



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

Departamento de Engenharia Química

SÉFORA PEREIRA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA NA SECAGEM CONVECTIVA DO
MELÃO (*Cucumis melo* L): MODELO DIFUSIONAL DE FICK**

João Pessoa, Paraíba.

2018

SÉFORA PEREIRA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA NA SECAGEM CONVECTIVA DO
MELÃO (*Cucumis melo* L): MODELO DIFUSIONAL DE FICK**

*Trabalho Final de curso submetido ao Departamento
de Engenharia Química da Universidade Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de Engenheiro Químico.*

Orientador:

Prof. Dr. Genaro Zenaide Clericuzi

Profa. Dra. Veruscka Araújo Silva

João Pessoa, Paraíba.

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586i Silva, Sefora Pereira da.
INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA NA SECAGEM
CONVECTIVA DO MELÃO (Cucumis melo L): MODELO DIFUSIONAL
DE FICK / Sefora Pereira da Silva. - João Pessoa, 2018.
72 f. : il.

Orientação: Genaro Zenaide Clericuzi.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. desidratação osmótica, secagem convectiva, melão. I.
Clericuzi, Genaro Zenaide. II. Título.

UFPB/BC

SÉFORA PEREIRA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA NA SECAGEM CONVECTIVA DO
MELÃO (*Cucumis melo* L): MODELO DIFUSIONAL DE FICK**

*Trabalho Final de curso submetido ao Departamento
de Engenharia Química da Universidade Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de Engenheiro Químico.*

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Dr. Genaro Zenaide Clericuzi
Universidade Federal da Paraíba
Orientador

Profa. Dra. Veruscka Araújo Silva
Universidade Federal da Paraíba
Orientadora

Profa. Dra. Ana Flávia Santos Coelho
Universidade Federal da Paraíba
Avaliadora Interna

Jéssica Kelly da Silva Negreiros
Engenheira Química
Avaliadora Externa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as vezes que olhei para o céu e obtive o conforto e as respostas que precisava;

À minha mãe, vó e tia avó, que mesmo longe, torcem por mim, sempre entregando minha vida em suas orações;

A todos os meus familiares, pois cada um exerce um papel importante na minha formação;

Ao meu namorado, Felipe, pelo apoio e companheirismo, principalmente nas horas difíceis;

Aos meus orientadores, Genaro e Veruscka por transmitirem um pouco de seus conhecimentos e disponibilidade em ajudar para que meu trabalho pudesse ser concluído.

Aos meus sogros, Teresa e Eilton, por me acolherem tão bem e me proporcionarem um ambiente de estudo mais agradável;

À minha vizinha e sempre companheira, Ana Cláudia, por todas as vezes que bati em sua porta buscando ajuda, e sempre fui bem recebida;

Às meninas que dividem apartamento comigo, Thaísa e Letícia, pelo apoio diário e as palavras de conforto e incentivo.

A Gustavo, que esteve presente nos momentos de estudo e de laboratório, contribuindo com conhecimento e muito companheirismo.

A todos os meus amigos da Graduação e da escola, por sempre contribuírem de alguma forma para meus momentos de alegrias e tristezas, em especial à Bárbara Medeiros, à Andressa Aziz e à Matheus de Caldas.

RESUMO

A fruticultura é um dos setores de maior destaque do agronegócio brasileiro, gerando oportunidades para os pequenos negócios, através de uma grande variedade de culturas, produzidas em todo o país, destacando-se o melão (*Cucumis melo L.*), muito apreciado e de popularidade crescente no Brasil e no mundo. Apesar da importância, o comércio das frutas e hortaliças apresenta dificuldades, tais como, a fácil deterioração, devido, principalmente, à quantidade de água livre e a alta perda pós-colheita. Sendo o Brasil um país que apresenta uma vasta diversidade frutífera e um valor de perda bastante significativo, faz-se necessária a busca de processos que prolonguem o tempo de vida útil destes produtos, como a técnica combinada de desidratação osmótica e secagem que confere ao produto final uma série de benefícios. O presente trabalho surge com o objetivo de avaliar a cinética do processo combinado de desidratação osmótica e secagem convectiva de cubos de melão (*Cucumis melo L.*) do tipo japonês em soluções de sacarose e sorbitol. A metodologia utilizada foi baseada em um planejamento fatorial completo 2^2 com 3 repetições do ponto central, variando a concentração das soluções em 30, 40 e 50°Brix e os tempos de imersão de 10, 20 e 30 min. Após a desidratação, as amostras foram secas em estufa convectiva durante 24h. Em seguida, avaliou-se os efeitos de cada fator sobre a incorporação de sólidos (°Brix) com confiança de 95%, bem como o ajuste ao modelo de Fick com quatro termos da série para uma placa plana. O processo de desidratação osmótica foi influenciado pelas variáveis concentração e tempo de imersão, sendo o aumento desses fatores diretamente proporcional ao ganho de sólidos, destacando-se a concentração 50° Brix sob 30 min de imersão na solução sorbitol. Em todas as amostras, o ganho de sólidos foi maior para as amostras submetidas as soluções de sorbitol. A aplicação do modelo de Fick obteve bons ajustes, com o valor de R^2 variando entre 0,98214 e 0,96317. O coeficiente difusivo foi influenciado positivamente pelo aumento do tempo de imersão na solução desidratante e diminuição da concentração. Nas condições de 30° Brix em 30 min de imersão, a transferência de massa deu-se com mais facilidade, para ambas as soluções, apresentando coeficiente difusivo de 0,015 e 0,01316 cm^2/s para a sacarose e sorbitol, respectivamente, sendo a condição otimizada para o processo, a solução de sacarose na concentração de 30°Brix e 30 min de tempo de imersão, obtendo-se rapidez no processo, concluindo a secagem em apenas 4h, maior coeficiente difusivo e baixa atividade de água (0,267). Além disso, a sacarose apresenta diversas vantagens, como baixo custo de produção aceitabilidade e alta disponibilidade no mercado.

Palavras-chaves: desidratação osmótica, secagem convectiva, melão, modelo difusional de Fick

ABSTRACT

Fluticulture is one of the most prominent sectors of Brazilian agribusiness, generating opportunities for small businesses, through a wide range of crops, produced throughout the country, in which melon (*Cucumis melo L.*) production is highlighted, because of its increasing popularity. Despite this fact, the trade of fruits and vegetables has shown difficulties, such as easy deterioration, mainly due to the amount of water and the high-post harvest loss. As Brazil has a wide variety of fruits and vegetables and a very significant loss value, it is necessary to look for processes that prolong the shelf life of these products, such as osmotic dehydration and drying technique that grant a number of benefits to the final product. This undergraduate thesis aims to evaluate the kinetics of the combined process of osmotic dehydration and convective drying of Japanese melon (*Cucumis melo L.*) in sucrose and sorbitol solutions. The methodology used in this study was an empirical one based on a complete 2^2 with 3 repetitions of the central point, varying the concentration of the solutions in 30, 40 and 50°Brix and the immersion time in 10, 20 and 30 minutes. After the dehydration process, the samples were dried in a convective oven for 24h. Then, the effects of each factor on the incorporation of solids (°Brix) were evaluated, as well as the adjustment to the Fick model with four terms of the series for a flat plate. The osmotic dehydration process was influenced by the variables concentration and immersion time, being the increase of these factors directly proportional to the gain of solids, standing out the concentration at 50° Brix under 30 min of immersion in the sorbitol solution. In all samples, the solid gain was greater for these samples submitted to sorbitol solutions. The application of Fick models obtained good adjustments, with R^2 varying between 0,98214 and 0,96317. The difusive coefficient was positively influenced by the increase of time immersion in a dehydrating solution and concentration decrease. Under conditions of 30° Brix in 30 min immersion, the mass transfer occurred more easily for both solutions, with a diffusive coefficient of 0.015 and 0.01316 cm^2/s for sucrose and sorbitol, respectively, being the optimized condition for the process the sucrose solution in the concentration of 30°Brix and 30 minutes of immersion time, obtaining fastness in the process, concluding the drying in 4 hours, higher diffusive coefficient and low water activity (0.267). In addition, sucrose has several advantages, such as low production cost and availability in the market.

