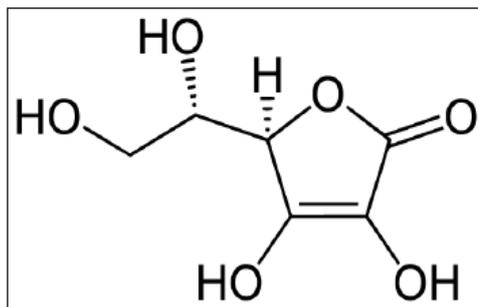


Figura 4: Estrutura química da Vitamina C

Fonte: Pinto (2019)

A vitamina C é muito sensível ao processamento e condições de armazenamento dos produtos, podendo sofrer significativa degradação durante esses períodos. Nos frutos, o ácido ascórbico diminui durante o amadurecimento em algumas frutas e em outras aumenta, reduzindo-se somente na senescência⁵. O aumento provavelmente está relacionado à liberação de açúcares precursores da biossíntese do ácido ascórbico durante o processo de degradação da parede celular, enquanto a redução está relacionada à oxidação do ácido. Danos mecânicos, apodrecimento e senescência promovem sua oxidação (Pinto, 2019).

⁵Processo natural de envelhecimento ao nível celular ou conjunto de fenómenos associados a este processo.

A vitamina C é considerada um bom antioxidante, que protege o organismo contra doenças crônicas como câncer, catarata e doenças cardiovasculares. É responsável por diversas funções como desenvolvimento e regeneração de músculos, pele, ossos, dentes, regulação da temperatura corporal e produção de hormônios, porém não é sintetizada pelos humanos, sendo necessária a sua ingestão através dos alimentos. É adicionada em alimentos e produtos farmacêuticos pelas indústrias, tanto como ingrediente principal, quanto estabilizante para os outros nutrientes (Hoehne e Marmitt, 2019).

Existem vários métodos desenvolvidos para a determinação do ácido ascórbico. A maioria desses métodos se baseia na sua propriedade de redução e são medidos pela titulação com um agente oxidante (Pinto, 2019).

3.6.5 Cor

A cor da superfície de um alimento é um dos principais parâmetros que contribui para a avaliação da sua qualidade (Lunkes, 2019). Ela fornece informações ao consumidor sobre a vida de prateleira, deterioração ou a contaminação dos alimentos, tornando-se assim uma ferramenta utilizada pelo consumidor para aceitar ou rejeitar o alimento (Carrilha, 2006).

Nos alimentos a cor deve-se principalmente à presença de pigmentos naturais. Muitos pigmentos alimentares são instáveis durante o processamento e armazenamento. Existe uma dificuldade na prevenção das alterações indesejáveis nos alimentos in natura, pois dependendo do pigmento, a estabilidade é afectada por factores como presença de luz, oxigénio, temperatura, actividade da água entre outros. Como consequência os alimentos processados podem perder a sua coloração característica e consequentemente perder o seu valor (Fabbri, 2014).

Conforme Fonsêca (2012), a cor das frutas deve-se a presença de pigmentos naturais representados pela clorofila (composto verde, lipossolúvel), carotenóides (compostos de cor variando de amarelo ao laranja, lipossolúveis) e as antocianinas (compostos de cor variando do azul violeta ao azul, hidrossolúveis).

Durante a maturação, os pigmentos sofrem modificações. De uma forma geral, passa de verde a amarelo, ou a vermelho, correspondendo a uma exposição dos pigmentos carotenóides, devido à destruição da clorofila. Em simultâneo ocorre frequentemente uma síntese de carotenóides e de antocianinas. A síntese de carotenóides pode prosseguir durante o amadurecimento, mas pigmentos são ao mesmo tempo destruídos progressivamente por oxidação, especialmente pela luz (Nogueira, 2017).

A alteração da cor pode ser devido ao escurecimento enzimático e à presença de compostos fenólicos nas frutas. E de acordo com Martín et al. (2006), a quantidade e o tipo de compostos fenólicos presentes variam em cada fruta e afectam de forma directa, juntamente com a concentração de oxigénio, o pH e a temperatura, o escurecimento

enzimático, que ocorre em resposta as lesões físicas e fisiológicos, promovendo contacto dos compostos fenólicos com as enzimas associadas ao escurecimento.

A cor dos alimentos tem sido avaliada, tanto por análise instrumental (objectiva), como pela análise sensorial (subjectiva), pois sua mudança pode inferir na aceitabilidade dos produtos pelos consumidores (Almeida, 2011). Embora a visualização humana ainda seja considerada adequada, quando ocorrem mudanças na iluminação, torna-se subjectiva e muitas vezes variável. Dessa forma, é recomendável, nesse caso, que a análise seja feita através de um instrumento de medida da cor (Junior et al., 2019)

Para avaliação instrumental da cor, utiliza-se, normalmente, um colorímetro, o qual proporciona medições correlatas à percepção do olho humano (Carrilha e Guiné, 2006).

Com o objectivo de obter a caracterização objectiva da cor, a CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*), em 1976, estabeleceu o sistema Lab (*lightness, redness-greeness, yellowness-blueness*), em que uma cor particular tem uma única localização, especificada numericamente em um espaço tridimensional definido pelas coordenadas rectangulares, luminosidade (L^*), componente vermelho-verde (a^*), e componente amarelo-azul (b^*) e pelas coordenadas cilíndricas do mesmo espaço cromático ou intensidade cromática (C^*) e tonalidade cromática (Hue) (Almeida, 2013).

O L^* é o eixo central da luminosidade, que vai desde uma escala de 0 a 100, representando o percurso do espaço da cor desde o preto ao branco, o a^* é o eixo que representa a variação entre o verde (valores negativos) e vermelho (valores positivos), eixo b^* que representa a variação de azul (valores negativos) e amarelo (valores positivos). Valores de C^* indicam saturação, pureza ou intensidade da cor e o ângulo $^{\circ}$ Hue, indica a tonalidade da amostra e varia de 0° e 360° para o tom vermelho; e 90° o amarelo, 180° o verde e 270° o azul (Maciel, 2021).

3.6.6 Acidez titulável

A acidez titulável é uma das características responsáveis pelo sabor do fruto e importante parâmetro de avaliação do estado de conservação de um alimento. Esta é determinada pela presença dos ácidos orgânicos que são encontrados nos vacúolos celulares na forma livre ou combinados com sais, ésteres e glicosídeos, e esses, na maturação do fruto, são utilizados como substrato para a respiração, sendo responsáveis na síntese de compostos fenólicos, lipídios e aromas voláteis (Pinto, 2019).

A Acidez titulável de frutas varia de 0,2 a 0,3% em frutas de baixa acidez como maçãs vermelhas e bananas, 2% em ameixas e acima de 6% em limão (Costa, 2018). Conforme Fonsêca (2012), o teor de acidez das frutas tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até o seu desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que a fruta amadurece.

A acidez é influenciada quando um alimento sofre o processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação devido à alteração da composição dos íons de hidrogénio (Instituto Adolfo Lutz, 2008)

Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular com soluções alcalinas padrão a acidez do produto ou de soluções aquosas ou alcoólicas do produto.

3.6.7 Cinzas

As cinzas ou matéria inorgânica é o resíduo obtido por aquecimento de um produto após a queima da matéria orgânica em temperatura acima de 550 °C, a qual é transformada em dióxido de carbono, água e nitratos (Filho et al., 2013). A cinza é constituída principalmente de grandes quantidades de potássio, sódio, cálcio e magnésio; pequena quantidade de alumínio, ferro, cobre, manganês e zinco e traços de árgon, iodo, flúor e outros elementos (Araújo et al., 2021).

Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008), a cinza obtida não é exactamente da mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento, pois pode haver perda por volatilização durante o aquecimento da amostra.

Nas cinzas, os elementos minerais se apresentam sob a forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos e cloretos dependendo das condições de incineração e da composição do alimento (Costa, 2018). Geralmente as cinzas são obtidas por queima total da quantidade conhecida da amostra, em um material resistente ao calor até a eliminação de toda matéria orgânica.

3.6.8 Fibras

A fibra é constituída pelos polissacarídeos da parede celular. Os polissacarídeos são um complexo grupo de compostos que diferem nas suas propriedades físicas, nutricionais e funcionais que vão sofrendo alterações ao longo da maturação do fruto (Nogueira, 2017).

As fibras alimentares não fornecem nutrientes para o organismo, mas são elementos essenciais nas dietas. Nelas encontramos polissacarídeos pécticos, hemicelulósicos e a celulose. Os polissacarídeos pécticos são encontrados em grande quantidade em frutas, exercendo diversas funções nas paredes celulares dos tecidos a nível fisiológico relacionados com o crescimento, tamanho, forma, integridade, dureza dos tecidos e mecanismo de defesa contra infecções (Catarina e Soares, 2015).

3.6.9 Gordura

As gorduras são compostos orgânicos energéticos que contêm ácidos graxos essenciais. São formados por carbono, hidrogénio, oxigénio e também podem possuir fósforo,

nitrogénio e enxofre, com predomínio do hidrogénio (Costa, 2018). São insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos tais como éter etílico, éter de petróleo, benzeno e álcoois. E com esses solventes é feita a extracção e a determinação das gorduras nos alimentos (Araújo et al., 2021).

As gorduras têm a função de actuar no organismo como agente protector e transportador de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), favorecem a absorção de cálcio e são uma das principais fontes de energia do Homem (Filho et al., 2013).

3.6.10 Proteínas

As proteínas são os maiores constituintes de toda célula viva. São compostos de carbono, hidrogénio, oxigénio, nitrogénio e frequentemente enxofre. Muitas proteínas contêm ainda fósforo, ferro, cobre, manganês e iodo (Costa, 2018).

Segundo Pinto (2019), as proteínas são formadas por substâncias chamadas aminoácidos que possuem pelo menos um grupo amina (NH_2) e um grupo carboxila (COOH). Os aminoácidos estão ligados em sequência formando uma cadeia polipeptídica, esta cadeia é a base da proteína e é chamada de estrutura primária.

A função principal da proteína é promover o crescimento pela formação de novas células e permitir a conservação dos tecidos pela reposição das células gastas. Este processo ocorre através do fornecimento de aminoácidos essenciais para o organismo. Os aminoácidos são chamados essenciais, pois o organismo não é capaz de sintetizá-los, na digestão há quebra da cadeia de proteínas e os aminoácidos livres são absorvidos e usados na síntese de novas proteínas. São aminoácidos essenciais: arginina, fenilalanina, isoleucina, histidina, leucina, lisina, metionina, treonina e triptofano (Filho et al., 2013).

No processamento de alimentos as proteínas apresentam propriedades importantes como à capacidade de gelificação, capacidade de emulsificação, capacidade de retenção de água (Araújo et al., 2021).

O conteúdo de proteína bruta de um alimento é determinado através do seu conteúdo em nitrogénio. O processo geralmente usado é a digestão Kjeldhal. Este método determina o teor de nitrogénio orgânico, ou seja, o nitrogénio proveniente de outras fontes além da proteína, tais como ácidos nucleicos, lipídios e carboidratos nitrogenados. Como estes componentes geralmente estão presentes em quantidades menores, o método Kjeldhal é um método químico útil na determinação da proteína (Araújo, 2019).

4. Parte experimental

4.1 Materiais

4.1.1 Matéria-Prima

Para a realização das experiências de desidratação osmótica no Laboratório de Alimentos da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, foram utilizadas maçanicas adquiridas no mercado central de Maputo e provenientes da província de Tete, como mostra a figura 5.

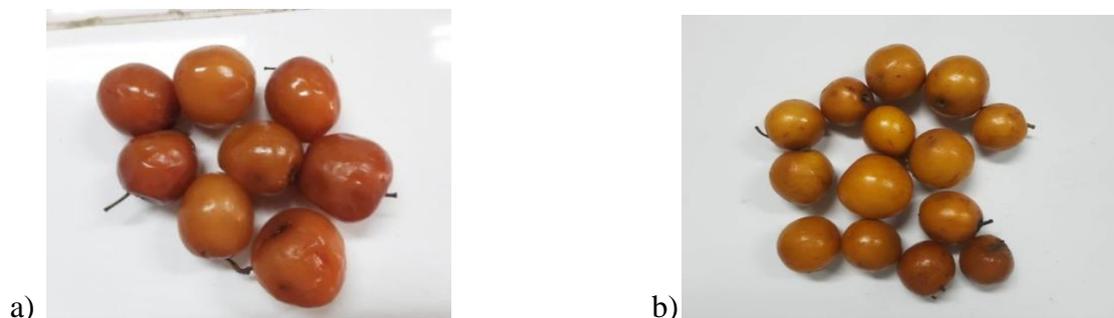


Figura 5: Maçanica fresca: a) obtida em Tete; b) obtida em Maputo

Seleccção, limpeza e classificação da maçanica

No Laboratório de Alimentos, as frutas passaram por um processo de selecção manual para remoção de maçanicas com deformações e ferimentos. Em seguida, foram submetidas ao processo de limpeza, para retirada de sujidade e classificação.

Após a selecção, as frutas foram lavadas em água corrente, sendo posteriormente removido o excesso de água com auxílio de papel absorvente.

Na escolha do produto, como forma a manter uma padronização de amostras, observaram-se alguns critérios como a cor da casca, grau de maturação e tamanho, como mostra a tabela 4. Os diâmetros e altura foram determinados mediante o uso de um paquímetro e o peso foi determinado através de uma balança analítica.

Tabela 4: Peso, altura e diâmetro da maçanica obtida em Maputo e Tete

Propriedades	Maçanica de Maputo	Maçanica de Tete
Massa (g)	5-10	5-10
Diâmetro (mm)	19-22	19-26
Altura (mm)	19-25	19-22

4.1.2 Soluções osmóticas

Para a desidratação osmótica, foi empregue como agente osmótico a sacarose (açúcar comercial) adquirida no mercado local. As soluções osmóticas foram preparadas com água destilada nas concentrações de 40, 45 e 50 °Brix conforme Paradkar e Sahu (2018) nos estudos de desidratação osmótica da maçã e Kumar (2005) nos estudos sobre desidratação osmótica da maçanica, confirmadas através do refractômetro de Abbe (Optic Ivymen system). As soluções foram preparadas em um volume de 2 litros e colocadas em balões volumétricos cobertos com filme plástico de polietileno.

4.1.3 Equipamentos

Os equipamentos utilizados foram: estufa com circulação de ar *Scientif series 9000*, estufa a vácuo *J.P. Selecta s.a.*, cronómetro, balança analítica, mufla, paquímetro, colorímetro, excicador, medidor AquaLab, refractômetro de Abbe, placas de aquecimento, extractor tipo soxhlet, bomba a vácuo, banho Maria, termômetros, pertencentes ao Laboratório de Alimentos.

4.1.4 Instrumentos

Para a realização das experiências no laboratório foram utilizados os seguintes instrumentos: pinça, espátula de metal, placas de vidro, cadinhos de porcelana, erlenmayer's de 500 ml, erlenmayer's com saída, provetas graduadas de 50 e 250 ml, bureta, pipeta, vareta, cartucho, algodão, balões e balões volumétricos de 250, 500 e 1000 ml, funil de goosh, papel de filtro, balões de Kjeldahl.