Key-words: osmotic dehydration, convective drying, melon, Fick's law of diffusion

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Melões do tipo Amarelo e Pele de Sapo	18
Figura 2: (A) Melões do tipo Cantoloupe e Charentais; (B) Melões do tipo Gália e Orange. .	19
Figura 3: Melão do tipo Japonês	19
Figura 4: Processo de Desidratação Osmótica	23
Figura 5: Curva típica de secagem: umidade em função do tempo.....	32
Figura 6: Curva da taxa de secagem em função da umidade do material	33
Figura 7: (A) Melões do tipo japonês; (B) Melão utilizado no estudo.....	38
Figura 8: Refratômetro digital do tipo Abbe Refractometer da marca Nova	39
Figura 9: pHmêtro utilizado nas análises	40
Figura 10: (A) Melão descascado; (B) Melão cortado em cubos.....	41
Figura 11: Soluções de sacarose e sorbitol utilizadas na desidratação osmótica	42
Figura 12: Amostras de melão imersas nas soluções de sacarose e sorbitol	44
Figura 13: Medidor de atividade de água Lab Master.....	45
Figura 14: Fluxograma Simplificado do processo combinado de desidratação osmótica e secagem	47
Figura 15: Gráfico de Pareto utilizando sacarose.....	52
Figura 16: Gráfico de Pareto utilizando sorbitol	52
Figura 17: Superfície de resposta utilizando o tempo de imersão (min) e a concentração (°Brix) da solução de sacarose.....	54
Figura 18: Superfície de resposta utilizando o tempo de imersão (min) e a concentração (°Brix) da solução de sorbitol	54
Figura 19: Umidade versus Tempo para soluções submetidas a 10 min de pré-tratamento	56
Figura 20: Umidade versus Tempo para soluções submetidas a 30 min de pré-tratamento	57
Figura 21: Umidade versus Tempo para soluções submetidas a 20 min de pré-tratamento	59
Figura 22: Modelo difusional de Fick para as amostras submetidas a 10 min de pré-tratamento osmótico	60
Figura 23: Modelo difusional de Fick para as amostras submetidas a 20 min de pré-tratamento osmótico.	60
Figura 24: Modelo difusional de Fick para as amostras submetidas a 30 min de pré-tratamento osmótico	60
Figura 25: Amostras de melão após a secagem convectiva	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do melão, por 100g da parte comestível	21
Tabela 2: Composição do melão, por 100g da parte comestível	22
Tabela 3: Especificações do melão utilizado.....	38
Tabela 4: Matriz de planejamento da desidratação osmótica utilizando sacarose	43
Tabela 5: Matriz de planejamento da desidratação osmótica utilizando sorbitol.....	43
Tabela 6: Níveis das variáveis estudados no planejamento fatorial completo	43
Tabela 7: Propriedades do melão.....	48
Tabela 8: Planejamento Experimental utilizando a sacarose.....	49
Tabela 9: Planejamento Experimental utilizando o sorbitol.....	49
Tabela 10: Análise estatística utilizando a sacarose	51
Tabela 11: Análise estatística utilizando o sorbitol.....	51
Tabela 12: Valores do coeficiente de difusividade efetiva e do parâmetro A para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sacarose	61
Tabela 13: Valores do coeficiente de difusividade efetiva e do parâmetro A para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sorbitol.....	61
Tabela 14: Atividade de água após a secagem convectiva para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sacarose.....	64
Tabela 15: Atividade de água após a secagem convectiva para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sorbitol.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. Apresentação geral das características e importância do Melão.....	15
3.1.1. Produção mundial, nacional e sua importância socioeconômica.....	15
3.1.2 Classificação botânica e comercial	16
3.1.3 Características do cultivo e importância nutricional.....	20
3.2 Desidratação Osmótica	22
3.2.1 Aspectos Gerais	22
3.2.2 Agente desidratante	25
3.2.3. Concentração da solução osmótica.....	28
3.2.4. Tempo de imersão.....	28
3.2.5. Temperatura e Agitação.....	29
3.3 Secagem	29
3.3.1 Aspectos Gerais	29
3.3.2 Cinética de Secagem.....	31
3.4 Modelagem matemática.....	35
3.5 Planejamento Experimental	36
4. METODOLOGIA.....	38
4.1 Matéria-prima	38
4.2 Caracterização da matéria-prima	39
4.2.1 Sólidos Solúveis Totais (SST).....	39
4.2.2 pH	40
4.3 Obtenção das amostras	40

4.4 Obtenção das soluções	41
4.5 Planejamento Experimental	42
4.6 Desidratação Osmótica	43
4.7 Secagem	44
4.8 Métodos Analíticos	45
4.8.1 Sólidos Solúveis Totais (SST)	45
4.8.2 Atividade de água	45
4.9 Tratamento Matemático	46
5. RESULTADOS	48
5.1 Caracterização da matéria-prima	48
5.2 Análise estatística dos parâmetros da desidratação osmótica	48
5.3 Cinética da secagem convectiva	55
5.4 Modelo Difusional de Fick	59
5.5 Atividade de água	63
6. CONCLUSÕES	66
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	68

1.INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos setores de maior destaque do agronegócio brasileiro, gerando oportunidades para os pequenos negócios, através de uma grande variedade de culturas, produzidas em todo o país e em diversos climas. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, ficando atrás apenas de China e Índia, o que mostra a relevância do setor para a economia brasileira (ANUÁRIO,2015).

O Brasil exporta frutas para cerca de 100 países do mundo. O número total de nações que importaram tais produtos, nas diferentes formas, chegou a 95 em 2016, com destaque para a União Europeia como principal destino das frutas nacionais. Os europeus importaram cerca de 623,516 mil toneladas, resultando em aproximadamente US\$ 572,956 milhões em 2016. A fruta mais embarcada para a Europa em valor foi o melão, com US\$ 143,509 milhões, seguida da manga (US\$ 137,794 milhões) e do limão (US\$ 81,919 milhões) (ANUÁRIO, 2017).

O melão (*Cucumis melo L.*) é muito apreciado e de popularidade crescente no Brasil e no mundo, sendo consumido em larga escala na Europa, Japão e Estados Unidos, é rico em vitaminas A, B, B2, B5 e C, sais minerais como potássio, sódio e fósforo, apresenta valor energético relativamente baixo e pode ser consumido in natura ou na forma de suco (SENAR, 2007).

No Brasil, a produção da fruta destaca-se nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte. Embora as condições climáticas ideais encontrem-se no Nordeste (pouca chuva e muito sol), pode-se também produzir melão em qualquer parte do país (SENAR, 2007).

Segundo o Anuário (2017), de acordo com as últimas safras, a cadeia produtiva estima uma ampliação de cerca de 10% ao ano. Isso representa em torno de 2 mil novos hectares anuais. Atualmente, segundo dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados(Abrafrutas), o plantio nacional da fruta é de 20 mil hectares, perfazendo produção de 500 mil toneladas ao ano.

Apesar da importância, o comércio das frutas e hortaliças apresenta dificuldades, tais como, a fácil deterioração, devido, principalmente, à quantidade de água livre, o que afeta diretamente a conservação e o uso prolongado da fruta, a alta perda pós-colheita, advinda das etapas por onde o produto percorre, tais como, no manuseio inadequado durante o cultivo, na hora da colheita, durante o transporte, na comercialização ou até mesmo no destino final, resultando em números que podem inviabilizar a produção e exportação de alguns produtos.

Dias (2003) estima que no Brasil o desperdício de alimentos oscile entre 40 e 80%. Deste total, 10% ocorrem durante a colheita, 50%, no manuseio e transporte dos alimentos, 30%, nas centrais de abastecimento e os últimos 10% ficam diluídos entre supermercados e consumidores. Para o autor, as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças, além do manuseio e preservação inadequados, devem-se ao despreparo das pessoas do ramo da agroindústria e consumidores.

Sendo o Brasil um país que apresenta uma vasta diversidade frutífera e um valor de perda bastante significativo, faz-se necessária a busca de processos que prolonguem o tempo de vida útil destes produtos, surgindo como um dos desafios neste segmento de mercado melhorar a eficiência do comércio de frutas e hortaliças (ARAÚJO, 2005).

A conservação de alimentos vem ganhando um destaque especial nas últimas décadas, principalmente utilizando o processo convencional de secagem. Entretanto, a técnica combinada de desidratação osmótica e secagem vêm sendo bastante utilizada, pois segundo diversos pesquisadores essa combinação confere ao produto final uma série de benefícios, quando comparada ao processo convencional de secagem isolado (ARAÚJO, 2005).

A desidratação osmótica consiste basicamente na remoção do conteúdo de água do produto com um aumento simultâneo de sólidos por efeito da pressão osmótica, o que ocorre por imersão do alimento em uma solução hipertônica, agente desidratante, por um certo tempo e temperatura específicos (RAOULT-WACK, 1994).

A preservação de alimentos pela remoção de água permite a redução do crescimento microbiano e previne o desenvolvimento da maioria das reações bioquímicas que ocorrem na presença de umidade. Assim, a secagem constitui-se num processo altamente viável de se evitar desperdícios, no caso de excesso de produção (QUEIROZ, 1994).

Dentre as vantagens deste processo, encontram-se: a redução do peso da fruta ou hortaliça de 50 a 80%, o que acarreta melhor conservação do produto e menor custo de armazenamento e transporte, produtos de alta qualidade, usados para exportação como as tâmaras e uva-passa, que possuem um alto valor agregado, eficiência no processo de conservação, aumentando a renda para o produtor, além de disponibilizar alimentos de boa qualidade, preservando ao máximo os componentes nutricionais e propriedades organolépticas, redução de perdas principalmente no pico da safra, quando as frutas alcançam menores preços pelo excesso de oferta (GOMES, 2007).

Considerando todos os fatores citados, a desidratação osmótica surge como uma alternativa para o aproveitamento do excesso de produção, barata, acessível e eficiente, que possibilita a redução das perdas pós-colheita e o aumento do valor agregado final para as frutas

e verduras produzidas nas propriedades. Além de possibilitar o consumo do produto nos períodos de entressafra, tornando possível obter produtos de alta qualidade e de alto valor agregado, valorizando a produção da agricultura familiar (GOMES, 2007).

Portanto, a produção de melão desidratado osmoticamente em solução de sacarose e/ou sorbitol, além de ser uma alternativa de conservação, pode vir a se tornar uma tecnologia alternativa de processamento, de forma a obter-se um produto diferenciado, com o uso de açúcar de baixa caloria (sorbitol) como opção para diabéticos e demais consumidores (LIMA, 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar o processo combinado da desidratação osmótica seguido da secagem convectiva de cubos de melão (*Cucumis melo L.*) do tipo japonês em soluções de sacarose e sorbitol.