4.2 Métodos

4.2.1 Caracterização físico-química da matéria-prima

A avaliação da composição físico-química é de fundamental importância para se avaliar a disponibilidade de nutrientes para consumo. As características físico-químicas da maçanica fresca determinadas foram a humidade, actividade da água, teor de sólidos solúveis (°Brix), cor, cinzas, vitamina C, acidez titulável, teor de gordura proteínas, conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2008) e as fibras de acordo com o método de Weende descrito por Adrian et al. (2000). As frutas pré-tratadas osmoticamente e secas foram avaliadas quanto ao conteúdo de humidade, actividade da água, teor de sólidos solúveis (°Brix), vitamina C e cor.

4.2.2 Experiências

A ordem das experiências que representam o estudo é indicada no diagrama de fluxo da figura 6.

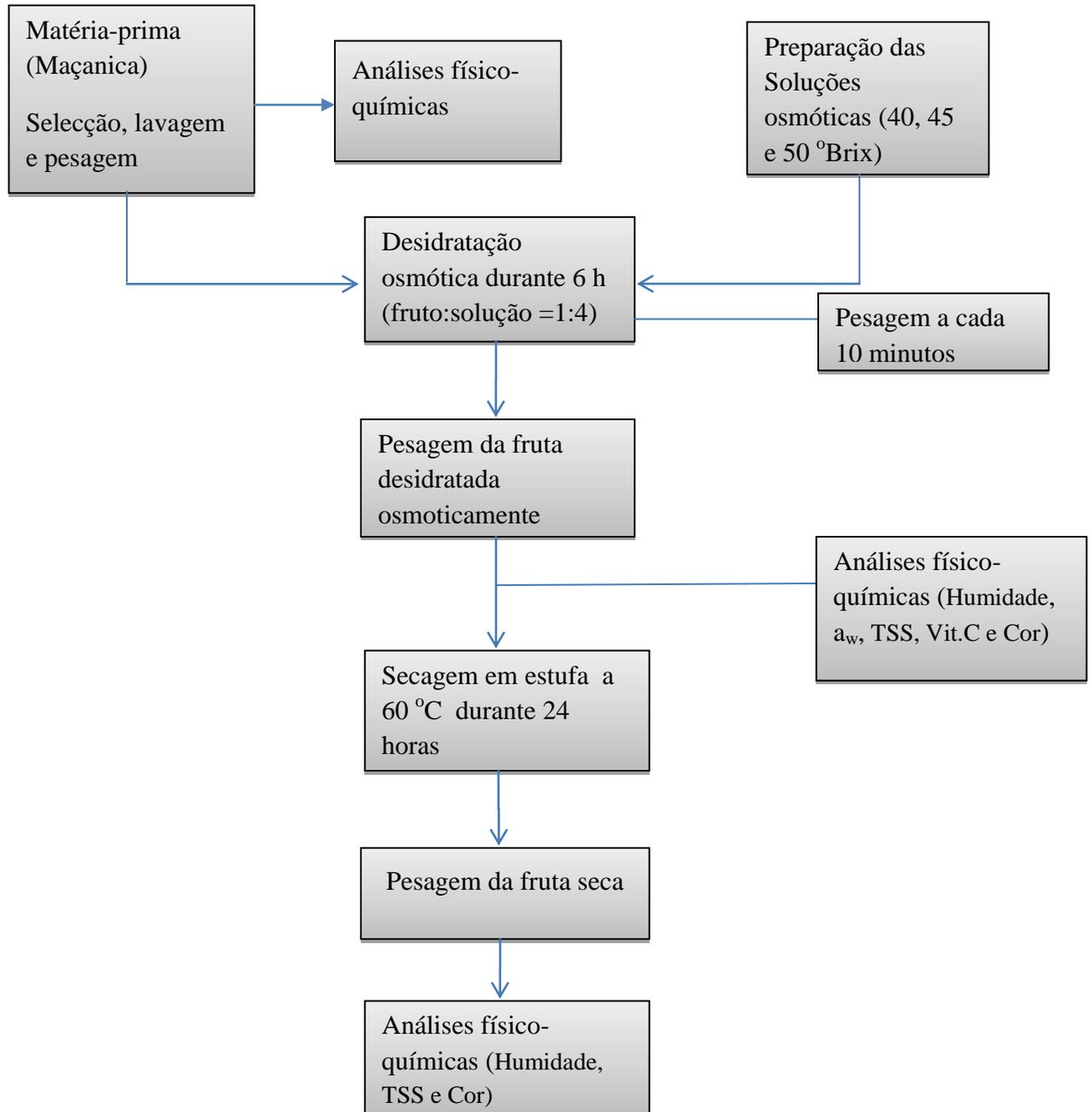


Figura 6: Diagrama de fluxo do processo de desidratação osmótica para obtenção de passas de maçanica

4.2.3 Processo de desidratação osmótica

A maçanica foi pesada (500 g), colocada em uma estrutura semi-cilíndrica usada para segurar a amostra permitindo maior contacto amostra-solução, evitando que parte da amostra ficasse parcialmente submersa na solução durante o processo e imersa na solução de sacarose a diferentes concentrações, durante 6 horas a uma temperatura constante de 55°C conforme recomendado por Goularte et al. (1999) no estudo da qualidade da maçã osmoticamente concentrada, utilizando-se, para tal, um banho termostático (banho Maria) que se apresenta na figura 7. Para garantir a homogeneização entre o soluto e a maçanica foi realizada a agitação durante todo processo.

A proporção amostra-solução usada para o processo foi 1:4 de acordo com os estudos realizados por Assis et al (2016) na desidratação osmótica da maçã. Para a determinação da variação de perda de massa, parte da amostra previamente identificada foi retirada da solução a cada 10 minutos durante todo o processo. Depois de retirada da solução, a maçanica foi envolvida em papel absorvente para remoção do excesso da solução osmótica, antes da pesagem do produto.

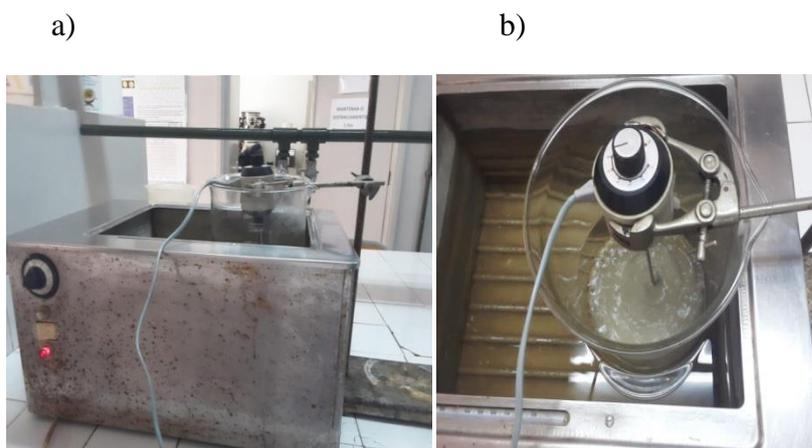


Figura 7: a) Parte externa do banho termostático; b) Parte interna do banho durante o processo

A desidratação osmótica foi estudada pelo acompanhamento da perda de massa (P_m). A perda percentual de peso (massa) nas maçanicas desidratadas foi calculada pela diferença entre a massa inicial da maçanica e massa da amostra no tempo t .

A perda percentual de massa (P_m) foi determinada utilizando a equação:

$$Pm (\%) = \frac{M - M_t}{M} \cdot 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde: M : Massa inicial da amostra (g).

M_t : Massa da amostra no tempo t (g);

4.2.4 Processo de secagem

A secagem ocorreu numa estufa com circulação de ar (*Scientif series 9000*) a uma temperatura de 60°C durante 24 horas segundo a metodologia utilizada por Córdova (2006) e Moura et al. 2012 ao secarem maçãs pré-tratadas osmoticamente. A secagem foi feita para amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente. As maçanicas foram colocadas sobre papel de alumínio com espaçamentos entre elas de modo a evitar sobreposição.

4.2.5 Métodos analíticos

As análises foram realizadas em triplicata e o resultado expresso como média dos valores e desvio padrão. Os detalhes dos procedimentos experimentais realizados encontram-se anexos no apêndice 1.

- **Humidade**

A determinação do teor de humidade das amostras foi realizada conforme o método descrito pelo Instituto Adolf Lutz (2008) com modificações. Este consistiu na secagem das amostras em estufa a vácuo (J.P. Selecta, s.a.) (figura 8) a uma temperatura de 70 °C e pressão de 0,8 Bar por 24 horas.



Figura 8: Estufa a vácuo

- **Actividade da água**

Esta análise foi feita pela leitura directa usando o medidor da actividade de água (AquaLab series), calibrado com uma solução de cloreto de lítio de actividade de água conhecida (25% e 50%). Depois de calibrado, introduziu-se no aparelho uma pequena quantidade da amostra e efectuou-se a leitura.

- **Teor de sólidos solúveis (°Brix)**

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado pela leitura directa do °Brix no refractómetro de Abbe (Optic Ivymen System) (figura 9). O aparelho foi devidamente

calibrado com água destilada. Uma pequena porção da amostra na forma líquida foi colocada sobre o prisma e procedeu-se com a leitura dos valores indicados pelo aparelho.



Figura 9: Refractómetro de Abbe

- **Cor**

As medidas da cor foram determinadas em triplicado, utilizando um colorímetro, previamente calibrado em superfície branca, programado para realizar a leitura dos parâmetros de claridade ou brilho, sendo obtidas em coordenadas L^* , a^* e b^* , que significam respectivamente, grau de luminosidade da cor medida, que varia de 0 a 100 (preto/branco); intensidade do vermelho/verde (+/-); intensidade de amarelo/azul (+/-) (Kasim, 2015).

Por meio das coordenadas L^* , a^* e b^* foi calculada a variação total da cor (ΔE) e o Índice de acastanhamento (BI) das amostras conforme as seguintes equações:

$$\Delta E = \sqrt{(L_o - L^*)^2 + (a_o - a^*)^2 + (b_o - b^*)^2} \quad \text{Equação 3}$$

$$BI = \frac{100(x-0,31)}{0,17} \quad \text{Equação 4}$$

$$\text{Onde: } x = \frac{(a^*+1,75 L)}{(5,645L^*+a^*-0,012b^*)} \quad \text{Equação 5}$$

- **Cinzas**

A determinação da cinza (matéria inorgânica) nas amostras foi realizada por incineração da amostra na mufla a 550 °C durante 15 horas segundo o método do Instituto Adolfo Lutz (2008).

- **Vitamina C**

O teor de vitamina C foi determinado pelo método de titulação com solução de iodato de potássio a 0,002M (Instituto Adolf Lutz, 2008).

- **Acidez titulável**

A acidez titulável das amostras foi determinada por meio da titulação da amostra com solução de NaOH 0,1M, utilizando a fenolftaleína como indicador conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2008).

- **Gordura**

A determinação do teor de gordura foi feita pelo método de extração directa em soxhlet usando o éter de petróleo como solvente (Instituto Adolf Lutz, 2008).

- **Fibras**

O teor de fibras foi determinado com base no método de Weende descrito por Adrian et al. (2000).

- **Proteínas**

A determinação do teor de proteína foi realizada seguindo-se o método de Kjeldahl modificado (Instituto Adolf Lutz, 2008).

5 Resultados e Discussão

Neste capítulo serão apresentados os resultados experimentais das análises físico-químicas da maçanica fresca de Maputo e Tete. Em seguida, serão apresentados e discutidos os resultados experimentais obtidos na desidratação osmótica a diferentes concentrações, seguida de secagem em estufa da maçanica em estudo.

5.1 Características físico-químicas da maçanica fresca

A tabela 5 apresenta os valores obtidos na caracterização físico-química da maçanica (*Ziziphus Mauritiana*) fresca e em anexo no Apêndice 2 encontram-se os valores experimentais detalhados de cada um dos parâmetros.

Tabela 5: Caracterização físico-química da parte comestível da maçanica fresca de Maputo e Tete

Parâmetros	Amostra de Tete	Amostra de Maputo
Humidade (%)	69,9±0,20	79,2±0,80
Actividade da água (a_w)	0,915±0,003	0,939±0,01
°Brix	25,3±0,50	16,9±0,60
Vitamina C (mg/100g)	34,0 ± 0,30	51,9±1,00
Acidez titulável (%)	0,55±0,20	0,67±0,11
Cinzas (%)	2,70±0,05	1,05±0,02
Gordura (%)	4,60 ± 0,10	3,51±0,87
Fibras (%)	2,49±0,07	2,57 ± 0,22
Proteína (%)	1,30±0,23	2,16 ± 0,48

A maçanica fresca, apresentou um conteúdo de humidade de 69,9 e 79,2 % para as amostras obtidas em Tete e Maputo respectivamente, sendo os valores próximos aos obtidos por outros autores como Nyanga et al. (2012) que apresentaram um teor de humidade de 75,9%, Kumar (2005) que obteve conteúdo de humidade de 82,1% para a variedade Umran e Azam-Ali et al. (2006) que tiveram 81% para as variedades Gola e Banarsi.

De acordo com os valores de humidade apresentados na tabela 5, pode se verificar que a amostra obtida em Maputo apresenta uma maior quantidade de água na sua polpa, quando comparada a amostra de Tete. Comparada com a maçã, a maçanica possui menor teor de humidade, facto comprovado através dos valores obtidos por Treptow et al. (1995) de quatro variedades de maçã (Gala, Golden Delicious, Fuji e Granny Smith) cujos valores de teor de humidade variaram de 81 a 84%. Goulart et al. (1999) tiveram 85 % de humidade para a maçã de variedade Fuji in natura no estudo da qualidade da maçã Fuji desidratada osmoticamente. Córdova (2006) no estudo de desidratação

osmótica da maçã obteve 87% e 85% para a maçã Fuji comercial e industrial in natura, respectivamente.

Quanto à actividade de água, verificou-se que a amostra de Maputo ($a_w=0,939$) apresenta maior valor em relação à de Tete ($a_w=0,915$). De acordo com a classificação de alimentos em termos de a_w feita por Celestino (2010), as duas amostras são consideradas frutas ricas em água ($a_w > 0,9$), desse modo pode se afirmar que são muito vulneráveis a actividade de microorganismos que levam a rápida deterioração. Em relação à maçã pode se afirmar que a maçanica apresenta menor actividade de água, facto comprovado pelos valores obtidos por Córdova (2006) para a maçã Fuji comercial ($a_w = 0,987$) e maçã Fuji industrial ($a_w = 0,976$).

A amostra de Tete mostrou ser mais rica em sólidos solúveis (25,3 °Brix) sendo assim considerada mais doce, quando comparada à amostra de Maputo e as diferentes variedades descritas por Azam-Ali et al. (2006) cujos valores variam de 13 a 20 °Brix (tabela 1). De acordo com Lunkes (2019), o teor de sólidos solúveis depende de factores do ambiente em que são cultivados e o tipo de variedade, esses factores podem estar relacionados com as diferenças de valores obtidos. Relativamente à maçã, cujos valores de sólidos solúveis das variedades Gala, Golden Delicious, Fuji e Granny Smith são 12.86, 16.73, 13.73 e 14.53 respectivamente, nota-se que estes são menores em relação aos valores obtidos para a maçanica adquirida em Maputo (16,9 °Brix) e Tete (25,3 °Brix), mostrando que a maçanica estudada é mais doce que a maçã. Uma proximidade em termos dos teores de sólidos solúveis é verificada entre a maçanica de Maputo, a maçã de cultivar Golden Delicious e maçã de variedade Fuji industrial (15,20 °Brix) valor obtido por Córdova (2006).

O teor de cinzas encontrado neste estudo para a amostra de Tete foi de 2,70% mantendo-se próximo ao valor de cinzas descrito por Nyanga et al. (2012) de 3,1% ao analisar a composição físico-química da maçanica de Muzarabani in natura. A amostra de Maputo, apresentando um valor de 1,05% regista uma proximidade aos valores obtidos para a variedade Kaithli apresentada por Azam-Ali et al. (2006). Segundo Moura et al. (2012), as cinzas constituem a fracção mineral dos alimentos; são formadas por micro e macronutrientes, os quais possuem uma relação directa com o solo em que foram cultivados, sendo esta a razão para as diferenças obtidas nos valores das duas amostras.

A amostra de Maputo apresentou maior teor de ácido ascórbico (vitamina C) com um valor de 51,9 mg/100g em relação à amostra de Tete que registou um valor de 34,0 mg/100g da amostra. Estes resultados são próximos ao valor de 43,6 mg/100g obtido por Nyanga et al. (2012). Kumar (2005) e Pasternak (2016) tiveram resultados superiores (114 mg/100g e 70 mg/100g, respectivamente). De acordo com Neto (2017), os valores de vitamina C nas frutas geralmente sofrem influência de factores ambientais como condições de solo, chuvas e grau de maturação sendo essas as possíveis razões para as diferenças nos valores obtidos nas amostras em estudo. O teor de ácido ascórbico da amostra de Maputo (51,9 mg/100) é maior do que em laranjas (50 mg/100g) conforme

afirmado por Azam-Ali et al. (2006) e maçãs (4,6 mg/100g) valor apresentado por Pasternak (2016).

Quanto à acidez titulável, pode-se afirmar que a amostra de Maputo (acidez=0,67%) apresentou maior teor de ácidos em relação à amostra de Tete (acidez=0,55%). Resultados semelhantes foram obtidos por Azam-Ali et al. (2006) para a variedade Gola, cujo teor de acidez varia de 0,37 a 0,75% e valores inferiores foram obtidos por Kumar (2005) para a variedade Umran (acidez =0,27%) e por Azam-Ali et al. (2006) nas variedades Kaithli, Banarsi Karaka e Umran em que os valores de acidez variam de 0,13 a 0,51%.

De acordo com Fonsêca (2012), o teor de acidez tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até o seu desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que a fruta amadurece, durante essas fases o teor de acidez pode ser afectado por factores como clima, solo, irrigação, sendo possivelmente as causas das diferenças entre os valores obtidos na acidez das amostras em estudo. Os valores de acidez obtidos das maçanicas em estudo são próximos aos valores de acidez da maçã (0,47 e 0,49 %) de variedades Gala e Galaxy obtidos por Tessmer (2009).

O valor do teor de gordura encontrado nas amostras de Maputo e Tete são 3,5 e 4,6 % respectivamente. De acordo com Araújo (2019), a diferença nos valores do teor de gordura das amostras pode ser justificada pelas variações nos teores de água da polpa “in natura”.

Em termos de fibra a amostra de Maputo apresentou um valor de 2,57 % e a de Tete um valor de 2,49%, mostrando ausência de diferenças significativas. A maçanica apresenta maior quantidade de fibras em relação à maçã, facto comprovado por dados apresentados por Córdova (2006) que obteve 1,09% de fibras para a maçã da variedade Fuji. A origem geográfica parece influenciar de forma muito limitada o teor de fibras na maçanica.

O teor de proteína veio apresentar diferenças nos valores das amostras em estudo, sendo a amostra de Maputo a que apresenta um valor maior de 2,16% e a amostra de Tete um valor de 1,30 %. De acordo com Meira (2020), a concentração de proteínas é afectada pelas condições climáticas, ocorrendo à diminuição do seu teor sob condições de altas temperaturas ou seca severa. Segundo o World Food Programme (2018), Maputo e Tete são consideradas duas das três províncias (Maputo, Gaza e Tete) com mais seca em Moçambique. A província de Tete apresenta mais períodos com altas temperaturas, sendo esta, possivelmente a razão do menor teor de proteína em relação ao teor de proteína da maçanica de Maputo.

A província de Tete beneficia-se do clima quente e solos franco-argilosos-arenosos avermelhados com camada superficial mais leve, profundidade variável, com fertilidade baixa a intermédia a norte da província e intermédia a boa fertilidade a sul da província que são favoráveis ao crescimento das maçaniqueiras. O contrário acontece na província

de Maputo, caracterizada por apresentar solos de baixa fertilidade, baixo poder de reter água misturados com solo arenosos brancos fluviais e marinhos.

As maçanicas em estudo podem ser consideradas frutas de boa qualidade, facto que pode ser justificado pelas características do local de crescimento, sendo Moçambique um país de clima tropical e subtropical favorece o crescimento das mesmas, contribuindo com épocas secas e estação chuvosa suficiente para suportar o crescimento e a floração da fruta.

5.2 Desidratação osmótica

• Variação da perda de massa durante o processo de desidratação osmótica

Durante a desidratação osmótica, uma das alterações mais comuns no produto é a perda de massa do produto. Os dados referentes à perda de massa da maçanica em função do tempo de desidratação nas soluções osmóticas de concentração 40, 45 e 50 °Brix são mostrados nas figuras 10 e 11.

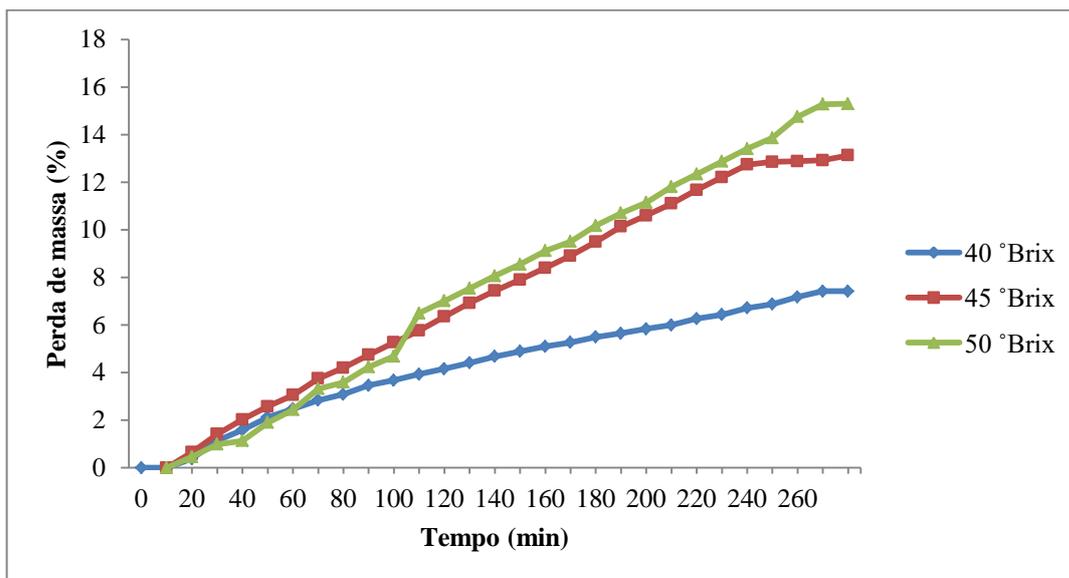


Figura 10: Percentagem de perda de massa da amostra obtida em Tete em função do tempo

Durante o processo osmótico ocorreu um aumento da perda de massa em função do tempo de desidratação. As perdas de massa foram maiores nas primeiras horas de desidratação osmótica. Este resultado está de acordo com Freitas (2009) que reporta que a perda de água e redução de massa em processos osmóticos de frutas e verduras é mais intensa nas primeiras 2 horas.

Ferrari et al. (2005) relata que no início do processo, a taxa de desidratação osmótica é mais elevada devido a grande diferença de pressão osmótica entre a solução e a fruta e a resistência de transferência de massa é mínima. Resultados semelhantes foram

observados por De Castro (2013) ao desidratar osmoticamente maçã *Golden Delicious* ao verificar que a desidratação osmótica é mais intensa até duas horas do processo, onde a amostra perdeu 30% de massa e posteriormente as perdas foram menores em torno de 8%.

Neves et al. (2011) observaram, na desidratação osmótica da batata-doce em soluções de concentração 50 e 60 °Brix, que a perda de massa foi maior nas primeiras duas horas do processo, que corresponde a maior força motriz de desidratação entre o produto e a solução osmótica. Almeida (2011) ao desidratar osmoticamente bananas em soluções de 45,55 e 65 °Brix observou que a perda de peso é crescente com o tempo do processo, pois está directamente relacionada com a perda de água e ganho de sólidos e o efeito mais acentuado da perda de massa aos 120 minutos.

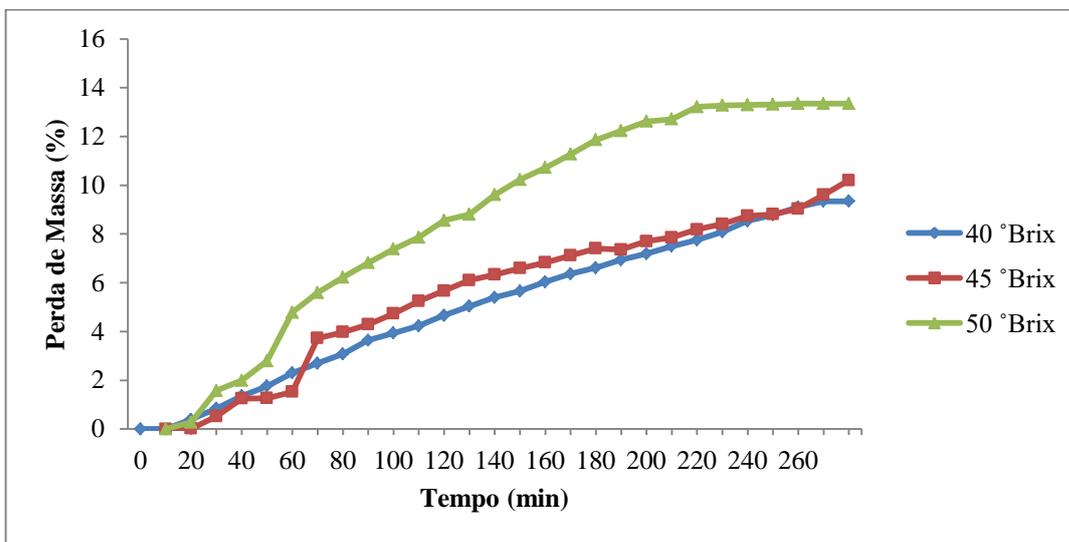


Figura 11: Percentagem de perda de massa da amostra obtida em Maputo em função do tempo

Outro facto observado nas figuras 10 e 11 foi a variação dos valores de perda de massa durante o processo nas diferentes concentrações avaliadas. Entre as três concentrações de sacarose empregues nas amostras em estudo, a solução de 50 °Brix foi a que proporcionou maior redução de massa. Em valores absolutos, o valor de perda de massa obtido com solução de 50° Brix foi de 15,3 e 13,3% para as amostras obtidas em Tete e Maputo, respectivamente. Esses valores foram aproximadamente duas vezes maiores que aquele verificado no processo realizado em solução com concentração de 40 °Brix (7,4%) na amostra de Tete. A maçanica desidratada em solução com concentração osmótica de 45 °Brix teve os valores de perda de massa de 10,2 e 13,1% para as amostras obtidas em Maputo e Tete respectivamente. O efeito do aumento da concentração da sacarose sobre os valores de perda de massa foi evidente quando se elevou as concentrações das soluções osmóticas. Segundo Telis et al. (2003), o aumento da concentração da solução osmótica intensifica as trocas difusionais e a pressão osmótica exercida sobre o tecido celular da fruta.

O mesmo comportamento foi observado por outros autores como Paradkar e Sahu (2018) na desidratação osmótica da maçã, em que os maiores valores de redução de massa foram observados com o aumento da concentração da solução osmótica de 50 para 70 °Brix. Ao desidratar ananás em soluções de 20 a 40 °Brix, em temperaturas de 30 a 50 °C, Rodrigues (2013) observou que os valores de redução de massa variaram entre 7 e 16,8%, em processos realizados durante 4 horas, e que em termos absolutos o maior valor de perda de massa, ocorreu nas amostras desidratadas a 50 °C em solução de concentração de 40 °Brix.

Neto et al. (2005) ao desidratar osmoticamente fatias de mangas em soluções de 45, 55 e 65° Brix, observaram que aumentos da concentração inicial de sacarose (45° Brix) na solução osmótica promoveram aumentos na perda de massa.

Pessoa et al. (2016) ao estudarem a cinética da desidratação osmótica da goiaba *Paluma* em dois estágios de maturação: maduro e verde, em soluções de sacarose a 40 e 50 °Brix observaram maior perda de massa nas amostras imersas em soluções de 50 °Brix para os dois estágios de maturação das goiabas.

Lima (2012) observou que na desidratação osmótica do melão com sacarose em concentrações que variavam de 40 a 70°Brix, os menores valores de redução de massa (próximos de 10%) foram encontrados nas soluções com menores concentrações.

Kruger e Dalagnol (2014) verificaram que o aumento da concentração da solução 30 a 45 °Brix, na desidratação osmótica do ananás respectivamente, promoveu o aumento da perda de massa durante o processo de desidratação osmótica. O aumento da concentração do agente osmótico gerou fluxos de massas que ocasionaram uma variação da concentração da solução e diminuição dos gradientes de concentração entre a amostra e a solução osmótica, ao longo do processo, promovendo um aumento na taxa de perda de massa.

No trabalho em curso, a amostra de Tete teve uma perda de peso maior em relação à amostra de Maputo, tal facto pode ser explicado pelas diferenças fisiológicas e genéticas das maçanicas em estudo. Córdova (2006) e Rodrigues (2013) afirmam que diferenças das características do tecido vegetal como compactação, massa inicial de substâncias não voláteis, enzimas presentes, tamanho dos espaços intercelulares, presença de complexos de pectina e celulose, influenciam a cinética do processo de desidratação osmótica.

- **Caracterização das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente**

Os resultados das análises físico-químicas (humidade, actividade da água, °brix, cor e vitamina C) da maçanica desidratada osmoticamente sob as concentrações em estudo são apresentados a seguir e uma análise comparativa é feita em relação à amostra fresca.

i. Humidade

O teor de humidade é a medida da quantidade total de água contida num alimento. Segundo Santos et al. (2011) de entre os parâmetros frequentemente analisados nos alimentos, o teor de humidade é um importante dado de composição, e em alguns casos é também um indicador de qualidade do produto.