2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar a influência do tempo de imersão e da concentração da solução hipertônica na cinética da secagem convectiva.
2. Utilizar o planejamento experimental para uma melhor otimização dos experimentos;
3. Utilizar o modelo difusional de Fick para determinar o coeficiente de difusividade da água
4. Fazer a caracterização físico-química das amostras.
5. Estudar a incorporação de sólidos após a desidratação osmótica com sacarose e sorbitol

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Apresentação geral das características e importância do Melão

3.1.1. Produção mundial, nacional e sua importância socioeconômica

A variabilidade genética do melão permite encontrá-lo em diferentes cores e formatos, espalhados por diversos países do mundo, pertencentes a Europa, Ásia, África e América (LIMA, 2012). Segundo a Hortifruiti Brasil (2017) a Hortoinfo publicou que no ano de 2016 o consumo mundial de melão quebrou o recorde histórico e o volume da fruta consumida foi de aproximadamente 216 milhões de toneladas.

No Brasil, o cultivo em escala comercial do melão surgiu na década de 60 estabelecendo-se primeiramente nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, expandindo-se para a região Nordeste na década de 80, onde encontrou melhores condições climáticas-fisiológicas para sua produção (CEAGESP, 2004).

O cultivo do melão concentra-se sobretudo no Nordeste, em especial da Chapada do Apodi, que fica na divisa dos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, embora também haja produção em Pernambuco e na Bahia. O Estado que mais produz no Brasil é o Rio Grande do Norte, seguido do Ceará (ANUÁRIO,2017).

Outras regiões do país também produzem a fruta, principalmente no Sudeste e Sul, onde o cultivo de melão também é realizado pela agricultura familiar, abastecendo o comércio local, no entanto, possuem menor expressão no cenário nacional. Na região Sul há um predomínio do cultivo de melão caipira em campo aberto e, no Sudeste, basicamente se cultivam melões nobres em ambientes protegidos. Portanto, no Brasil, o cultivo de meloeiro ocorre em diferentes sistemas de produção, com graus variáveis de tecnologia (EMBRAPA, 2017).

Segundo a estatística de exportações de frutas, feita pela Abrafrutas, nos anos 2016 e 2017 o melão aparece em primeiro lugar no ranking de fruta mais exportada em volume e em segundo lugar em valor, perdendo apenas para a manga. No comparativo, a exportação de melão em 2017 cresceu 4% em volume e 9,5% em valor em relação ao ano de 2016 (FRUTAS DO BRASIL, 2017).

Praticamente metade da produção de melão no Brasil é destinada para exportação, enquanto a outra metade é consumida pelos brasileiros, sendo mais do que suficiente para

abastecer o consumo interno. Na última safra, segundo o presidente da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (Abrasfrutas), foram embarcadas 250 mil toneladas da fruta, que movimentaram US\$ 210 milhões (ANUÁRIO, 2017).

O Brasil passa por momento crescente no volume de exportação do melão, com um aumento de 98,7 mil toneladas em 2002 para mais de 223,8 mil toneladas em 2015 (BRASIL, 2016). Desde 2012, é considerado a fruta fresca com maior volume de exportação e a segunda em geração de divisas, exceto em 2013, quando também alcançou o primeiro lugar em valor de exportação (Anuário, 2015). O valor exportado no Brasil com o melão, no ano de 2015, superou os 154 milhões de dólares (BRASIL, 2016).

No Brasil, existem 6 tipos de melões comercializados, que são: o Amarelo, o Cantaloupe, o charentais, o Gália, o Orange e o Pele de sapo (SENAR, 2007). Nas últimas safras a cadeia produtiva estima ampliação de cerca de 10% ao ano. Isso representa em torno de 2 mil novos hectares anuais. Atualmente, segundo dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (Abrasfrutas), o plantio nacional da fruta é de 20 mil hectares, perfazendo produção de 500 mil toneladas (ANUÁRIO, 2017).

3.1.2 Classificação botânica e comercial

O fruto do meloeiro é apreciado no mundo todo e, embora a planta seja botanicamente uma hortaliça, é comercializado como fruta (EMBRAPA, 2017). Em termos de classificação taxonômica, o melão é uma *Angiosperma* que se enquadra na classe: *Magnoliopsida*, ordem: *Cucurbitales* e família: *Cucurbitaceae*, classificação baseado no APG III (2009), sendo esta considerada uma das mais importantes famílias de plantas utilizadas para a produção de alimentos e fibras (COSTA, 2016).

O meloeiro é uma planta rasteira, com ramos laterais que podem medir até 3 m de comprimento e suas raízes são fasciculadas, superficiais, encontradas entre 20 e 40 cm de profundidade. A maioria dos cultivares é andromonóica, ou seja, tem flores hermafroditas e masculinas na mesma planta. Normalmente, a floração masculina precede à hermafrodita, que ocorre em torno de 25 dias após o plantio (COSTA, 2016).

Os frutos cultivados apresentam considerável variação de tamanho, forma e peso; a casca pode apresentar-se lisa, enrugada, tipo “rede” ou em forma de gomos. Os frutos imaturos são normalmente verdes e quando maduros mudam para amarelo, dependendo do cultivo (MENEZES, 2001).

Existem nove variedades botânicas de melão, entretanto, no Nordeste cultivam-se híbridos e cultivares comerciais pertencentes a duas variedades botânicas, a *Cucumis melo var. inodorus*, Naud. E a *Cucumis melo var. Cantalupensis* Naud, que correspondem aos melões inodoros e aos aromáticos, respectivamente. No grupo dos inodoros estão o melão do tipo Amarelo e o Pele-de-Sapo. O Cantaloupe, o Gália e o Charentais pertencem ao grupo dos aromáticos (CRISÓSTOMO, 2002).

A variedade *Cucumis melo var. inodorus*, Naud possui frutos sem aroma (inodoros), de casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou levemente verde-escuro. A polpa é geralmente espessa (20 a 30 mm), de coloração que varia de branco a verde-claro. Têm longo período de conservação pós-colheita (30 dias), são resistentes ao transporte e, geralmente, com frutos maiores e mais tardios que os aromáticos, sendo o tipo Amarelo o mais comercializado (CRISÓSTOMO, 2002).

A *Cucumis melo var. cantalupensis* Naud têm frutos aromáticos, podendo ter casca recoberta com rendilhamento corticoso, de coloração ligeiramente amarelada a esverdeada. Existem, ainda, outros melões com frutos de casca verde rugosa, apresentando gomos ou costelas bem características, no sentido longitudinal. Em ambos os tipos de frutos a polpa é espessa com cerca de 25 mm. Os frutos rendilhados têm polpa de coloração variando do amarelo ao salmão. Os frutos dessa variedade têm baixa resistência ao transporte e reduzida vida pós-colheita. São geralmente chamados de melão Cantaloupe (CRISÓSTOMO, 2002).

Comercialmente, os melões são conhecidos pelos nomes: Amarelo, Cantaloupe, Charentais, Gália, Orange e Pele- de Sapo. O amarelo pertence ao grupo dos inodoros, sendo conhecido como melão espanhol, possui a casca amarela, com a polpa variando de branca a creme, com formato redondo ovalado. É bastante resistente ao manuseio e apresenta boa conservação pós-colheita, por este motivo é o mais cultivado em todo o Brasil. O Pele de sapo também pertence ao grupo dos inodoros e recebeu este nome pela coloração de sua casca verde-clara com manchas verde-escuras, levemente enrugada e dura, com polpa creme esverdeada. Dentre os melões comercializados, é o tipo de maior tamanho (SENAR, 2007). A Figura 1 a seguir representa o melão amarelo e o pele de sapo, respectivamente.

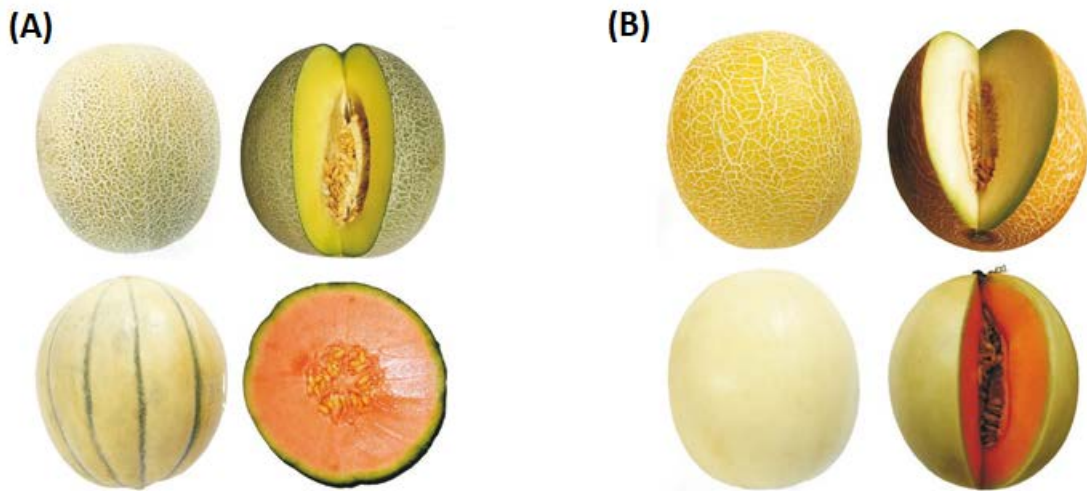
Figura 1: Melões do tipo Amarelo e Pele de Sapo



Fonte: Senar, 2007

Os 4 tipos de melões descritos a seguir pertencem ao grupo dos aromáticos. O Cantaloupe apresenta a casca rendilhada com formato esférico e polpa salmão. Exige um manuseio mais cuidadoso e utilização de processo de refrigeração durante a pós-colheita. O Charentais possui casca lisa, verde-clara e reticulada (costelada), forma arredondada e às vezes achatada, e polpa salmão. Algumas variedades possuem leve rendilhamento. O Gália é arredondado, com casca verde no início e amarela quando o fruto está maduro. A coloração da polpa varia de branco a branco esverdeado, possui rendilhamento menor que os cantaloupes. O Orange é redondo, de casca lisa e cor creme, com polpa laranja-escura ou creme-esverdeada. Exige manuseio cuidadoso (SENAR, 2007). A Figura 2(A) e 2(B) mostram os melões do tipo Cantaloupe, Charentais, Gália e Orange, respectivamente.