Os valores do teor de humidade das amostras de Maputo e Tete frescas e desidratadas osmoticamente são mostrados na figura 12:

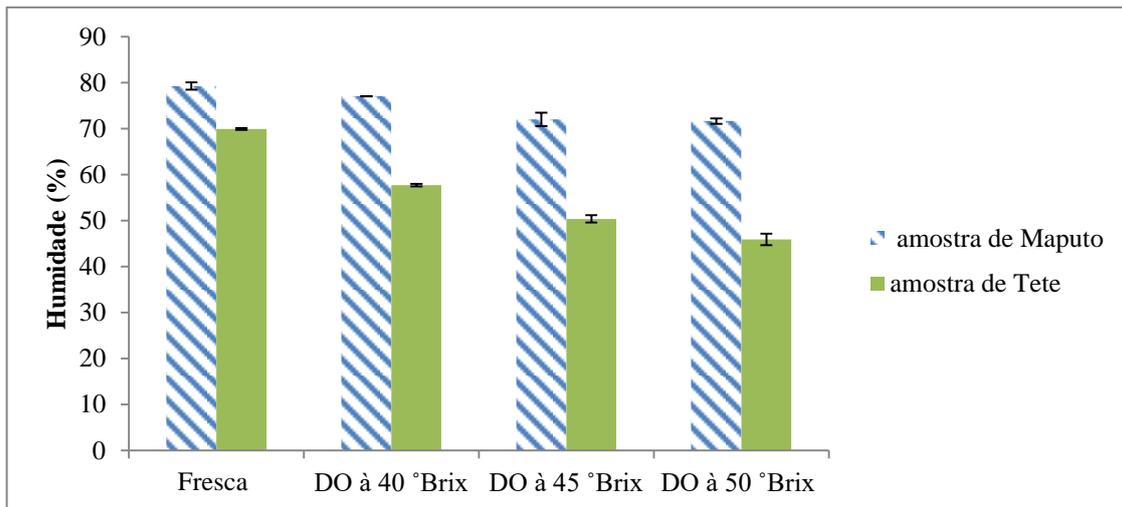


Figura 12: Teor de Humidade em amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente

A figura 12 mostra que as amostras desidratadas osmoticamente apresentam menores teores de humidade em relação amostras as frescas.

Após a desidratação osmótica em solução de 40 °Brix, a amostra fresca adquirida em Maputo teve uma redução do teor de humidade de 79,2% para 77% e a amostra fresca adquirida em Tete teve seu valor reduzido de 69,9% para 57,7%. As maiores perdas de teor de humidade foram obtidas nas amostras desidratadas osmoticamente em soluções de 50 °Brix em que o teor de humidade reduziu de 79,2% para 71,6% e de 69,9% para 45,9% nas amostras adquiridas em Maputo e Tete respectivamente, seguidas das amostras desidratadas osmoticamente em solução de 45 °Brix cujos valores reduziram de 79,2% para 72% e de 69,9% para 50,4%. A diminuição de teor de humidade é devido à perda de água que ocorre durante o contacto entre a fruta e a solução no processo de desidratação osmótica. Segundo Shi e Maguer (2002), no começo da desidratação osmótica há transferência por osmose da água da fruta para a solução causada pela diferença de suas pressões osmóticas. A sacarose, sendo uma grande molécula pode não se difundir facilmente através da membrana celular.

A redução do teor de humidade foi maior em função da concentração do agente osmótico, ou seja, à medida que foi se aumentando a concentração do agente osmótico usada na solução, maior era a perda de humidade durante a desidratação.

O mesmo comportamento foi observado por Marques et al. (2007) ao estudarem o efeito da concentração do xarope de sacarose na desidratação osmótica e caracterização físico-química do cajú, em que o teor de humidade inicial de 89% reduziu para 63% para amostra desidratada em solução de 50 ° Brix e maiores perdas de 89% para 59% de humidade foram obtidas com o aumento da concentração da solução osmótica para 70 °Brix. Neto et al. (2005) ao desidratarem osmoticamente manga em solução de concentração 55 °Brix, tiveram o valor de humidade da fruta “in natura” 86,6% reduzido para 61,52% ao final do tratamento osmótico. Takahashi e Ravelli (2005) verificaram a redução do teor de humidade da pêra in natura de 82,46% para 46,62% após desidratação osmótica em solução osmótica de 65 °Brix a uma temperatura de 50 °C durante 12 horas.

Verificou-se ainda que a amostra obtida em Tete registou maior perda de humidade com um valor de 17,4 a 34,3% de redução quando comparada a amostra obtida em Maputo que teve em média uma redução de 2,77 a 12,2% em relação à fruta “in natura”, facto explicado pelas diferenças fisiológicas e genéticas geradas pelas suas condições de crescimento.

ii. Actividade da água

A Actividade da água é um dos factores mais importantes para a indústria alimentar, pois quantifica a quantidade de água disponível para o crescimento de microorganismos e as reacções que podem alterar os alimentos, o que possibilita a previsão da estabilidade. A variação da actividade da água das amostras frescas e desidratadas osmoticamente obtidas em Maputo e Tete é apresentada na figura 13:

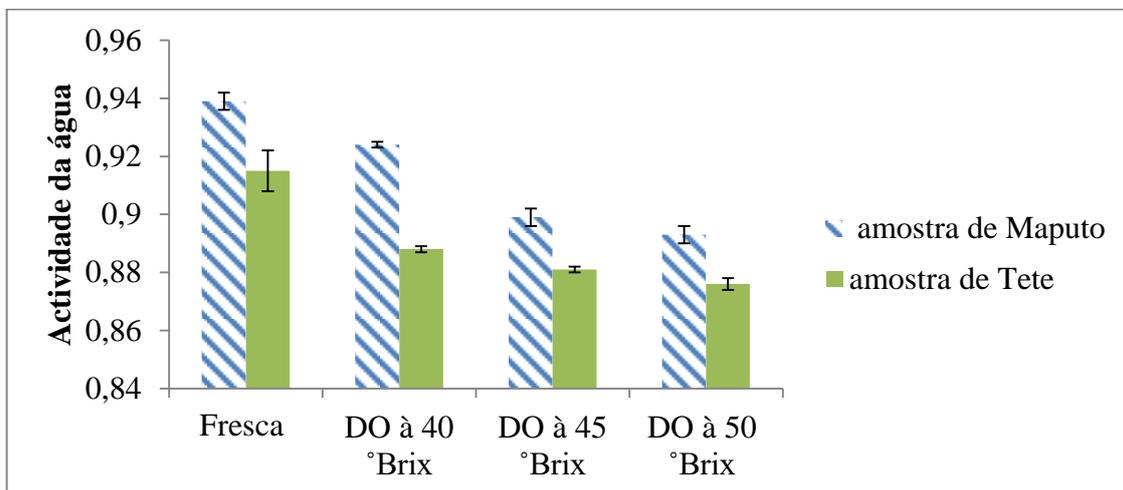


Figura 13: Actividade da água das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente

A maçanica tal como outras frutas apresenta quando cresce uma elevada actividade de água, o que a torna mais vulnerável a contaminação microbológica do que as frutas desidratadas, onde a a_w é relativamente baixa. Pode se observar na figura 13 que nas

frutas “in natura” existe maior quantidade de água livre na maçanica obtida em Maputo ($a_w=0.939$) em relação a de Tete ($a_w=0.915$).

De acordo com a figura 13, a actividade de água da amostra fresca de Maputo após a desidratação osmótica em soluções osmóticas de concentrações de 40, 45 e 50 °Brix reduziu para 0.924, 0.899 e 0.893 respectivamente. Para a amostra “in natura” de Tete, a actividade de água reduziu para 0.888, 0.881 e 0.876 após tratamento em condições semelhantes da amostra de Maputo. Com os valores apresentados é possível verificar que o aumento das concentrações das soluções osmóticas de sacarose promove maiores reduções nos valores de actividade de água, facto importante no que diz respeito à conservação da fruta.

Embora, tenha havido redução da actividade de água, após o tratamento osmótico, as amostras não são consideráveis estáveis, pois os valores da actividade de água estão na faixa dos 0.876-0.924. Nesta faixa, segundo Celestino (2010), as reacções químicas e enzimáticas podem ter a sua velocidade reduzida, mas os alimentos facilmente sofrem contaminação microbiológica.

Resultados similares foram encontrados por Júnior (2016) ao verificar a redução da actividade de água dos figos verdes “in natura” $a_w=0.988$ para 0.945, 0.932, 0.920 após desidratá-los osmoticamente em soluções de 40, 50 e 60 °Brix respectivamente. Sousa et al. (2003) ao desidratarem osmoticamente bananas em solução de concentração de 65 °Brix, verificaram que o valor de actividade de água da fruta “in natura” 0.953 reduziu para 0.940 ao final da desidratação osmótica. Neto et al. (2005) ao desidratarem osmoticamente manga em solução de concentração 55 °Brix durante 4 horas, tiveram o valor de actividade de água da fruta in natura 0.984 reduzido para 0.962 ao final do tratamento osmótico. E Rodrigues et al. (2013) que verificaram a redução da actividade de água da banana in natura de 0.942 para 0.921 após desidratação osmótica em solução de 65 °Brix durante 4 horas de imersão á temperatura aproximada de 65 °C.

A redução de a_w de cerca de 1,59 a 4,9% verificada nas amostras em estudo confirma o facto de a desidratação osmótica ser considerada uma técnica de pré-tratamento, sendo necessária a utilização de um tratamento de conservação adicional como a secagem para manter a estabilidade do produto final.

iii. Teor de sólidos solúveis (°Brix)

O teor de sólidos solúveis representa o conteúdo de açúcares, principalmente glicose, frutose e sacarose, ácidos orgânicos e outros constituintes menores, apresentando uma relação directa com o grau de doçura do produto. A variação dos sólidos totais solúveis das amostras frescas e desidratadas osmoticamente de Maputo e Tete é ilustrada na figura 14:

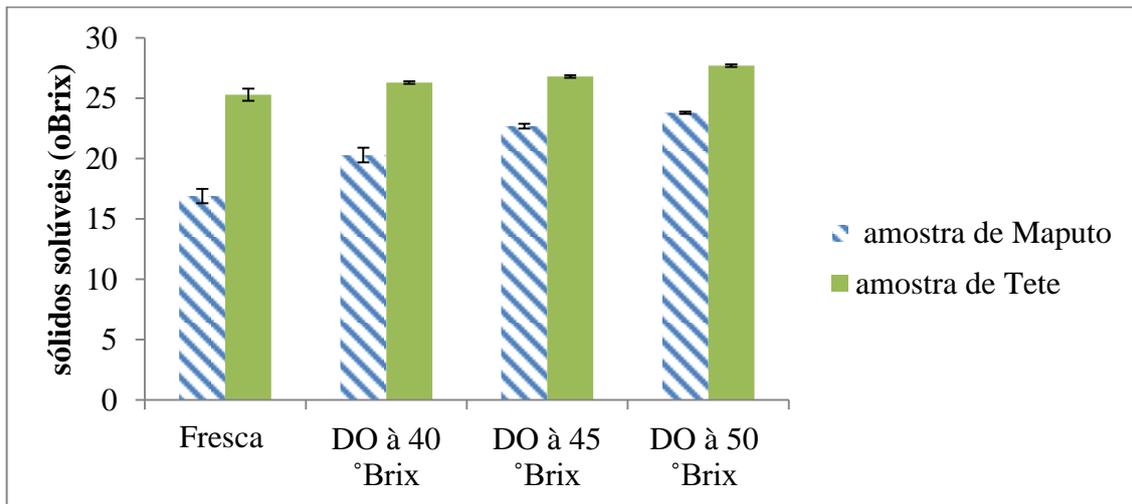


Figura 14: Teor de sólidos solúveis das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente

O teor de sólidos solúveis das amostras “in natura” obtidas em Maputo e Tete são 16.9 e 25.3 °Brix respectivamente conforme a figura 14. Após a desidratação osmótica em soluções osmóticas de concentração 40, 45 e 50 °Brix os valores de teor de sólidos solúveis aumentaram para 20.3, 22.7 e 23.8 °Brix na amostra de Maputo e 26.3, 26.8 e 27.7 °Brix na amostra de Tete respectivamente.

O aumento do teor de sólidos solúveis verificado nas amostras desidratadas osmoticamente deve-se a incorporação da sacarose que ocorre durante processo osmótico descrito por Panagiotou et al. (1998). Por outro lado, o aumento de sólidos solúveis também pode estar relacionado com a afirmação de Castro (2015), em que o açúcar natural da fruta e ácidos orgânicos, antes dissolvidos na água presente na maçanica, permanecem e se concentram enquanto a umidade é removida.

Neto et al. (2005) observaram o mesmo efeito ao desidratar osmoticamente mangas em soluções de concentração 55 °Brix, quando o valor dos sólidos solúveis da manga in natura 12.50 °Brix aumentou para 33.70 °Brix. Marques et al. (2007) verificaram o aumento do teor de sólidos solúveis do caju in natura de 11.67 °Brix para 20.65, 26.17 e 28.67 °Brix após desidratá-los osmoticamente em soluções de 50, 60 e 70 °Brix respectivamente. De Castro (2013), verificou que o valor dos sólidos solúveis 14.47 °Brix da maçã *Golden Delicious* in natura aumentou para 28.27, 44.20 e 47.20 °Brix ao final de 4 horas de desidratação osmótica em soluções osmóticas de 35, 55 e 65 °Brix respectivamente.

iv. Vitamina C

A vitamina C é um composto hidrossolúvel e sensível ao calor que apresenta grande capacidade antioxidante. A variação do teor de vitamina C das amostras frescas e desidratadas osmoticamente de Maputo e Tete é mostrada na figura 15:

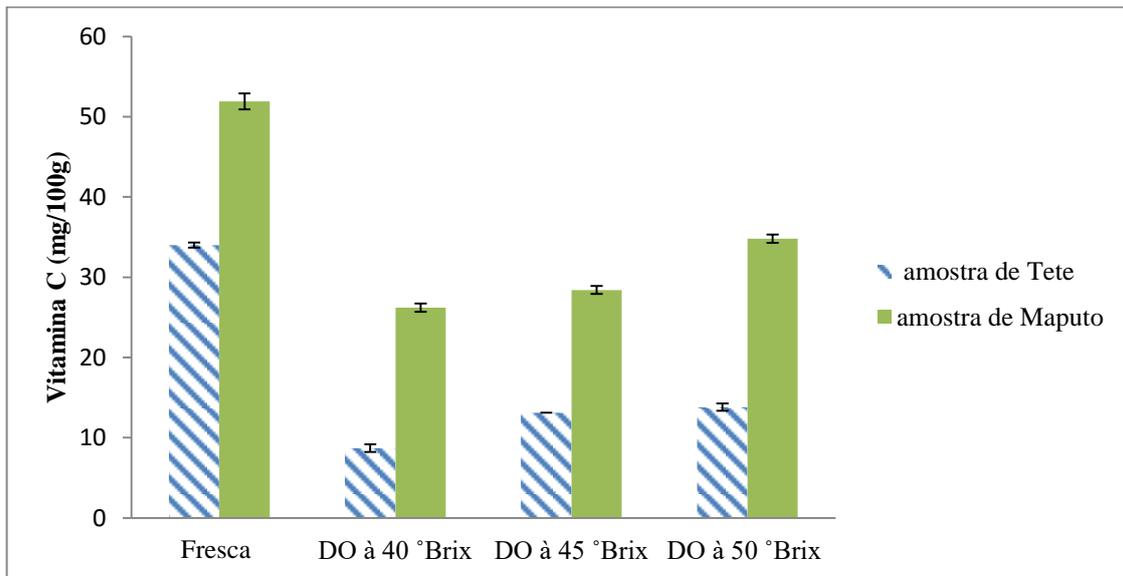


Figura 15: Teor de Vitamina C das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente

O teor de Vitamina C das amostras in natura de Tete e Maputo são 34.0 e 51.9 mg /100g da amostra respectivamente. Após a desidratação osmótica, o teor de vitamina C (Vit. C) reduziu para todas as amostras conforme ilustra a figura 15. O teor de ácido ascórbico das amostras frescas obtidas em Tete reduziu para 8.7, 13,1 e 13,8 mg /100g e as amostras adquiridas em Maputo reduziram o teor de vitamina C para 26.2, 28.4 e 34.8 mg/100g após a desidratação osmótica em soluções osmóticas de concentrações de 40, 45 e 50 °Brix respectivamente.

A diminuição de teor de Vitamina C deve-se principalmente, à alta temperatura em que as frutas foram submetidas durante o processo de DO, pois a vitamina C é altamente sensível ao calor e a oxidação que ocorre quando a Vit.C entra em contacto com oxigénio. Segundo Marques et al. (2007), as perdas de vitamina C durante a DO, estão associadas a uma combinação de perdas por difusão, durante a osmose e a degradação química, pelo efeito do calor. Neto (2017) afirma que além do processamento térmico, a agitação mecânica proporciona a redução da vitamina C, pois durante o processo de agitação, há incorporação do oxigénio que causa a oxidação dessa vitamina.

Junior et al. (2019) observaram o mesmo comportamento ao desidratar osmoticamente cascas de banana em solução de concentração de 60 °Brix à 60 °C durante 4 horas, quando o valor do ácido ascórbico da casca de banana “in natura” 1.415 mg/100g reduziu para 1.395 mg /100g. Mendes et al. (2013) estudando as características das laranjas “in natura”, seca e desidratada osmoticamente e seca, observaram que o teor de vitamina C 415 mg/100g da fruta “in natura” diminuiu consideravelmente quando submetida ao processo de secagem, apresentando 31.5 mg /100g. Todavia, nas amostras tratadas osmoticamente apresentaram 37.3 mg /100g de perda ligeiramente inferior as amostras sem o pré-tratamento.

v. Cor

A cor da superfície de um alimento é um dos primeiros parâmetros de qualidade avaliado pelos consumidores. A aceitação ou rejeição do produto final por parte do consumidor esta directamente relacionada com alteração da cor que ocorre durante a DO. Segundo Filho e Vasconcelos (2011), factores físicos e químicos durante o processo estão relacionados com as mudanças que podem ocorrer por degradação, concentração ou lixiviação dos pigmentos no tecido da fruta ou pelo desenvolvimento de escurecimento enzimático e não enzimáticos. Sendo assim, os parâmetros de cor foram avaliados nas amostras em estudo antes e após a desidratação osmótica e os resultados experimentais das análises dos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* são apresentados na tabela 6, e os valores do índice de acastanhamento (BI) e variação da cor (ΔE) são apresentados na tabela 7.

Tabela 6: Parâmetros L^* , a^* , b^* das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente

Tratamento	Maputo	Tete	Maputo	Tete	Maputo	Tete
	L^*		a^*		b^*	
Fresca	26,5±1,00	24,5±0,1	7,7±0,7	10,7±0,2	20,9±1,30	24,1±0,1
DO à 40 °Brix	23,5±0,20	23,2±0,2	7,2±0,1	10,5±0,1	18,5±0,02	17,4±0,2
DO à 45 °Brix	22,3±0,02	22,4±0,1	7,9±0,0	10,3±0,2	20,7±0,00	19,6±0,8
DO à 50 °Brix	21,7±0,02	21,6±0,1	7,7±0,0	9,4±0,1	18,6±0,04	18,8±0,1

Na tabela 6 estão apresentados os valores do parâmetro de luminosidade (L^*) relativos à maçanica fresca e desidratada osmoticamente obtidos na província de Maputo e Tete. Segundo Carrilha e Guiné (2006), o parâmetro L^* varia de 0-100, sendo 0 para amostra mais escura e 100 a mais clara.

As luminosidades das amostras de Maputo e Tete “in natura” são 26.5 e 24.5 respectivamente. O processo de desidratação osmótica exerceu um impacto (redução) sobre este parâmetro. As amostras frescas de Maputo tiveram seus valores de luminosidade reduzidos para 23.5, 22.3 e 21.7 e os valores das amostras frescas de Tete reduziram para 23.2, 22.4 e 21.6 após a desidratação osmótica em soluções osmóticas de concentrações de 40, 45 e 50 °Brix respectivamente.

Analisando o parâmetro a^* , através dos seus valores positivos pode se afirmar que todas as amostras apresentam maior tendência à cor vermelha, enquanto para o parâmetro b^* as amostras tenderam para a cor amarela, possivelmente pela presença de carotenóides. Os parâmetros a^* e b^* pouco variaram com o tratamento osmótico e aumento da concentração da solução osmótica.

Tabela 7: Índice de acastanhamento e variação da cor das amostras desidratadas e não desidratadas osmoticamente

Tratamento	Maputo	Tete	Maputo	Tete
	BI		ΔE	
Fresca	20,2 \pm 2,60	29,6 \pm 0,4	0	0
DO à 40 °Brix	21,2 \pm 0,56	30,4 \pm 0,0	3,9 \pm 2,8	6,8 \pm 0,2
DO à 45 °Brix	24,3 \pm 0,05	30,9 \pm 0,9	4,2 \pm 0,2	5,0 \pm 0,3
DO à 50 °Brix	24,4 \pm 0,03	30,4 \pm 0,2	5,3 \pm 0,2	6,2 \pm 0,2

Os valores do índice de acastanhamento (BI) das amostras “in natura” obtidas em Maputo e Tete foram 20.2 e 29.6 respectivamente. As frutas que foram tratadas osmoticamente apresentaram diferenças em relação as não processadas, sendo possível observar um aumento do BI para 21.2, 24.3 e 24.4 nas amostras obtidas em Maputo e para 30.4, 30.9 e 30.4 nas amostras de Tete após a DO em soluções de 40, 45 e 50° Brix respectivamente. De acordo com Lunadei et al. (2010), o índice de acastanhamento (BI) é definido como a pureza da cor castanha, um dos indicadores mais comuns em produtos alimentícios contendo açúcar. Quanto maior é o valor de BI, mais intensa é a cor castanha, ou seja, maior é o escurecimento do produto.

A redução da luminosidade e aumento do BI indica que houve um escurecimento das amostras desidratadas osmoticamente. O escurecimento pode ter ocorrido pela concentração de pigmentos como carotenóides presentes naturalmente nas frutas. Além disso, o uso de soluções com concentrações elevadas do agente osmótico durante a DO promove a formação de uma camada de açúcar em volta do tecido celular da fruta e impede a perda dos pigmentos por lixiviação. Segundo De Castro (2013), a aplicação do calor durante a desidratação osmótica pode proporcionar reacções químicas ou enzimáticas de oxidação de compostos fenólicos ou mesmo reacções de Millard entre açúcares redutores e aminoácidos que promovem escurecimento da maçanica.

Silva (2009) desidratou osmoticamente abóboras em soluções de sacarose de 55 e 65 °Brix e verificou uma a redução do parâmetro L^* . A redução da actividade de água proporcionada pela perda de água e ganho de sólidos durante a DO, favorece a ocorrência de reacções que formam pigmentos que levam ao escurecimento da fruta desidratada osmoticamente. Junior et al. (2019) observaram a redução da luminosidade da casca de banana in natura de 56.09 para 49.22 ao final da desidratação osmótica em uma solução de concentração 60 °Brix. Almeida (2011) verificou valores de luminosidade de bananas pré-tratadas osmoticamente em soluções de 45 a 65 °Brix inferiores aos da fruta fresca, indicando a cor mais escura das bananas tratadas osmoticamente comparadas com as amostras frescas.

A variação total da cor (ΔE) pode ser utilizada para avaliar quantitativamente o impacto do processo na cor, uma vez que é obtido por meio da diferença da cor entre a fruta processada e a fruta fresca. Além disso, descreve a capacidade do olho humano em diferenciar a cor dos dois produtos. Quando $\Delta E \geq 5$, o olho humano pode distinguir a

diferença de cor entre os dois produtos (Carrilha e Guiné, 2006). Nas amostras analisadas, o ΔE apresentou valores entre 3,9 e 5,3 para as amostras obtidas em Maputo e entre 5 e 6,8 para as amostras obtidas em Tete, sendo estas últimas mais perceptíveis para o olho humano à diferença de cor entre as amostras processadas e a fruta in natura. Quanto menor o ΔE menor é o impacto no processo e, conseqüentemente, melhor é a qualidade da fruta desidratada osmoticamente. Junior et al. (2008), encontraram valores entre 1,43 e 7,64 quando desidrataram osmoticamente fatias de kiwi em soluções de 50 °Brix a 40 °C de temperatura durante 150 minutos, indicando que o processo teve pequeno impacto na cor.

5.3 Secagem

Durante o processo de secagem, a perda de peso é um dos principais fenómenos verificados. Os dados referentes a perdas de peso totais das amostras de Maputo e Tete são mostrados na tabela 8:

Tabela 8: Valores de peso perdido referentes às amostras de Maputo e Tete após secagem

Amostra	Peso perdido na amostra de Maputo (g)	Peso perdido na amostra de Tete (g)
Fresca	175,58±1,2	149,0 ± 2,7
DO à 40 °Brix	157,68±2,8	145,14±2,7
DO à 45 °Brix	154,50±2,7	136,36±2,8
DO à 50 °Brix	153,66±0,8	126,14±2,8

Os maiores valores de peso perdido após secagem são observados nas amostras “in natura” provavelmente por não possuírem uma camada superficial de açúcar, o que facilita a transferência de massa quando comparada as amostras pré-tratadas.

As menores perdas de peso que ocorreram com o aumento da concentração observada na secagem convectiva das amostras pré-tratadas osmoticamente podem ser explicadas pelo facto da sacarose cristalizar durante a secagem com ar, dificultando assim a difusão do vapor de água e impedindo a transferência de calor no interior do produto. Outro factor que é provavelmente responsável pelos maiores pesos obtidos das amostras pré-tratadas osmoticamente ao final da secagem em relação às amostras não tratadas osmoticamente é a existência dos sólidos solúveis incorporados durante a desidratação osmótica. Estes resultados estão de acordo com o autor De Castro (2013), que reporta que, na secagem convectiva o conteúdo de água diminui rapidamente e apresenta taxas de secagem e perdas de peso superiores em amostras pré-tratadas em soluções osmóticas menos concentradas.

E Ricci et al. (2012) ao secarem bananas osmoticamente pré-tratadas que observaram maior perda de peso nas bananas sem tratamento osmótico, sendo que o peso final das bananas secas sem tratamento osmótico foi de 29% do peso inicial e as bananas tratadas osmoticamente tiveram 32% do peso inicial.

- **Caracterização da amostra após secagem**

Os resultados obtidos das análises físico-químicas (humidade, °Brix e cor) após secagem da maçanica fresca e desidratada osmoticamente sob as concentrações em estudo são apresentados a seguir:

a) Humidade

A variação do teor de humidade das amostras de Maputo e Tete em termos comparativos da amostra fresca e desidratada osmoticamente após secagem é apresentada na figura 16:

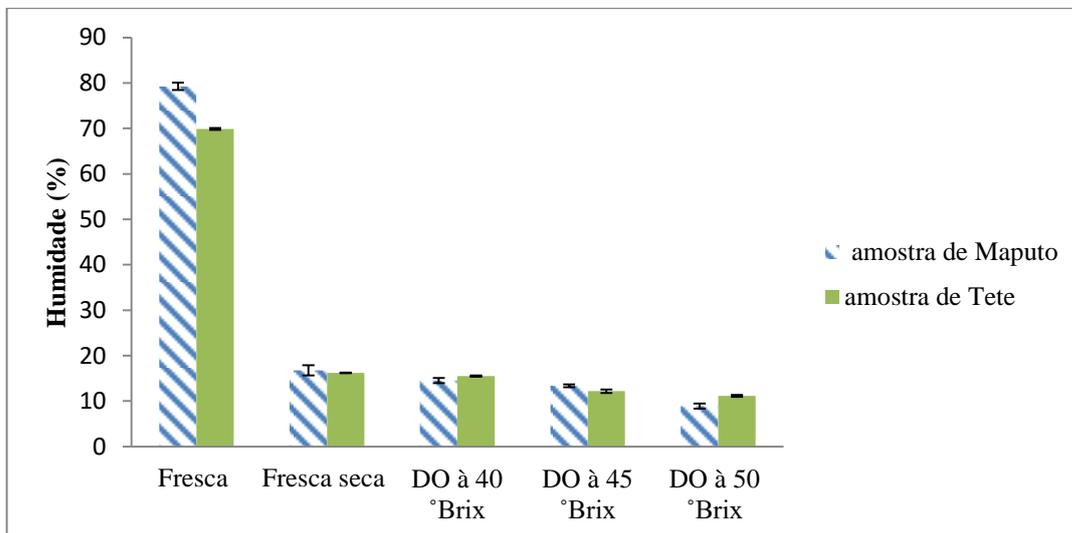


Figura 16: Teor de humidade das amostras submetidas a secagem

Observando a figura 16 verifica-se que a maçanica in natura de Maputo e Tete possuem altos teores de humidade. Porém ocorre uma alteração quando as amostras são submetidas à desidratação osmótica e secagem. Após a secagem as amostras “in natura” tiveram os seus valores de humidade reduzidos para 16,78 e 13,22%. A diminuição de teor de humidade deve-se principalmente a evaporação da água durante o processo de secagem.

Os maiores valores de redução de humidade após secagem foram obtidos nas amostras desidratadas osmoticamente em soluções de 50 °Brix cujos valores finais de humidade foram 8,9 e 11,2% nas amostras de Maputo e Tete, respectivamente.

As amostras obtidas em Maputo e Tete tiveram diferenças pouco significativas nas reduções dos valores de humidade, tendo a maçanica de Maputo reduções em torno de 78,8 a 88,8% e a maçanica obtida em Tete em torno de 76,34 a 84,0%.

O mesmo comportamento foi evidenciado por Mendes et al. (2013) na desidratação osmótica de laranjas em que humidade da fruta “in natura” era 88,9%, após a DO passou a ser 83,3% e após secagem a reduziu até 20%. Córdova (2006) observou uma redução de humidade de 59,81% para a maçã Fuji comercial e de 60, 58% para a maçã Fuji industrial após desidratar osmoticamente e secá-las. Sousa et al. (2003) ao desidratar bananas verificou que o valor da humidade da banana “in natura” 67,6% reduziu para 56,4 % após 5 horas de tratamento osmótico em solução de 65 °Brix e após secagem durante 16 horas o valor de humidade reduziu para 15,1%.