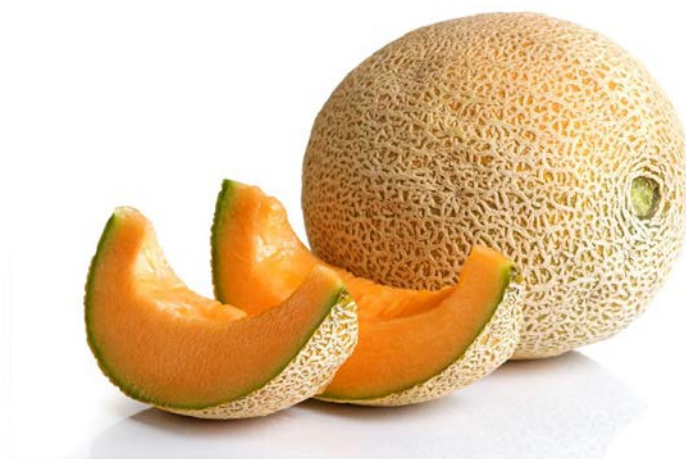
Figura 2: (A) Melões do tipo Cantoloupe e Charentais; (B) Melões do tipo Gália e Orange.



Fonte: Senar, 2017

No Brasil, há alguns tipos de melões menos cultivados, dentre os quais, pode-se destacar: o melão caipira, o melão pepino e o melão japonês (MOREIRA et al., 2009). O melão caipira ou melão gaúcho (*cantaloupensis*) é cultivado por pequenos agricultores do Rio Grande do Sul, possui a casca de verde a amarelo-clara, lisa gomada a levemente reticulada, polpa salmão e formato de esférico a elíptico. O melão pepino ou pepinet (*momordica*) é encontrado em quase todo o país, apresenta o formato alongado, a polpa branca e a casca verde. Na região Sudeste, sobretudo em São Paulo, existe o cultivo do melão japonês ou net melon (*cantaloupensisem*), com formato esférico, polpa salmão, casca verde clara e intensamente reticulada (EMBRAPA, 2017). A Figura 3 mostra o melão do tipo Japonês.

Figura 3: Melão do tipo Japonês



Fonte: Hortideli (2018)

3.1.3 Características do cultivo e importância nutricional

O melão possui importância econômica estratégica para a região Nordeste do Brasil, sendo competitivo pela qualidade dos frutos e por seu ciclo reduzido. O cultivo se concentra nessa região principalmente devido às condições climáticas favoráveis (EMBRAPA, 2017).

As condições ambientais que favorecem o cultivo do meloeiro relacionam-se a fatores climáticos, como temperatura, umidade relativa e luminosidade. A escolha correta da área para a semeadura ou plantio contribui para o sucesso da lavoura e ajuda a evitar perdas na produtividade. Os solos devem ser planos, profundos, bem drenados, ricos em matéria orgânica, terem textura média e boa exposição ao sol (SENAR, 2007).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura é um dos que mais influencia no cultivo do melão, afetando da germinação à conservação pós-colheita do fruto, sendo a faixa de ótima de 20 a 30° C (CRISÓSTOMO, 2007). Ela influencia no teor de açúcar (°Brix), sabor, aroma e na consistência do fruto, fatores importantes para a comercialização e principalmente a exportação. (SENAR, 2007). Para o crescimento vegetativo, temperaturas abaixo de 12 °C e acima de 40°C prejudicam o desenvolvimento vegetal. As baixas temperaturas paralisam o crescimento e as altas temperaturas promovem alta respiração, ambas prejudicando o desenvolvimento normal da planta (EMBRAPA, 2017).

A duração da intensidade luminosa é outro fator decisivo no cultivo do meloeiro. A redução da intensidade luminosa ou o encurtamento do período de iluminação, ambos têm influência negativa no crescimento da planta determinando uma menor área foliar. Contudo, dias longos têm influência positiva no desenvolvimento da folhagem e emissão de flores masculinas (CRISÓSTOMO, 2002).

O meloeiro é uma planta pouco exigente em umidade e, portanto, regiões com elevados índices pluviométricos dificultam seu cultivo. Com relação à umidade do ar, a faixa considerada ótima é de 65% a 75%, durante a fase de crescimento vegetativo. É importante destacar que tanto a falta quanto o excesso de umidade são prejudiciais (CRISÓSTOMO, 2002). Condições de umidade do ar elevada promovem a formação de frutos de má qualidade e propiciam a disseminação de doenças na cultura. Os melões produzidos nessas condições são pequenos e de sabor inferior, geralmente com baixos teores de açúcares, devido à ocorrência de doenças fúngicas, que causam queda de folhas (EMBRAPA, 2017).

No cultivo do melão, o termo qualidade na pré-colheita tem sido relacionado a diferentes características, dentre estas encontram-se a firmeza da polpa, o conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), a aparência externa e interna e o valor nutricional.

A firmeza da polpa é um dos principais atributos de qualidade em frutos. sendo também um dos recursos mais utilizados no acompanhamento do amolecimento, por isso deve-se a importância dos cuidados no armazenamento de frutos e hortaliças. A textura também se caracteriza como um dos mais importantes atributos, sob o ponto de vista de manuseio pós-colheita, a textura é essencial, em razão de frutos com maior firmeza serem mais resistentes às injúrias mecânicas durante o transporte e comercialização (MENEZES et al., 2001).

O melão é rico em água, aproximadamente 91% de sua composição, apresenta ainda carboidratos, proteínas e fibras, sendo seu valor energético relativamente baixo, cerca de 29Kcal em 100g da porção. A fruta possui um sabor adocicado, geralmente é consumido *in natura* ou na forma de suco, bastante utilizada em dietas, pelo baixo índice calórico e bem apreciada em dias quentes, por ser uma fruta refrescante. A Tabela 1 mostra a composição nutricional da fruta (TACO, 2011).

Tabela 1: Composição do melão, por 100g da parte comestível

Componente	Quantidade
Água (%)	91,3
Proteína (g)	0,7
Lipídeos (g)	Traços
Colesterol (mg)	Não
Carboidratos (g)	7,5
Fibras (g)	0,3
Energia (Kcal)	29

Fonte: (TACO, 2011).

A fruta também é rica em sais minerais como potássio, sódio e fósforo, como também em algumas vitaminas como a C e a B6, como mostra a Tabela 2, abaixo:

Tabela 2: Composição do melão, por 100g da parte comestível

Componente	Quantidade
Cálcio (mg)	3
Magnésio (mg)	6
Manganês	0,5
Fósforo	10
Ferro	0,2
Sódio	11
Potássio	206
Cobre	0,04
Zinco	0,1
Vitamina C	8,7
Vitamina B6	0,02

Fonte: (TACO, 2011).

3.2 Desidratação Osmótica

3.2.1 Aspectos Gerais

A procura por frutas processadas saborosas e de qualidade está crescendo continuamente, tanto para o consumo como também na utilização como ingredientes para outros produtos (sorvetes, cereais, iogurtes, bolos). Recentemente, alguns estudos relacionados com a desidratação osmótica apontam a eficiência da utilização dessa técnica como etapa preliminar ou adicional aos processos de secagem e congelamento, obtendo-se produtos de alta qualidade sensorial e nutricional, mais estáveis à contaminação microbiológica e à deterioração química (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

A desidratação osmótica tem sido considerada uma ferramenta tecnológica importante para se desenvolver produtos, especialmente frutas, com alto valor agregado (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001). Tal processo é utilizado como pré-tratamento nos processos de secagem natural e artificial para redução do teor de água do vegetal, promovendo o aumento da eficiência na pré-secagem, possibilitando o uso de temperaturas amenas e tempos relativamente curtos, o que resulta em redução nos gastos de tempo e energia, além de conferir

à fruta desidratada, características mais próximas da fruta in natura, melhorando as propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais dos alimentos (AZEREDO, 2004).

A remoção parcial ou total de água de um alimento implicará na inibição do desenvolvimento microbiano, na prevenção de reações bioquímicas responsáveis pela deterioração e em menores custos de transporte, embalagem e armazenamento, possibilitando o aumento da vida útil de diversos produtos (PARK e BIN, 2002).