Segundo Lunkes et al. (2019), os produtos de frutas secas ou desidratados devem apresentar no máximo 25% (g/100g) de humidade. As amostras no presente trabalho apresentam um bom conteúdo de humidade, estando dentro dos padrões considerados estáveis para um produto seco.

b) Teor de sólidos solúveis (°Brix)

A variação dos sólidos totais solúveis das amostras frescas e desidratadas osmoticamente obtidas em Maputo e Tete é apresentada na figura 18:

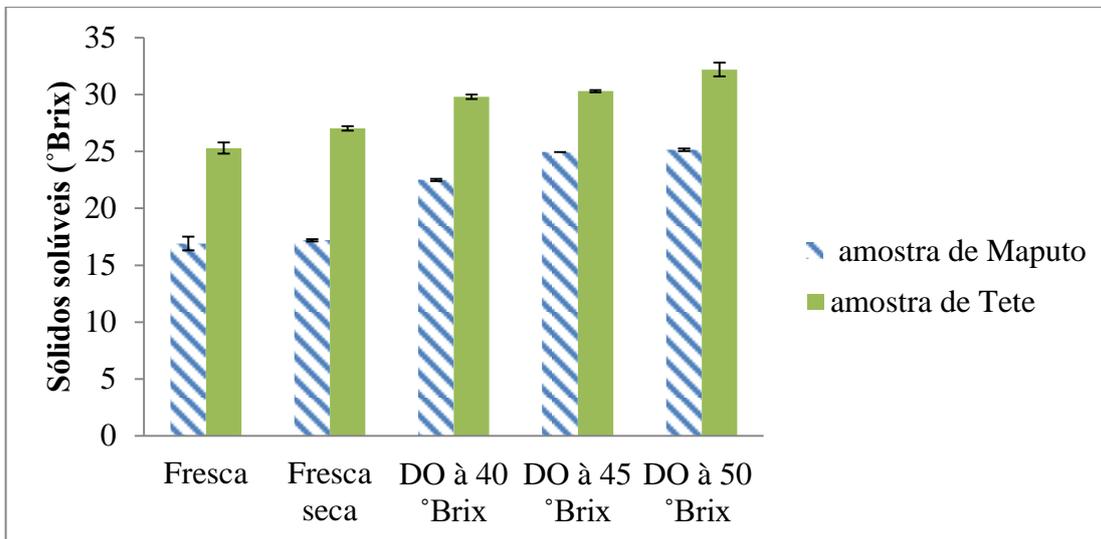


Figura 17: Teor dos sólidos solúveis das amostras submetidas à secagem

Observando a figura 17, percebe-se que os valores de sólidos solúveis da maçanica foram alterados com a secagem. Os sólidos solúveis estão em maior quantidade nas amostras desidratadas em maiores concentrações de sacarose. O maior valor de sólidos solúveis (32,2 °Brix) foi obtido na maçanica de Tete pré-tratada osmoticamente em

solução de 50 °Brix e seca. As menores quantidades de sólidos solúveis foram encontradas na maçanica de Maputo in natura com e sem secagem (17,2 e 16,9 °Brix respectivamente).

Como em todos os processos de desidratação foi observado um aumento nos valores dos sólidos solúveis causado pela eliminação de água que promove naturalmente a concentração de açúcares naturais, e a imersão da fruta em solução osmótica que promove através do processo de difusão o aumento de açúcares, o que além de aumentar a concentração dos sólidos solúveis totais, aumenta a doçura da fruta tornando-a mais apetitosa e agradável ao paladar. Castro (2015) afirma também que, o aumento de sólidos solúveis durante a produção de passas está associado tanto ao ganho de sólidos na desidratação osmótica quanto à concentração (evaporação da água) durante a secagem. O mesmo comportamento foi verificado por Guiamba et al. (2016) na desidratação osmótica da manga, Queiroz et al. (2007) e Pessoa et al. (2016) na desidratação osmótica da goiaba.

Carvalho et al. (2020) após secarem peras pré-tratadas osmoticamente em soluções de 40, 55 e 70 °Brix, verificaram o aumento dos sólidos solúveis da pêra “in natura” de 13.25 °Brix para 41.58, 55.83 e 71.08 °Brix em função do aumento da concentração da solução osmótica. Peres et al. (2018) ao desidratarem fatias de manga *Tommy Atkins* pré-tratadas osmoticamente em solução de concentração 55 °Brix, verificaram o valor dos sólidos solúveis da fruta “in natura” de 16,5 °Brix aumentar para 30 °Brix após secagem em estufa a uma temperatura de 65 °C.

Entre as amostras desidratadas osmoticamente no presente trabalho, as amostras tratadas em soluções de 40 °Brix após secagem apresentaram teores de sólidos solúveis mais próximos a fruta fresca. Essas poderiam até ser usadas para produção de alimentos para crianças e bebês como iogurtes e papas onde é essencial uma baixa incorporação de açúcares. Concentrações elevadas promovem uma grande incorporação de sólidos para dentro do produto, provocando alterações na qualidade sensorial do mesmo e modificando o sabor natural da fruta. As amostras de DO a 45 °Brix e 50 °Brix, poderiam ser utilizadas na preparação de doces onde a incorporação de açúcares pode ser desejável.

c) Cor: Índice de Acastanhamento (BI)

O índice de acastanhamento traduz de forma objectiva o aspecto visual da fruta. A variação do índice de acastanhamento das amostras frescas, desidratadas osmoticamente e secas é apresentada na figura 18:

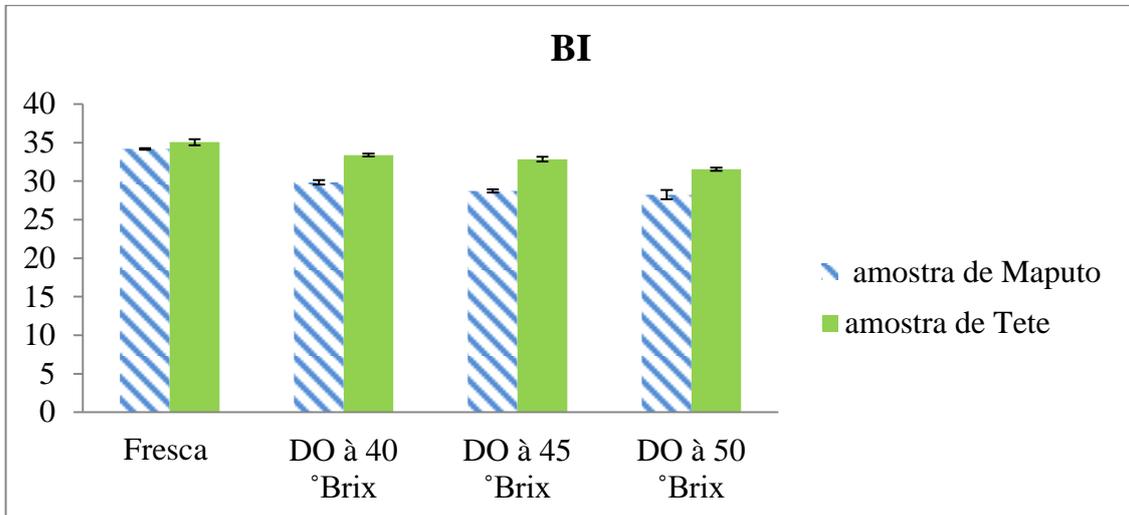


Figura 18: Índice de acastanhamento das amostras frescas e desidratadas osmoticamente após secagem

As amostras frescas obtidas em Maputo e Tete sujeitas ao processo de secagem mostram serem as mais afectadas pelo processo, com valores de BI igual a 34,2 e 35,1 respectivamente (figura 18), pois apresentam um escurecimento mais intenso, causando uma aparência não agradável à vista de um possível consumidor. As amostras sujeitas ao processo de desidratação osmótica apresentam um grau de escurecimento menor, menores valores de BI mostrando a eficácia do pré-tratamento na preservação da cor.

De modo a perceber a mudança da cor da fruta fresca, desidratada e seca a uma temperatura de 60°C em estufa, apresenta-se nas figuras 19 e 20 a coloração obtida.



Figura 19 : Maçanicas obtidas em Maputo após secagem

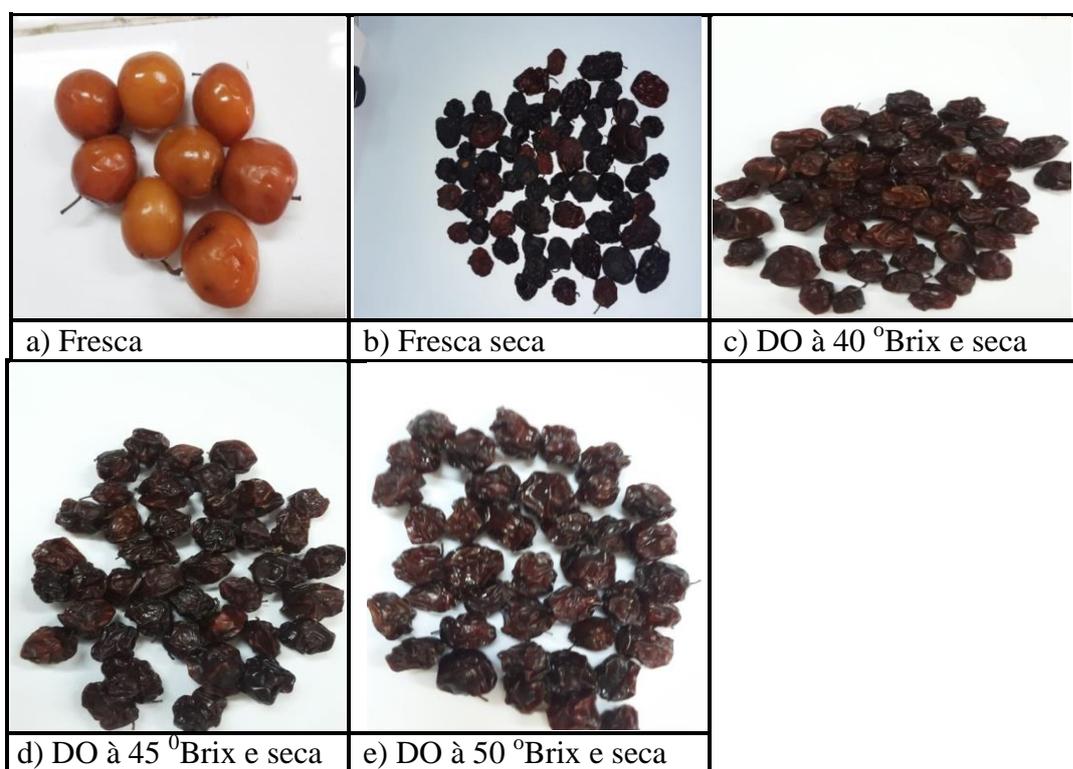


Figura 20: Maçanica obtida em Tete após secagem

Observando as alíneas c), d), e) das figuras 19 e 20 verifica-se que as amostras desidratadas osmoticamente após secagem são mais atrativas quanto ao brilho, apresentam um escurecimento menor, e baixos valores de BI que variam de 28.2 a 33.4,

em relação as amostras não pré-tratadas secas. Isso acontece provavelmente devido à presença da sacarose que poderá ter formado uma camada na superfície da amostra desidratada, oferecendo resistência ao escurecimento da mesma.

O escurecimento não enzimático verificado nas amostras é causado pelo aumento das reacções de Maillard e oxidação do ácido ascórbico em temperaturas altas durante o processo de secagem. Segundo Filho e Vasconcelos (2011), a reacção oxidação do ácido ascórbico é acelerada na presença de calor. As reacções de Maillard formam compostos poliméricos escuros denominados melanoidinas que envolvem aminoácidos e açúcares, ocorrendo perda do valor nutritivo das proteínas (Faria et al., 2020). Estas reacções reduzem a digestibilidade de proteínas, inibem a acção das enzimas digestivas, destroem nutrientes como aminoácidos essenciais, ácido ascórbico e interferem no metabolismo de minerais (Faria et al., 2020).

Segundo Muchuweti (2005), são encontrados açúcares como frutose, glicose, galactose na composição das maçanicas. A existência desses açúcares provavelmente influenciou no escurecimento das amostras, pois de acordo com Celestino (2010), o tipo de açúcar presente no alimento também acelera o processo de escurecimento. Hexoses como glicose e frutose são açúcares mais reactivos que os dissacarídeos como a lactose.

6 Conclusões

A realização das experiências permitiu evidenciar a presença de diferenças nas características físico-químicas analisadas nas amostras obtidas em Maputo e Tete. A maçanica obtida em Maputo é um pouco mais ácida, menos doce e possui maior quantidade de água em relação a maçanica adquirida em Tete.

As condições estudadas na desidratação osmótica foram eficazes na redução do teor de humidade, actividade de água, aumento de sólidos solúveis e na retenção da vitamina C que foi maior em soluções com maiores concentrações de sacarose.

As diferenças existentes entre a maçanica obtida em Maputo e Tete mostraram ter influência no processo de transferência de massa durante a desidratação osmótica. A maçanica obtida em Tete apresentou maior perda de massa em relação à de Maputo.

Foi verificado escurecimento na maçanica desidratada osmoticamente (diminuição do parâmetro luminosidade e aumento do índice de acastanhamento) em relação à maçanica “in natura”, porém a diferença total de cor inferior a 10 indica que o processo não exerceu alto impacto na maçanica desidratada osmoticamente.

Após secagem, houve maior incremento nas reduções de humidade em função do aumento da concentração da solução osmótica. As amostras desidratadas osmoticamente apresentaram maiores perdas de humidade em relação às secas “in natura” e devido à retenção e incorporação de sólidos solúveis durante o pré-tratamento, mostraram-se mais macias.

A maçanica seca “in natura” apresentou escurecimento em maior grau (maiores valores de índice de acastanhamento) em relação à maçanica pré-tratada osmoticamente, indicando que o processamento osmótico teve eficácia quanto à preservação da cor.

7. Recomendações

Recomenda-se que:

- Sejam efectuados estudos sobre a variação do tempo de imersão e temperatura de desidratação osmótica na qualidade das passas de maçanica;
- Sejam efectuados estudos sobre o efeito que pré-tratamentos combinados como branqueamento + desidratação osmótica seguidas de secagem teriam na qualidade de passas da maçanica;
- Sejam efectuados estudos sobre a rehidratação da maçanica pré-tratada osmoticamente e seca;
- Sejam efectuados estudos sobre a possibilidade de adição de vitamina C na solução osmótica, visto que grande parte desta é perdida durante os processos de desidratação;
- Realizem-se estudos do tempo de prateleira da maçanica pré-tratada e seca;
- Propõe-se a realização de análise sensorial dos produtos obtidos nos diferentes tratamentos para avaliar a aceitabilidade do produto final;
- Realizem-se estudos sobre formas de aproveitamento da solução osmótica usada durante a desidratação de frutas como maçanica.

8. Referências Bibliográficas

Adrian, J., Poiffait, A., & Dauvillier, P. (2000). *Análisis nutricional de los alimentos*. Editorial Acribia, S.A. Espanha.

Almeida, J. A. (2011). *Desidratação osmótica de banana (Musa spp.): Cinética de desidratação e avaliação de compostos bioativos*. Campos dos Goytacazes-RJ.