A desidratação osmótica consiste na imersão do alimento sólido (inteiro ou em pedaços) em uma solução hipertônica (agente desidratante) por um certo tempo e temperatura específicos, acarretando na remoção do conteúdo de água do produto através do efeito da pressão osmótica, aumentando a concentração de sólidos no alimento. A Figura 4 exemplifica o processo de desidratação osmótica com os três fluxos simultâneos em contra-corrente, como descrito por Raoult-Wack (1994).

Figura 4: Processo de Desidratação Osmótica



Fonte: O autor

Como mostra a Figura 4, na desidratação ocorre:

- A saída de água do produto para a solução hipertônica;
- A migração do soluto da solução desidratante para o produto, graças a um gradiente de concentração;
- A saída de alguns solutos de baixo peso molecular do próprio produto, tais como açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais e vitaminas que ocorre em quantidades desprezíveis, quando comparada aos dois outros fluxos de transferência de massa,

mas exerce importante influência com relação à composição e qualidade do produto final.

A perda de sólidos do alimento acontece porque a membrana plasmática, semi-permeável, responsável pelo controle da entrada e saída de substâncias da célula não é perfeitamente seletiva, permitindo a saída de alguns solutos do alimento juntamente com a água (RASTOGI et al., 2002).

A desidratação osmótica geralmente é utilizada como pré-tratamento para os processos de secagem com ar quente ou congelamento, favorecendo a obtenção de produtos com qualidades sensorial e nutricional superiores as de produtos desidratados unicamente por secagem por convecção, uma vez que as mudanças físicas, químicas e biológicas provocadas pelas altas temperaturas empregadas nos secadores ocorrerão em menor intensidade (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

A característica diferencial da desidratação osmótica em relação a outros processos de desidratação de alimentos é a possibilidade de modificar a sua formulação através da incorporação de solutos na estrutura porosa das frutas e hortaliças. Tais solutos podem ser componentes fisiologicamente ativos, antimicrobianos, entre outros, que possam favorecer a preservação sensorial e nutricional dos produtos, além de formular produtos funcionais, estáveis e mais próximos aos frutos frescos (FITO et al., 2001)

O processo de desidratação apresenta algumas vantagens em relação aos demais métodos, tais como:

- A redução da injúria térmica, com preservação da textura, retenção de vitaminas e estabilização da cor, reduzindo o escurecimento enzimático;
- A diminuição do tempo de secagem e a redução do consumo de energia de 20 a 30% em comparação com a secagem convencional por convecção (RAOULT-WACK, 1994)

No Brasil, a desidratação osmótica conta com a vantagem da disponibilidade de açúcar vinda da cana de açúcar, além da variedade de frutas, podendo tornar-se uma atividade promissora. Segundo Sousa (2007), trabalhos vêm demonstrando que a secagem convectiva é influenciada pela desidratação osmótica prévia. Estudos observaram que a rápida perda de água das amostras não tratadas previamente, provavelmente causou formação de áreas superficiais endurecidas, o que reduziu a eficiência da secagem. O mesmo não foi sentido nas amostras tratadas antecipadamente, pois o pré-tratamento reduziu esse efeito, através do menor teor inicial de umidade.

Por outro lado, dentre as desvantagens do processo estão relacionadas as modificações de propriedades físicas, químicas e sensoriais, como os problemas associados à alta viscosidade da solução, causando uma resistência à transferência de massa, as mudanças estruturais do produto, como a textura e o ganho de sólidos elevado, dependendo das condições de processo, podendo afetar o perfil nutricional do alimento. Além disso, a desidratação osmótica nem sempre resulta num produto com estabilidade microbiológica, sendo necessária a utilização de um processamento complementar e/ou adição de aditivos (RAOULT-WACK, 1994).

Outra desvantagem que dificulta a utilização do processo de desidratação osmótica por parte das indústrias de alimentos é o grande volume de efluente gerado pela alta quantidade de solução hipertônica, que se não reutilizada, precisa ser descartada de acordo com o previsto em leis ambientais, sem prejudicar o meio ambiente (GOMES, 2007).

Uma possível alternativa para aproveitar essa solução é sua reutilização em outros processos, como produção de cachaça e licores, produção de vinagres finos com “flavor” de frutas, através de processos de fermentação e destilação, produção de frutas em calda e como meio de cultura de microrganismos para ação inseticida, estão sendo propostas e estudadas (GOMES, 2007).

O fenômeno de transferência de massa que ocorre entre a fruta e o meio hipertônico tem influência de alguns fatores, como: tipo e concentração do agente desidratante, tempo de imersão, temperatura e agitação.

3.2.2 Agente desidratante

A escolha do agente desidratante é uma questão fundamental por estar relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais, no valor nutritivo do produto final e no custo do processo.

O soluto utilizado como agente desidratante afeta a cinética de remoção de água, o ganho de sólidos e o equilíbrio do teor de água. Quanto maior a massa 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 o processo de desidratação. Ao contrário dos solutos com baixa massa molecular, como a glicose, a frutose e o sorbitol que favorecem o ganho de açúcares por causa da alta velocidade de penetração das moléculas, aumentando o ganho de sólidos e reduzindo a perda de água, desfavorecendo o processo de desidratação (RAOULT-WACK, 1994).

Existem várias soluções que podem ser empregadas para a desidratação osmótica, como glicose, sacarose, frutose, sorbitol, xarope de milho, cloreto de sódio, geralmente, soluções de sacarose são usadas para frutas e cloreto de sódio para hortaliças (ALVES et al., 2005).

As principais exigências para que um soluto seja utilizado como agente osmótico são: alta solubilidade em água, baixo custo, efeito positivo sobre as propriedades sensoriais e a estabilidade final do produto (DIONELLO et al., 2007).

3.2.2.1 Sacarose

A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), cujo nome oficial é α -D-glicopiranosil- β -D-fructofuranoside é obtida industrialmente da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) ou da beterraba (*Beta alba L.*), sendo formada por uma unidade α -D-glicopiranosídeo e outra β -D-frutofuranosídeo, unidas pelos extremos redutores, constituindo, portanto, um açúcar não redutor. Como a maioria dos carboidratos de baixa massa molecular, caracteriza-se pela alta capacidade hidrofílica e alta solubilidade, podendo formar soluções altamente concentradas que não necessitam de aditivos antimicrobianos para manter-se em boas condições microbiológicas (PACHIONE, 2003; SOUSA, 2007)

A sacarose é o agente desidratante mais utilizado para frutas. Sua importância deve-se a fatores tais como a aceitabilidade universal, palatabilidade, aroma desejável, alta disponibilidade, baixo custo de produção, alta solubilidade em água e alta pressão osmótica em solução aquosa. Os produtos elaborados com sacarose destacam-se em termos de aparência, cor, brilho, textura, sabor e estabilidade (PACHIONE, 2003).

A sacarose favorece a desidratação osmótica, sendo mais eficiente que a glicose, por apresentar maior capacidade de transferência de massa, com maior perda de água e menor ganho de soluto, devido à alta massa molecular que acarreta diminuição do ganho de sólidos e aumento na perda de água, favorecendo a redução de massa e, conseqüentemente, o processo de desidratação (DIONELLO et al., 2007).

A sacarose é bastante eficiente e empregada na desidratação osmótica como pré-tratamento à secagem convectiva, pois previne o escurecimento enzimático e a perda de aromas devido à presença de uma camada do dissacarídeo, formada na superfície do produto desidratado, que constitui um obstáculo ao contato com o oxigênio, minimizando ou impedindo o escurecimento enzimático, preservando substâncias aromatizantes do alimento (SOUSA,2007).

3.2.2.2 Sorbitol

O sorbitol ($C_6H_{14}O_6$) faz parte do grupo dos polióis, também denominados açúcares de álcoois, amplamente distribuídos no reino vegetal e animal. No entanto, sua extração é economicamente inviável, devido aos baixos teores alcançados. Diante disso, os polióis são obtidos por hidrogenação catalítica através conversão do grupo carbonílico (aldeído e cetona) dos açúcares em álcool, por isso também conhecidos como álcoois polihídricos ou açúcares de álcoois. São denominados edulcorantes de corpo e apresentam valor calórico baixo, aproximadamente $2,4 \text{ kcal g}^{-1}$, sendo utilizados na indústria alimentícia, quando há necessidade de restrição de açúcar. Seu dulçor é um pouco abaixo do açúcar comum, porém são usados em maiores quantidades dando corpo e textura aos alimentos. (CLAUDINO, 2018)

O sorbitol, também conhecido como D-glucitol, é encontrado na natureza, ocorrendo em maiores concentrações em ameixas (1,7 a 4,5%), cerejas, maçãs (0,2 a 1%), pêras (1,2 a 2,8%) e pêssegos (0,5 a 1,3%), entre outras frutas. Porém, a quantidade encontrada na natureza não é suficiente para a extração comercial, surgindo a necessidade de produção em escala industrial, utilizando a sacarose (açúcar invertido) ou do amido (xarope de glicose ou isoglicose). O edulcorante pode ser encontrado no comércio na forma de xarope a 70% ou na forma pura em pó (PACHIONE, 2003).

O sorbitol possui de 50 a 70% do poder adoçante da sacarose e, como todos os polióis, efeito refrescante quando dissolvido na boca. É higroscópico, tem alta solubilidade (83%) à temperatura ambiente e mostra excelente estabilidade química, bacteriológica e térmica, não sendo volátil (PACHIONE, 2003).

Entre suas propriedades, podem ser citadas: espessante, edulcorante, inibidor de cristalização, estabilizante, umectante, condicionador de umidade e crioprotetor. É comumente empregado como adoçante em confeitos e medicamentos isentos de açúcar e em produtos para fins dietéticos especiais, indicados para diabéticos, como biscoitos, refrigerantes e goma de marcar (CLAUDINO, 2018; PACHIONE, 2003).

O uso de sorbitol pode melhorar a qualidade de vários alimentos obtidos por desidratação osmótica, ampliando as possibilidades de suas aplicações, além de disponibilizar produtos mais macios e mais agradáveis ao paladar do consumidor (EBRA et al., 1994).

3.2.3. Concentração da solução osmótica

A concentração da solução desidratante tem influência sobre o processo de difusão e nas propriedades nutritivas e sensoriais do produto. A transferência de massa na desidratação osmótica é beneficiada pelo aumento da concentração da solução desidratante, principalmente próxima à saturação, estimulando a perda de água do produto, reduzindo as perdas de solutos hidrossolúveis, como vitaminas e sais minerais devido à formação de uma camada de soluto ao redor da fruta, impedindo a saída dessas substâncias. Soluções desidratantes concentradas são também mais viscosas, dificultando ainda mais a transferência de açúcares para o interior da fruta. No entanto, dependendo das condições de processo, um ganho de sólidos elevado pode afetar o perfil nutricional e sensorial do alimento (LIMA, 2012; FERRARI, 2005).

LAZARIDES et al. (1995) e CORZO e GOMES (2004) em estudos realizados sobre desidratação osmótica em frutas, utilizando maçã e melão, respectivamente, observaram através dos resultados experimentais que o aumento da concentração da solução favoreceu a perda de água e por consequência a perda de peso, influenciando positivamente na desidratação.

3.2.4. Tempo de imersão

O tempo de tratamento é um outro fator que afeta diretamente o processo de desidratação osmótica. A transferência de massa, durante a desidratação por imersão de frutas e verduras, ocorre principalmente nas duas primeiras horas, devido à maior força osmótica de desidratação entre o alimento e a solução hipertônica. Depois, esta torna-se progressivamente menor, até que o fluxo de água não ocorra mais, enquanto o ganho de sólidos continua invariavelmente. Desta forma, o produto tende a aumentar o peso, tornando-se rico em soluto desidratante (RAOULT-WACK et al. ,1994).

Diante do exposto, a desidratação osmótica deve ser conduzida em um tempo pequeno, visando alcançar um alto grau de desidratação com o menor ganho de sólidos possível, já que tempos muito longos de processo propiciam um produto rico em solutos provenientes da solução desidratante. (FERRARI, 2005).

Azoubel (2002) durante estudo sobre desidratação osmótica utilizando pedúnculo de caju, observou que o tempo de imersão da fruta na solução hipertônica favoreceu a perda de água e de peso e o ganho de sólidos.

3.2.5. Temperatura e Agitação

A temperatura exerce influência sobre a cinética de desidratação osmótica, já que temperaturas mais altas proporcionam um aumento da velocidade de transferência de massa. No entanto, temperaturas acima de 45°C podem alterar características do produto, como cor, sabor, aroma e mudanças na parede celular (FERRARI, 2005).

Outro parâmetro que exerce efeito sobre o processo de desidratação osmótica é a agitação, que permite o contato contínuo entre as amostras e as soluções hipertônicas, diminuindo a resistência à transferência de massa, causada pela viscosidade da solução desidratante. De acordo com Ponting et al., (1966) a agitação favorece o processo de desidratação osmótica, porém, deve-se fazer um controle para não acontecer a desintegração do produto, além de se levar em consideração os custos relacionados com equipamento, energia, entre outros.

3.3 Secagem

3.3.1 Aspectos Gerais

A secagem é a 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, que se relaciona a concentração de soluções líquidas. A remoção de água na secagem ocorre em materiais sólidos, podendo utilizar para tal fim a centrifugação ou vaporização, na temperatura inferior à de ebulição do líquido que se quer retirar, diferentemente da evaporação, que se caracteriza pela retirada de água em soluções líquidas, utilizando à evaporação na temperatura de ebulição do líquido que se deseja remover (CELESTINO, 2010).

A secagem é provavelmente o mais antigo método de conservação de alimentos, prolongando a vida de prateleira de frutas e vegetais, através da retirada de água de um material utilizando o fornecimento de calor para vaporizar a água, obtendo-se como produto o sólido seco (BARBANTI et al., 1994; EL-AOUAR; 2001).

Este processo vem sendo constantemente estudado e aperfeiçoado para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento. Muitos alimentos passam pelo processo de secagem por necessidade de conservação, por outro lado existem ainda os alimentos

que passam pelo processo para adquirirem sabores refinados, como é o caso do tomate seco, vendido por altos preços no mercado (MORAES, 2006).

Os macros e micros nutrientes que compõem os produtos destinados à alimentação humana e animal dependem da presença de água, que confere textura, disponibilidade orgânica, palatabilidade, estabilidade e maior peso. No entanto, o conteúdo de água de um alimento é o principal fator causador da deterioração por microrganismos e alterações por reações químicas e enzimáticas. Na secagem, a umidade dos produtos alimentícios é reduzida até atingir o nível de 10-15%, para que os microrganismos presentes nos alimentos sejam retirados evitando a perda da qualidade. Em contrapartida, quanto maior a umidade final, mais macia a consistência do produto desidratado, sendo necessário ponderar os dois fatores na secagem do alimento, para obter um produto de qualidade e com uma vida útil elevada (CELESTINO, 2010).

No processo, acontecem simultaneamente as transferências de massa e calor. Ele utiliza ar quente para a transferência de calor para o alimento e a consequente vaporização da água contida nesse, ocorrendo a desidratação, podendo acontecer à pressão atmosférica ou à pressão reduzida, em equipamentos conhecidos como secadores a vácuo. A capacidade do ar para eliminar a água de um alimento depende, principalmente, de sua temperatura e de sua umidade relativa (CELESTINO, 2010).

Determinadas propriedades nutritivas do alimento podem ser perdidas, principalmente as vitaminas, em processos com tratamento térmico, e, com a secagem, não é diferente; apesar disso, vantagens podem ser atribuídas à desidratação (CELESTINO, 2010):

- O Aumento da vida útil do produto;
- O alimento desidratado é nutritivo, apesar das possíveis perdas de alguns nutrientes, o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água.
- Aumento da facilidade no transporte e comercialização, pois o alimento seco é leve, compacto e suas qualidades permanecem inalteradas por longos períodos.
- O processo de secagem é econômico. Os secadores semi-industriais têm baixo custo; a mão-de-obra não necessita ser especializada e os produtos desidratados têm baixo custo de armazenagem;
- Redução nas perdas pós-colheita.
- Em geral, apresentam aceitabilidade no mercado e possuem um alto valor agregado para comercialização.

Segundo (Park et al., 2001), os mecanismos mais importantes encontrados no processo de secagem são:

- A difusão líquida devido ao gradiente de concentração;
- A difusão de vapor devido ao gradiente de pressão de vapor, causado pelo gradiente de temperatura;
- O escoamento de líquido e de vapor, devido as diferenças de pressão externa, concentração, alta temperatura e capilaridade
- Umidade inicial do sólido
- Umidade final que o material poderá atingir (umidade de equilíbrio)
- Interação da água com o sólido e a forma como o transporte ocorre entre o interior e a superfície do sólido.

Os fatores que influenciam na taxa de secagem são: a pressão de vapor do material e do ar de secagem, velocidade de difusão da água no material, espessura e superfície exposta para secagem, temperatura e velocidade do ar (EL AOUAR,2001).

3.3.2 Cinética de Secagem

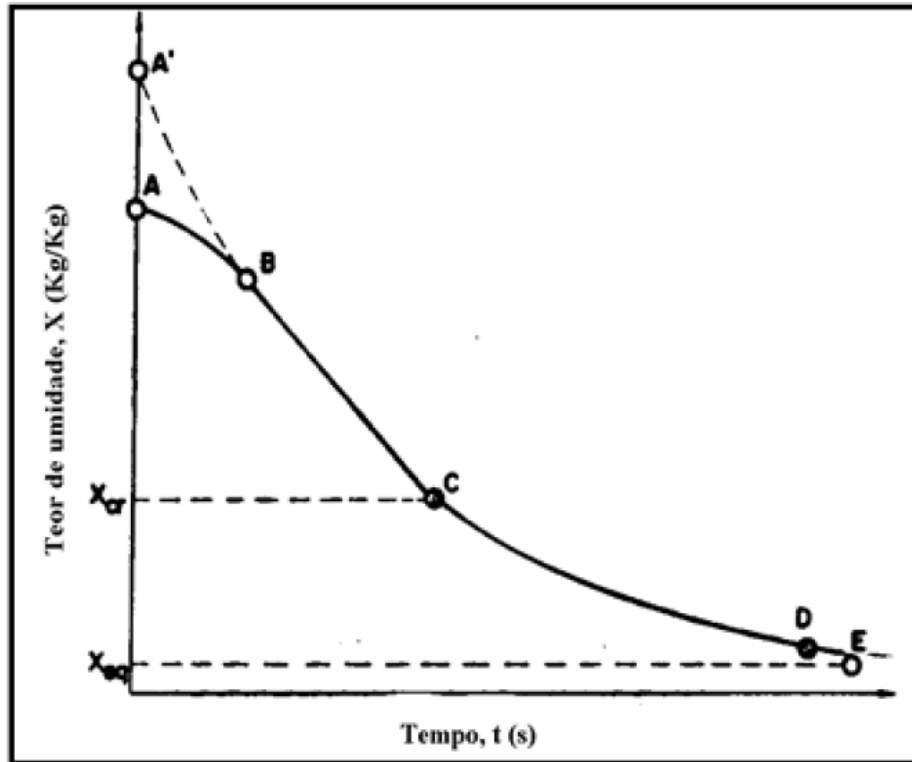
A cinética de secagem, ou seja, a rapidez com que o alimento perde umidade, é controlada pelas características da matriz do alimento e pelas variáveis: temperatura, velocidade e umidade relativa do ar (CELESTINO,2010).