Almeida, L. C. (2013). *Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva de Uvas da Cultivar Crimson*. Florianópolis/SC.

André, A. M. (2019). *Passa de Berinjela com Adição de Saborizantes Elaborada por Desidratação Osmótica e Secagem Complementar*. Campina Grande: UFCG.

Araújo, E. A. (2005). *Estudo Do Processo De Desidratação Osmótica e Secagem De Nectarina (Prunus pérsica)*. Campinas-SP.

Araújo, L. C. (2009). *Otimização da Desidratação Osmótica de Jambo-Vermelho (Syzygium malaccense)*. Recife, PE.

Araújo, L. F., Navarro, L. A., Silva, R. R., & Felix, R. A. (2021). *Análise Físico-Química de Alimentos*. Mato Grosso: Pantanal Editora.

Araújo, M. S. (2019). *Efeitos da Desidratação Osmótica em fatias de Abacate*. Campina Grande: UEPB.

Assis, F. R., Morais, R. M., & Morais, A. M. (2016). *Desidratação osmótica de macas e fisális com soluções de sorbitol*. Encontro de Química dos Alimentos. Porto

Azam-Ali, S., Bonkougou, E., Bowe, C., deKock, C., Godara, A., & Williams, J. T. (2006). Ber and other jujubes. *International Centre for Underutilised Crops Southampton*.

Azevedo, E. G. & Alves, A. M. (2009). *Engenharia de Processos de Separação*. Lisboa.

Badger, W. L., & Banchemo, J. T. (1970). *Introducción a la Ingeniería Química*. Mexico: McGraw-Hill.

Carrilha, F. & Guiné, R. (2006). *Avaliação da Cor de Peras Secadas Por Diferentes Métodos*. Viseu.

Carvalho, I. R., Silva, L. M., & Donadon, J. R. (2020). *Desidratação osmótica de peras: compostos bioativos e avaliação sensorial*. Campo Grande: Multitemas. 25(60), 27-44.

- Castro, D. S. (2015). *Modelagem do Processo de Obtenção de Goiaba (Psidium guajava L.) Passa*. Campina Grande: Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
- Catarina, A., & Soares, A. (2015). *Avaliação da qualidade físico-química e sensorial de frutas durante o armazenamento e comercialização*. São Paulo.
- Celestino, S. M. (2010). *Princípios de Secagem de Alimentos*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Córdova, K. R. (2006). *Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva da Maça Fuji Comercial e Industrial*. Curitiba.
- Costa, F. (2018). *Análise de Alimentos*. Ceará: Escola Estadual de Educação Profissional-EEEP.
- De Castro, F. D. (2013). *Desenvolvimento de uma Metodologia para a Segurança Alimentar e Preservação das Propriedades Funcionais na Desidratação da Maca Golden Delicious*. Brasil: Universidade de Minho.
- Duarte, G. G. (2012). *Parametrização do Processo de Secagem de Fruta Pera e Maca Portugal*.
- Egea, M. B., & Lobato, L. P. (2014). *A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Instituto Nacional de Estatísticas (2011). *Censo Agro-pecuário, Resultados Definitivos*. Obtido de www.ine.gov.mz.
- Fabbri, A. D. (2014). *Avaliação Microbiológica Físico-Química e Sensorial de Salada de Frutas Irradiada Pronta Para o Consumo de Imunocomprometidos*. São Paulo: Ipen.
- Faria, M. M., Soares, S. B., & Vieira, D. A. (2020). Desidratação osmótica e convencional da banana de terra (*Musa sapientum*). *Brazilian journal of Development*. 6(11), 86506-865018.
- Ferrari, C. C., Rodrigues, L. K., Tonon, R. V., & Hubinger, M. D. (2005). *Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose*. Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos. 25(3), 564-570.
- Filho, A. B., & Vasconcelos, M. A. (2011). *Química de Alimentos*. Brasil: e-Tec rede Brasil.
- Filho, A. B., Silva, A. M., & Vasconcelos, M. A. (2013). *Análises Físico-Químicas dos Alimentos*. Recife: Sector de Processos Técnicos da Biblioteca Central-UFRPE.
- Fonseca, P. A. (2012). *Análises físico-químicas de polpas de frutas e avaliação dos seus padrões de identidade e qualidade*. Natal/RN: Programa de Pós-Graduação em Química.

- Freitas, M. D. (2009). Estudo da Desidratação Osmótica como Pré-Tratamento a Secagem de Manga Tommy Atkins. Belo Horizonte.
- Galdino, P. O., Silva Melo, B. H., Lima, J. M., & Santiago, A. M. (2016). Produção da Banana-Passa Obtida Por Processos Combinados de Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva. *XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*.
- Gonçalves, A. A. (2008). *Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi*. *Estudos Tecnológicos*. 4(2),124-134.
- Goulart, V. D., Antunes, E. C., & Antunes, P. L. (1999). *Qualidade da Maçã Osmoticamente Concentrada*. Pelotas: Ciência e Tecnologia Agroindustrial.
- Guiamba, I., Ahrme, L., Khan, M. A., & Svanberg, U. (2016). Retention of B-Caroteno and Vitamina C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid. *Food and Bioproducts Processing*. 98, 320-326.
- Hoehne, L., & Marmitt, L. G. (2019). Métodos Para Determinação de Vitamina C em Diferentes Amostras. *Revista Destaques Acadêmicos*. 4(11), 36-55.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos*. 4ª edição. São Paulo.
- Júnior, J. F., Santiago, A. M., Galdino, P. O., Santos, N. C., Barros, S. L., Marsiglia, R. L., et al. (2019). *Aplicação da desidratação osmoconvectiva para o aproveitamento da casca de banana*. Rio Grande do Norte, Brasil: Research,Society and Development.
- Júnior, R. E. (2016). *Desidratação Osmótica e Figo (Ficus carica L.) Verde Cultivado no Sudoeste de Minas Gerais*. Lavras-MG: UFLA.
- Kasim1, R., & Kasim, M. U. (2015). Biochemical changes and color properties of fresh-cut green bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv.gina) treated with calcium chloride during storage. *Food science Technology*. 35(2), 266-272.
- Kone, B., Kalinganire, A., & Doumbia, M. (2019). *Growing Jujube Trees: A Handbook for the Sahelian Horticulturist*.world Agroforestry Centre (ICRAF).
- Kruger, C., & Dalagnol, M. T. (2014). *Desidratação Osmótica como Tratamento Preliminar na Secagem do Abacaxi (Ananás comosus L. Merrill) Variedade Smooth Cayenne*. Pato Branco.
- Kumar, N. (2005). *Study On Dehydration of ber (Zizyphus mauritiana Lamk.)*.India.
- Landim, A. P. (2016). *Desidratação Osmótica da Banana Utilizando Soluções de Fruto-oligossacarídeos e Xarope de Milho em Diferentes Temperaturas*. Rio de Janeiro: Instituto de Tecnologia de Alimentos.
- Lima, R. M. (2012). *Desidratação Osmótica de Melão (Cucumis melo L.) em Soluções De Sacarose e de Sorbitol*. Rio de Janeiro.

- Lunadei, L., Galleguillos, P., Diezma, B., & Lleó, L. (2010). Evaluation of enzymatic browning in fresh-cut apple slices applying a multispectral vision system. *INVE*.
- Lunkes, E. L. Wingert, S., & Vogt, V. F. (2019). *Avaliação Físico-Química de Morangos Submetidos a Diferentes Métodos de Desidratação Osmótica e Secagem*. São Miguel do Oeste.
- Maciel, R. S. (2021). *Caracterização Físico-Química e Análise Sensorial de Bebida Mista de Açaí, Acerola e Graviola*. Macapá-AP: Instituto Federal Amapá.
- Maluleque, I. (2015). Exploração e Usos da Maçanica na Região costeira da Província de Nampula, Moçambique.
- Marques, L. F., Duarte, M. E., Costa, T. L., & Sousa, J. d. (2007). Efeito da concentração do xarope na desidratação osmótica e na caracterização físico-química do caju. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. 7(2), 147-152.
- Martín, B. O., & Soliva, F. R. (2006). *Effect of modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut fruits*. Stewart Posthar Review. 2(1), 1-8.
- Martins, M. C., Cunha, T. L., & Silva, M. R. (2008). *Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de cajú-do-cerrado*. Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- Medeiros, C. D., & Cavalcante, J. d. (2006). Estudo da Desidratação da Fruta da Palma (Figo da Índia). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. Campina Grande.
- Meira, B. F. (2020). *Impacto das Alterações Climáticas na Qualidade de Hortofrutícolas*. Porto.
- Memon, A. A. (2012). Phenolic Compounds and Seed Oil Composition of Ziziphus Mauritiana L. Fruit. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*. 62(1), 15-21.
- Mendes, G. R., Freitas, C. H., Scaglioni, P. T., Schmidt, C. G., & Furlong, E. B. (2013). Condições para a desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*. 17(11), 1210-1216.
- Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar (2016) Anuário de Estatísticas Agrárias 2015. Maputo.
- Moura, F. P., Nazário, A. S., Lima, M. A., Moreira, L. F., Holanda, N. V., & Souza, P. A. (2012). *Caracterização Físico-Química de Maças Desidratadas*. Tocantins: Palmas.
- Muchuweti, M., Zenda, G., Ndhkala, A. R., & Kasiyamhuru, A. (2005). *Sugars, organic acid and phenolic compounds of ziziphus mauritiana fruit*. Eur Food Res Technol. 221, 570-574.
- Neto, J. C. (2017). *Qualidade, Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante de Mangaba (Hancornia Speciosa Gomes) in natura e desidratada*. João Pessoa.

- Neto, M. A., Maia, G. A., Lima, J. R., Figueiredo, R. W., Filho, M. d., & Lima, A. D. (2005). *Desidratação Osmótica da Manga Seguida de Secagem Convencional: Avaliação das Variáveis do Processo*. Lavras.
- Neves, S. F., Santos, M. A., & Almeida, P. P. (2011). Efeito da Concentração de Xarope na Desidratação Osmótica de Chips de Batata-doce (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam) Biofortificada. *Centro Científico Conhecer*. 13(7), 1427-1433.
- Nogueira, C. T. (2017). *Avaliação de Parâmetros Físico-Químicos de Néctares de Abacaxi, Acerola, Goiaba, Manga, Maracujá, Morango e Uva*. Campo Mourão.
- Nyanga, L. K., Gadaga, T. H., Nout, M. J., Smid, E. J., Boekhout, T., & Zwietering, M. H. (2012). Nutritive value of masau (*Ziziphus mauritiana*) fruits from Zambezi Valley in Zimbabwe. *Food Chemistry*. 138, 168-172.
- Orwa C, A. M. (2009). *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*. Obtido de <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>
- Panagiotou, N. M., Karathanos, V. T., & Maroulis, Z. B. (1998). Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *International Journal Of Food Science and Technology*. 33, 267-284.
- Paradkar, V., & Sahu, G. (2018). Studies on Drying of Osmotically Dehydrated Apple Slices. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(11), 633-642
- Pasternak, D., Nikiema, A., Ibrahim, A., Senbeto, D., & Djibrilla, I. (2016). How domesticated *Ziziphus mauritiana* (Lam) spread in the Sahel region of Africa and in Ethiopia. *The World of Horticulture*. 56 (1), 21-25.
- Pessoa, T., Silva, D. R., Gurjão, F. F., Miranda, D. S., Duarte, M. E., & Mata, M. E. (2016). Cinética de desidratação osmótica e características físico-químicas de goiaba Paluma. *Tecnologia e Ciências Agropecuárias*. 10(6), 77-82.
- Pinto, S. L. (2019). *Comparação dos Atributos Físico-Químicos e Caracterização de Vitamina C em Frutos de Limão Galego, Limão Tahiti e Limão-de-Caiena*. Capitão Poço-PA.
- Porciuncula, B. D. (2010). *Desenvolvimento De Processo Integrado De Desidratação E Modificação Da Textura De Banana (Var. Prata) Por Secagem Convectiva E Pulsos De Vácuo*. Florianópolis.
- World Food Programme (2018). *Moçambique: Análise do Clima*.
- Queiroz, V. A., Berbert, P. A., Molina, M. A., Gravina, G. d., Queiroz, L. R., & Deliza, R. (2007). *Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba*. *Pesq. agropec. bras.* 10(42), 1479-1486.

- Ricci, M. R., Battisti, J. D., & Schmidt, C. A. (2012). *Secador solar: Processo de desidratação com diferentes tratamentos osmóticos*. Medianeira/PR: Cadernos de Agroecologia.
- Rodrigues, F. M., Guerra, A. F., Rodrigues, L. G., & Cháves, D. W. (2013). *Produção da banana (Musa Paradisiaca) Desidratada Osmoticamente Seguida por Secagem com Circulação de ar e Caracterização Físico-Química*. Goiânia.
- Rodrigues, R. C. (2013). *Estudo da Cinética de Desidratação osmótica de Abacaxi e Utilização da Solução Residual para Produção de Bioinseticida*. Campos dos Goytacazes-RJ.
- Santos, M. A., Neves, S. F., & Orsine, J. V. (2011). *Efeito da Desidratação Osmótica Seguida de Fritura nas Características Físico-Químicas de Chips de Batata-doce Biofortificada*. Campus Urutai.
- Shi, J., & Maguer, M. L. (2002). Osmotic Dehydration of Foods: Mass Transfer and Modeling Aspects. *Foods Reviews international*. 18(4), 305-335.
- Silva, K. D. (2009). *Desidratação de Abóbora (Cucurbita moschata) Por Métodos Combinados*. São José do Rio Preto-SP.
- Silva, L. C. (2018). Cinética de Secagem dos Grãos e Caracterização Física e Química durante o armazenamento de Farinha de Sorgo Granifero. Rio Verde-GO.
- Silveira, M. S. (2014). *Efeitos da desidratação osmótica e desidratação osmótica assistida por ultrassom na secagem convectiva da cenoura Daucus carota L*. Fortaleza.
- Sitoe, A., & Falcão, M. P. (2012). *Miti Arvores do Projecto Carvão Moatize*. Vale em Moçambique
- Souza, K. A. (2007). *Optimização do processo de desidratação osmótica de Manga (Mangifera indica L.) variedade espada*. recife-PE.
- Sousa, P. H., Maia, G. A., Filho, M. d., & Figueiredo, R. W. (2003). *Influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas*. Campinas: Ciências e Tecnologia de Alimentos. 23, 126-130.
- Takahashi, M. S., & Ravelli, A. S. (2005). Cinética da concentração osmótica de pêra. *UNOPAR Cient., Ciênc.Exactas Technol., Londrina*.4(1), 23-31.
- Telis, V. R., Murari, R. C., & Yamashita, F. 2. (2003). Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. *Journal of Food Engineering*. 61(2), 253-259.
- Tessmer, M. A. (2009). *Características anatômicas e físico-químicas de frutos de macieira (Malus domestica Borkh.) e sua relação com a lenticelose*. Piracicaba.

Treptow, R. d., Queiroz, M. I., & Antunes, P. L. (1995). *Caracterização Físico-Química e Sensorial de Quatro Cultivares de Maçãs (Malus domestica Borkh)*. Pelotas.