Geralmente, o estudo da cinética de secagem visa conhecer o comportamento do material durante o processo e o tempo de secagem, através de curvas que relacionam o teor de umidade com o tempo, utilizando os dados experimentais obtidos (DANTAS, 2010).

Segundo Keey (1992) dois métodos podem ser utilizados para a determinação das curvas de secagem, que são, o monitoramento da perda de umidade do material mediante pesagem direta da amostra ou através do monitoramento da umidade do gás de secagem, na entrada e saída do secador, ambos os métodos permitem a utilização de um sistema de aquisição de dados para gerar a curva de secagem desejada no estudo.

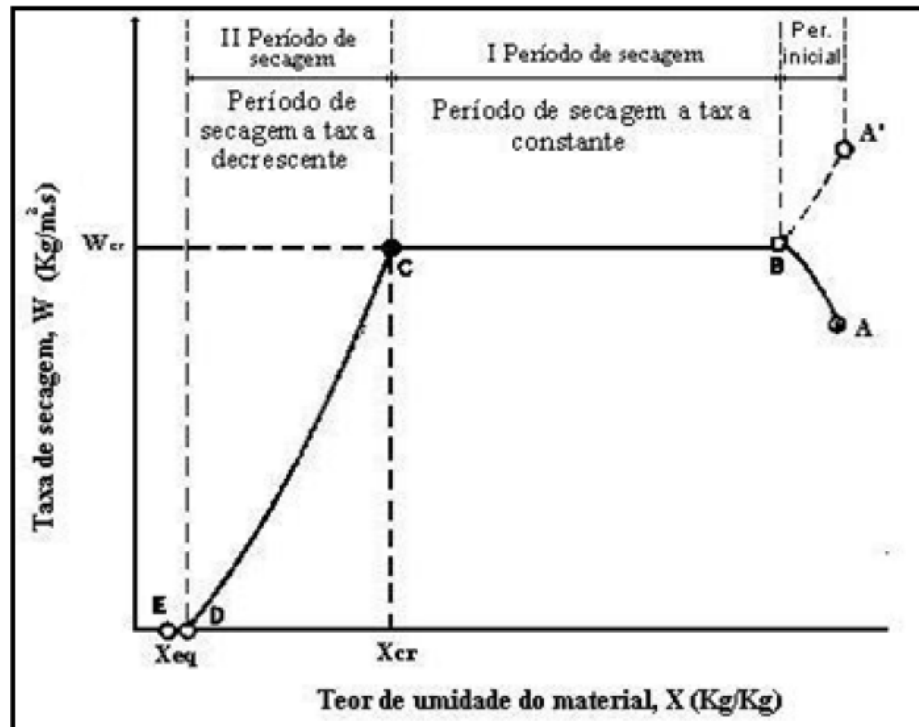
As curvas de secagem podem ser representadas de diferentes formas e podem apresentar diferentes períodos de secagem, como mostra as Figuras 5 e 6. De acordo com a estrutura dessas curvas, podem-se considerar os períodos a seguir (FOUST et al. 1982; SILVEIRA, 2014):

Figura 5: Curva típica de secagem: umidade em função do tempo



Fonte: FOUST et al. (1982)

Figura 6: Curva da taxa de secagem em função da umidade do material



Fonte: FOUST et al. (1982)

3.3.2.1 Período de indução

Nesta fase ocorre a adequação do produto às condições de secagem até atingir o equilíbrio (estado estacionário). No início do processo, há um período de transição, correspondente à curva AB da Figura 6, que pode ocorrer à taxa crescente ou decrescente. O sólido é aquecido e passa da temperatura inicial (T_0) para a temperatura de bulbo úmido (T_{b0}). Se o sólido for aquecido antes do processo, possivelmente o período AB não existirá e a taxa de secagem inicia diretamente no ponto B ((FOUST et al. 1982; MARCINKOWSKI, 2006; SILVEIRA, 2014).

3.3.2.2 Período de taxa constante

No tempo correspondente ao ponto B (Figura 6), a temperatura do sólido se estabiliza e passa ao denominado período de secagem a taxa constante, representado pelo segmento de curva BC, assim, a velocidade de secagem e a temperatura (temperatura de bulbo úmido) tornam-se constantes. Nessa etapa, a água evaporada é a livre, pois a superfície do sólido está saturada de água e a secagem ocorre como se fosse a evaporação de uma massa de líquido.

A água proveniente do interior do sólido substitui a água retirada da superfície, mantendo a taxa de secagem constante. O mecanismo de migração da massa de água varia de acordo com o tipo de sólido. A etapa termina quando a umidade crítica, ponto C (Figura 6) é atingida pelo sólido, cujo teor de umidade é insuficiente para suprir a superfície e mantê-la úmida. Dessa forma, a umidade crítica corresponde ao teor de umidade a partir do qual a velocidade de migração de água do interior do produto até a sua superfície é menor do que a velocidade de retirada de água da superfície do produto através do ar de secagem (FOUST et al. 1982; DANTAS, 2010; MARCINKOWSKI, 2006; SILVEIRA, 2014).

3.3.2.3 Período de taxa decrescente

Neste período, a quantidade de umidade presente na superfície do produto começa a ser escassa e a velocidade da secagem diminui. A temperatura do material aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem (HAWLADER et al., 1991).

O período de taxa decrescente inicia no ponto C, mostrado na Figura 6 e pode ser dividido em duas zonas: trecho CD, zona de secagem da superfície insaturada e trecho DE, zona na qual o movimento interno do líquido controla a secagem. A partir do ponto C, tem-se o primeiro período de secagem a taxa decrescente, na qual a temperatura do sólido aumenta à proporção que a taxa de secagem decresce gradativamente até o ponto D. A velocidade de remoção de umidade nessa etapa é inferior aos demais períodos, pois a superfície do sólido vai, gradativamente, empobrecendo em umidade. A taxa com que a água migra do interior do sólido para a superfície é menor do que a taxa com que a massa de água é retirada da superfície (FOUST et al. 1982; DANTAS, 2010; MARCINKOWSKI, 2006).

No ponto D, inicia o segundo período de secagem a taxa descendente. A evaporação ocorre a partir do interior do sólido até o ponto em que cessa a secagem. No final dessa etapa, a taxa de secagem tende a zero quando a umidade se aproxima da umidade de equilíbrio (U_{eq}). A umidade de equilíbrio de um produto é definida como sendo o menor teor de umidade atingível, dadas as condições às quais está submetido no processo de secagem, ou seja, ponto em que a pressão de vapor do líquido presente no sólido é igual a pressão parcial de vapor da água contida no gás secante. Ao atingir a umidade de equilíbrio o sólido não sofrerá mais variações de umidade, independentemente do tempo de secagem, desde que sejam mantidas as condições do sistema (FOUST et al. 1982; DANTAS, 2010; MARCINKOWSKI, 2006). O terceiro período é quase sempre o único observado para a secagem de produtos agrícolas e alimentícios (PARK, et al., 2001).

Segundo Park (et al., 2001), os métodos utilizados nos cálculos de secagem diferem de acordo com o período, taxa constante ou decrescente. No caso da taxa constante, as transferências de calor e massa são analisadas na superfície do material em contato com o ar de secagem, enquanto no outro período as análises são baseadas nas transferências internas que governam a secagem.

3.4 Modelagem matemática

A descrição da cinética de desidratação osmótica através da modelagem matemática é importante para a otimização de processos, pois correlaciona as variáveis de resposta, o conteúdo de água e conteúdo de sólidos com as variáveis do processo, tais como, tempo, temperatura, concentração da solução, soluto utilizado e agitação (SILVA et al., 2003).

A maioria dos modelos existentes para descrever as trocas difusivas que ocorrem na desidratação osmótica foram desenvolvidos a partir da Segunda Lei de Fick, sendo influenciadas pela espécie e geometria do material, além das condições experimentais utilizadas. O modelo difusional de Fick se baseia na equação de difusão, em que o fluxo de massa é proporcional ao gradiente de concentração entre o sólido e a solução (LIMA, 2012; NASCIMENTO e SILVA, 2016).