Viana, A. D. (2014). Desidratação Osmótica com Pulso de Vácuo de Fatias de Tomate Cultivar Carmen. Lavras-MG.

Apêndices

Apêndice 1: Procedimentos experimentais usados na determinação das análises físico-químicas da maçonica obtida em Maputo e Tete

Tabela A1-1: Procedimentos e equações de determinação do teor de humidade, cinzas, vitamina C e Acidez titulável

Procedimentos	Equações
<p>• Humidade</p> <p>Pesou-se e registou-se as massas dos cadinhos vazios e de seguida foram pesadas cerca de 3 gramas da amostra previamente trituradas e colocadas na estufa durante 24 horas à 70 °C. De seguida, retirou-se os cadinhos com ajuda de uma pinça e foram colocados no exsiccador por 30 minutos para arrefecer. Após arrefecimento, os cadinhos foram pesados com as amostras secas.</p>	$\text{Humidade} = \frac{P_2 - P_1}{P_4 - P_3} \times 100\%$ <p>Onde: P₁- Peso da amostra seca; P₃- Peso do cadinho vazio; P₂- Peso da amostra húmida; P₄- peso da amostra e do cadinho</p>
<p>• Cinzas</p> <p>Após a determinação da humidade, os mesmos cadinhos, já com peso conhecido, foram levados para a mufla, onde foram incineradas a 550 °C durante 15 horas, deixando-os arrefecer no exsiccador até a temperatura ambiente e fez-se a pesagem dos cadinhos com cinzas.</p>	$\text{Cinzas} = \frac{\text{peso das cinzas}}{\text{peso da amostra}} \times 100\%$
<p>• Vitamina C</p> <p>Pesou-se 5 g da amostra e posteriormente foi homogeneizada num erlenmayer com 50 ml de água destilada. A esta mistura adicionaram-se 10 ml de solução de ácido sulfúrico a 20% v/v, 1 ml de solução de iodeto de potássio a 10% v/v e 1 ml de solução de amido a 10% m/v. A solução final foi titulada com iodato de potássio a 0,002 M.</p>	$\text{Vit. C} = \frac{88.06 \cdot V}{P}$ <p>Onde: Vit. C – Teor de vitamina C na amostra (mg / 100g) P – Peso da amostra V – Volume de iodato de potássio gasto a 0,002M; 88,06– Factor de correcção</p>
<p>• Acidez titulável</p> <p>Pesou-se 5 g da amostra e colocou-se no erlenmayer, onde foram adicionados 50 ml de água destilada e posteriormente homogeneizada. De seguida, filtrou-se a mistura e transferiu-se para outro erlenmayer, onde se adicionou 4 gotas de solução de fenolftaleína e titulou-se com solução de NaOH até mudar a coloração.</p>	$\text{Acidez} = \frac{V \times f \times 100}{P \times c}$ <p>Onde: V= volume da solução de NaOH gasto na titulação (ml) f= factor da solução de NaOH 0,1M c= Correção para a solução de NaOH, 10 para a solução NaOH 0,1M P= peso da amostra</p>

Tabela A1-2: Procedimentos e equações de determinação do teor de gordura, proteínas e fibras

Procedimentos	Equações
<p>• Gordura</p> <p>O balão de extracção foi lavado e colocado na estufa a 105 °C durante 30 minutos. Após a secagem, o balão foi arrefecido no exsicador até a temperatura ambiente e pesado. Pesou-se 5 g da amostra na base seca em cartucho e foi coberto com algodão. Transferiu-se o cartucho para o aparelho extractor tipo soxhlet. Acoplou-se o extractor ao balão de fundo previamente pesado. Adicionou-se éter de petróleo em quantidade suficiente para um soxhlet e meio. Ligou-se o sistema de aquecimento (placas) e manteve-se extracção contínua por 6 horas. Retirou-se o cartucho, destilou-se o éter e transferiu-se o balão com resíduo extraído para estufa a 105 °C mantendo-se por cerca de 1 hora de modo a eliminar qualquer traço de solvente (éter de petróleo). Arrefeceu-se no exsicador até a temperatura ambiente e pesou-se o balão.</p>	<p>Teor de Gordura = $\frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100\%$</p> <p>Onde: P_0- peso da amostra; P_1- peso do balão de extracção; P_2- peso do balão de extração contendo gordura extraída.</p>
<p>• Proteínas</p> <p>Primeiramente foi feita digestão da amostra, que consistiu na pesagem de 1g da amostra que foi transferido para o balão de Kjeldahl, onde foram adicionados 15 ml de ácido sulfúrico concentrado e um comprimido de selênio e levou-se ao aquecimento durante 45 minutos a uma temperatura de 420 °C. De seguida foi feita a destilação da amostra digerida (cerca de 15 ml) transferida antecipadamente para um balão volumétrico, com uma mistura de 15 ml de ácido bórico 0,033M e 30 ml de hidróxido de sódio a 40% (m/v). E por fim foi feita a titulação do destilado com uma solução de ácido clorídrico a 1 N até que haja uma mudança da solução azul incolor.</p>	<p>TP (%) = $\frac{(V_a - V_b) \times 0,014 \times 6,25}{P} \times 100$</p> <p>Onde: TP – Teor de Proteínas P – Peso da amostra V_a – Volume de HCl gasto na titulação V_b – Volume de HCl gasto na titulação do branco 6,25– Factor de conversão</p>

Tabela A1-3: Procedimentos e equações de determinação do teor de fibras

- **Fibras**

Pesou-se 1g da amostra que foi previamente colocada na estufa a 105 °C durante 24 horas e introduziu-se num erlenmayer de 500ml, adicionou-se 150ml de H₂SO₄ (0,128M), levou-se ao aquecimento e quando começou a ebulição inciou-se a contagem de tempo, deixando-se ebulir durante 30 minutos. Após a ebulição filtrou-se a amostra com auxílio de bomba de vácuo e funil de goosh, fazendo-se uma lavagem três vezes com 30 ml de água destilada morna cada lavagem, eliminando-se assim todos os traços acídicos da amostra.

Depois da filtração, levou-se a amostra novamente para o erlenmayer e adicionou-se 150 ml de KOH (0,223M), levou-se ao aquecimento por 30 minutos contados a partir do exacto momento em que iniciou a ebulição. Após a ebulição, filtrou-se a amostra filtrou-se a amostra com auxílio de bomba de vácuo e funil de goosh, fazendo-se uma lavagem três vezes com 30 ml de água destilada morna cada lavagem, para eliminar todos os traços alcalinos da amostra.

Depois da filtração, a amostra foi colocada em um cadinho previamente lavado, seco e pesado e introduziu-se na estufa a 105 °C durante duas horas, sendo posteriormente retirado e colocado no exsiccador para arrefecer por 30 minutos e de seguida pesado (G₁). Depois se introduziu o cadinho com amostra na mufla fria e incinerou-se a 550 °C durante 3 horas. Após, desligou-se a mufla deixando arrefecer até aos 100 °C, retirou-se o cadinho com amostra, arrefeceu-se no exsiccador por 30 minutos e pesou-se (G₂).

$$\% \text{ Fibra} = \left[\frac{G_1 - G_2}{m} \right] \times 100$$

Onde: G₁ – peso do cadinho após a estufa (g); G₂ – peso do cadinho após a mufla (g)

m – massa da amostra (g)

Apêndice 2: Resultados das análises físico-químicas da maçanica “in natura” obtida em Maputo e Tete

Tabela A2-1: Teor de humidade da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Humidade(%)		
1	69,68	69,94	69,17
2	71,28	69,43	70,71
3	69,62	70,06	69,35
Valor médio	70,2±0,9	69,8±0,3	69,7±0,8
Humidade média total (%)	69,9±0,2		

Tabela A2-2: Actividade da água da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Actividade da água		
1	0,913	0,917	0,915
2	0,911	0,918	0,918
3	0,910	0,916	0,916
Valor médio	0,911±0,002	0,917±0,001	0,916±0,002
a_w média total	0,915±0,003		

Tabela A2-3: Teor de cinza da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Cinzas (%)		
1	2,76	2,75	2,73
2	2,82	2,99	2,70
3	2,55	2,47	2,50
Valor médio	2,71±0,01	2,73±0,26	2,64±0,12
Média total de cinzas (%)	2,70±0,05		

Tabela A2-4: Teor de sólidos solúveis (°Brix) da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Teor de sólidos solúveis (°Brix)		
1	26,6	24,9	25,6
2	26,1	24,6	25,3
3	26,1	25,3	25,6
Valor médio	25,9±0,3	24,9±0,3	25,5±0,2
°Brix médio total	25,3±0,5		

Tabela A2-5: Teor de vitamina C da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Vitamina C (mg/100g)		
1	34,9	35,1	35,2
2	44,0	26,4	35,1
3	34,9	35,1	26,3
Valor médio	$37,9 \pm 0,52$	$32,0 \pm 0,5$	$32,05 \pm 0,5$
Vit. C média total	$34,0 \pm 0,3$		

Tabela A2-6: Teor de acidez titulável da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Acidez (%)		
1	0,51	0,56	0,52
2	0,47	0,57	0,57
3	0,55	0,55	0,55
Valor médio	$0,51 \pm 0,40$	$0,56 \pm 0,10$	$0,55 \pm 0,30$
Acidez média total (%)	$0,55 \pm 0,30$		

Tabela A2-7: Parâmetros da cor da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	L	a	b	BI
1	24,4	10,5	24,1	29,2
2	24,4	10,8	24,0	29,9
3	24,8	10,9	23,8	29,7
Valor médio	$24,4 \pm 0,2$	$10,8 \pm 0,2$	$24,0 \pm 0,2$	$29,7 \pm 0,4$

Amostra	L	a	b	BI
1	24,6	10,5	24,1	28,9
2	24,7	10,8	23,8	29,6
3	24,5	10,7	24,1	29,6
Valor médio	$24,6 \pm 0,1$	$10,7 \pm 0,2$	$24,1 \pm 0,2$	$29,6 \pm 0,4$

Amostra	L	a	b	BI
1	24,8	10,5	24,2	28,7
2	24,5	10,7	24,1	29,6
3	24,3	10,5	24,1	29,1
Valor médio	$24,5 \pm 0,2$	$10,5 \pm 0,1$	$24,1 \pm 0,1$	$29,1 \pm 0,4$

Cor	L	a	b	BI
Média total	$24,5 \pm 0,1$	$10,7 \pm 0,2$	$24,1 \pm 0,1$	$29,6 \pm 0,4$

Tabela A2-8: Teor de gordura da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Gordura (%)		
1	4,86	4,75	4,22
2	4,11	4,60	4,73
3	4,55	4,55	4,69
Valor médio	4,50 ± 0,40	4,63±0,10	4,50±0,30
Gordura média total (%)	4,60±0,10		

Tabela A2-9: Teor de fibras da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Fibra (%)		
1	2,08	2,45	2,46
2	2,61	2,55	2,37
3	3,02	2,40	2,49
Valor médio	2,60±0,50	2,50±0,10	2,40±0,10
Fibra média total (%)	2,49±0,07		

Tabela A2-10: Teor de proteínas da fruta fresca obtida em Tete

Amostra	Proteína (%)		
1	1,69	1,27	1,70
2	1,27	1,30	1,73
3	1,30	1,74	1,67
Valor médio	1,30±0,24	1,30±0,26	1,70±0,03
Proteína média total (%)	1,30±0,23		

Tabela A2-11: Teor de humidade da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Humidade(%)		
1	78,86	80,05	79,02
2	78,61	79,63	80,01
3	78,57	79,76	79,30
Valor médio	78,68 ± 0,16	79,81±0,22	79,44±0,19
Humidade média total (%)	79,25 ± 0,80		

Tabela A2-12: Actividade da água da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Actividade da água		
1	0,932	0,938	0,942
2	0,934	0,939	0,944
3	0,936	0,941	0,946
Valor médio	0,934±0,002	0,939±0,002	0,944±0,002
a_w média total	0,939±0,007		

Tabela A2-13: Teor de sólidos solúveis (°Brix) da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Teor de sólidos solúveis (° Brix)		
1	17,4	16,3	17,0
2	17,5	16,5	16,9
3	17,3	16,8	16,9
Valor médio	17,4 ± 0,1	16,5±0,1	16,9±0,01
° Brix médio total	16,9±0,6		

Tabela A2-14: Parâmetros da cor da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	L	a	b	BI
1	25,2	8,8	22,7	24,02
2	25,3	8,5	22,5	23,17
3	25,4	8,3	22,1	22,57
Valor médio	25,3±0,1	8,5±0,25	22,4±0,3	23,26±0,73

Amostra	L	a	b	BI
1	27,7	6,9	19,2	17,44
2	27,5	7	19,5	17,81
3	27,5	6,9	19,9	17,57
Valor médio	27,6±0,1	6,9±0,06	19,5±0,4	17,±0,19

Amostra	L	a	b	BI
1	26,7	7,7	20,6	20,2
2	26,5	7,8	20,9	20,4
3	26,4	7,0	20,9	18,5
Valor médio	26,5±0,2	7,7±0,4	20,9±0,2	20,2±1,0

Cor	L	a	b	BI
Média total	26,5±1,0	7,7±0,7	20,9±1,3	20,2±2,6

Tabela A2-15: Teor de cinza da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Cinzas (%)		
1	1,05	1,08	1,02
2	1,04	1,05	1,02
3	1,07	1,01	1,03
Valor médio	1,05±0,02	1,05±0,04	1,02±0,003
Média total de cinzas (%)	1,05±0,02		

Tabela A2-16: Teor de vitamina C da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Vitamina C (mg/100g)		
1	51,9	51,9	34,7
2	52,3	34,6	34,6
3	52,1	52,3	52,1
Valor médio	$52,2 \pm 0,02$	$51,9 \pm 1,01$	$34,7 \pm 1,01$
Vit. C média total	$51,9 \pm 1,00$		

Tabela A2-17: Teor de acidez titulável da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Acidez (%)		
1	0,69	0,68	0,66
2	0,68	0,66	0,67
3	0,68	0,67	0,66
Valor médio	$0,68 \pm 0,02$	$0,67 \pm 0,08$	$0,66 \pm 0,08$
Acidez média total (%)	$0,67 \pm 0,11$		

Tabela A2-18: Teor de gordura da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Gordura (%)		
1	1,21	3,50	2,23
2	2,01	3,86	3,54
3	3,58	3,54	3,51
Valor médio	$2,01 \pm 1,21$	$3,54 \pm 0,15$	$3,51 \pm 0,71$
Gordura média total (%)	$3,51 \pm 0,87$		

Tabela A2-19: Teor de fibras da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Fibra (%)		
1	2,57	2,69	2,48
2	2,00	2,91	2,50
3	3,38	3,18	2,50
Valor médio	$2,57 \pm 0,69$	$2,91 \pm 0,24$	$2,50 \pm 0,01$
Fibra média total (%)	$2,57 \pm 0,22$		

Tabela A2-20: Teor de proteínas da fruta fresca obtida em Maputo

Amostra	Proteína (%)		
1	2,50	1,74	2,61
2	1,29	2,61	1,70
3	2,60	2,36	2,58
Valor médio	$2,50 \pm 0,73$	$2,36 \pm 0,44$	$2,58 \pm 0,52$
Proteína média total (%)	$2,56 \pm 0,10$		