CRANK (1975) apresentou diversas soluções analíticas para a Segunda Lei de Fick, considerando diferentes condições iniciais e de contorno. Em sistema de coordenadas retangulares (x, y e z), a equação de difusão é expressa como a equação 1:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial z} \right) \quad (1)$$

Considerando as seguintes condições:

- Regime não estacionário
- Geometria placa plana infinita com espessura 2L,
- Transferência de umidade predominantemente unidirecional
- D_{ef} constante

A Equação 1 se reduz a:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial y^2} \quad (2)$$

Para a umidade inicial X_0 uniforme, desprezando as resistências externas à transferência de massa e considerando o encolhimento do produto durante a desidratação desprezíveis, as condições de contorno para a umidade X são:

$$X = X_0 \quad \text{em } t = 0 \quad 0 < y < L \quad (2.2a)$$

$$X = X_e \quad \text{em } y = L \quad t > 0 \quad (2.2b)$$

$$\frac{\partial X}{\partial y} = 0 \quad \text{em } y = 0 \quad t > 0 \quad (2.2c)$$

Aplicando as condições de contorno 2.2a, 2.2b e 2.2c, a solução da Equação 2 é:

$$X^* = \frac{X_t - X_\infty}{X_0 - X_\infty} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef1} \frac{t}{4L^2} \right] \quad (2.3)$$

Sendo:

X = umidade da amostra (g);

D_{ef1} = difusividade efetiva da água (m²/s);

t = tempo (s);

n = número de termos da série;

L = dimensão característica (m).

A Equação 2.3 representa o modelo difusional de Fick, apresentado por Crank (1975) para determinar o coeficiente de difusão efetivo em uma placa plana, amplamente utilizado para modelar a cinética de transferência de água e a influência dos parâmetros cinéticos. (ABRÃO et al. 2013)

3.5 Planejamento Experimental

O planejamento experimental é um método de otimização de experimentos, utilizado com a finalidade de obter maior precisão estatística sobre a variável resposta com

menor custo e tempo de execução, extraindo do sistema em estudo o máximo de informação útil com o menor número de experimentos (SILVA NETO, 2007).

Segundo Azoubel (2002), a falta de um planejamento experimental pode causar o insucesso de um estudo. Apesar disso, são poucos, os pesquisadores que pensam em estatística antes de realizar seus experimentos.

Para aplicação do planejamento experimental, primeiramente decide-se os fatores e as respostas de interesse, que podem ser qualitativos ou quantitativos, sendo os fatores as variáveis manipuladas e as respostas, as variáveis de saída do sistema. Após a identificação dos fatores, especifica-se os níveis que cada fator será estudado, ou seja, os valores usados nos experimentos.

No planejamento fatorial as variáveis de interesse que realmente apresentam influências significativas na resposta são avaliadas de forma simultânea. De um modo geral, o planejamento fatorial pode ser representado por k^n , onde n é o número de fatores e k é o número de níveis escolhidos, gerando as possíveis combinações dos fatores e níveis, ou seja, a matriz planejamento, que é utilizada para gerar informações a respeito das tendências de cada fator estudado (SILVA NETO, 2007).

4. METODOLOGIA

4.1 Matéria-prima

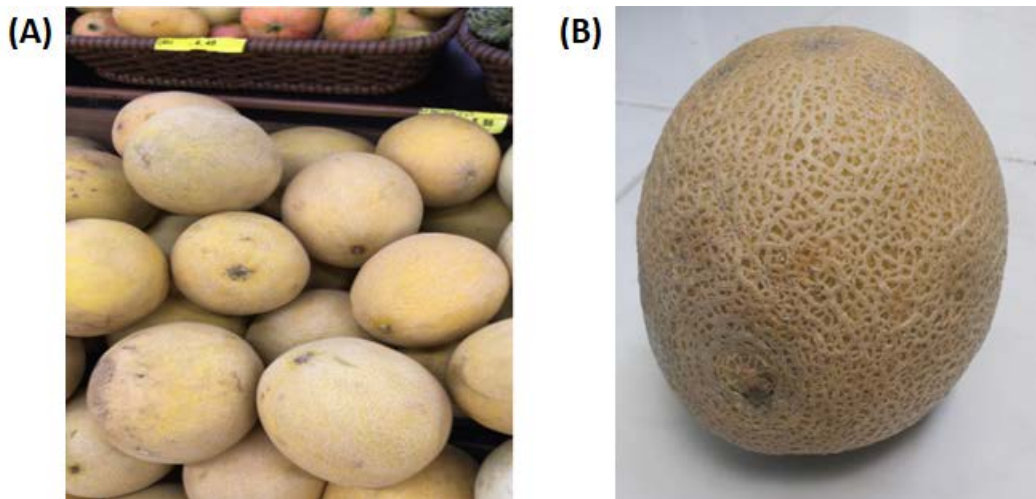
Para a realização dos experimentos de desidratação osmótica, foram utilizados frutos de melão (*Cucumis melo L.*) do tipo japonês, adquiridos em um supermercado local de João Pessoa-PB, como mostra a Figura 7. Na escolha do produto, a fim de manter a padronização das amostras, observou-se alguns critérios, tais como o grau de maturação, através da cor e textura da casca, o tamanho e a massa, como mostra a Tabela 3, abaixo.

Tabela 3: Especificações do melão utilizado

Propriedades	Especificações
Tamanho (cm)	15 – 17
Diâmetro (cm)	40 – 52
Massa (kg)	1,745 – 1,825

Fonte: O autor

Figura 7: (A) Melões do tipo japonês; (B) Melão utilizado no estudo



Fonte: O autor

4.2 Caracterização da matéria-prima

4.2.1 Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de SST, expresso em °Brix, foi determinado através de um refratômetro digital do tipo Abbe Refractometer da marca Nova, devidamente calibrado com água destilada.

Para a realização do ensaio, uma alíquota do sulco do melão *in natura* pré- triturado em um almofariz de porcelana, foi colocada sobre o prisma do refratômetro, obtendo-se o resultado através da leitura direta do equipamento, mostrado na Figura 8. A análise foi feita em triplicata para cada uma das amostras.

Figura 8: Refratômetro digital do tipo Abbe Refractometer da marca Nova



Fonte: O autor

4.2.2 pH

Para a análise do pH da fruta *in natura*, utilizou-se uma amostra com cerca de 3g, triturada em um almofariz de porcelana e diluída em 10ml de água destilada. A análise foi realizada em triplicata. A Figura 9 mostra o pHmêtro utilizado na medição.

Figura 9: pHmêtro utilizado nas análises



Fonte: O autor

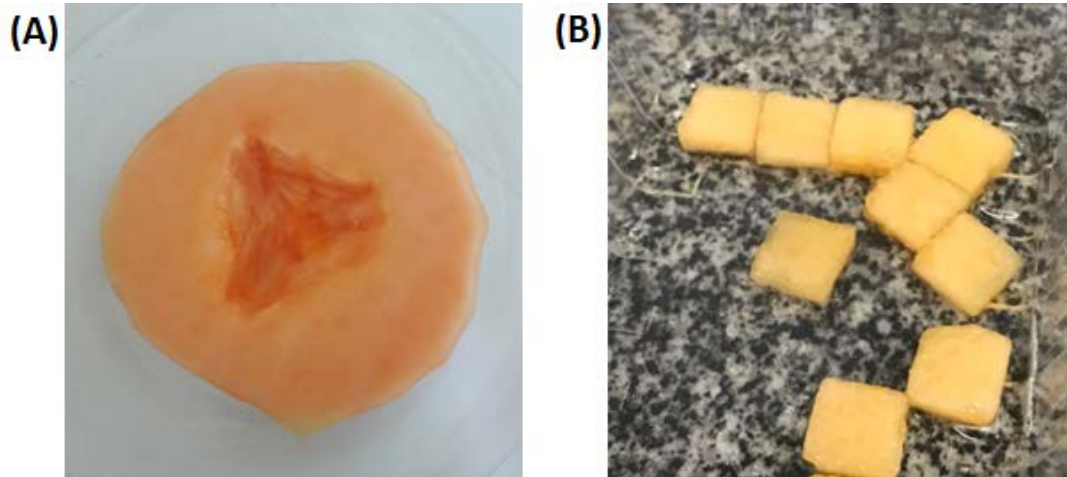
4.3 Obtenção das amostras

As frutas selecionadas passaram por uma pré-lavagem com água limpa e detergente, para a remoção da sujeira mais grossa da casca. Em seguida, foram imersas em água clorada, por 15 minutos, contendo, aproximadamente, 250 mL de água sanitária para cada 1L de água. Após esse período de imersão, as frutas foram enxaguadas com água limpa, secas com um pano e expostas a temperatura ambiente, para remoção da água superficial. Este procedimento torna o descascamento mais higiênico, reduzindo a presença de microrganismos.

Após serem higienizados, os frutos foram descascados manualmente, utilizando uma faca de aço inoxidável e uma tábua de vidro, ambos, previamente limpos. Em seguida, foram cortados ao meio, no sentido transversal e fatiados da mesma forma, as sementes e o tecido placentário foram removidos e a polpa cortada em cubos de aresta 1,5cm e espessura

0,5cm, com auxílio de um cortador (forma) de aço inoxidável. A Figura 10(A) mostra a fruta antes de ser cortada em cubos e a Figura 10(B) os cubos prontos para a etapa de desidratação.

Figura 10: (A) Melão descascado; (B) Melão cortado em cubos.

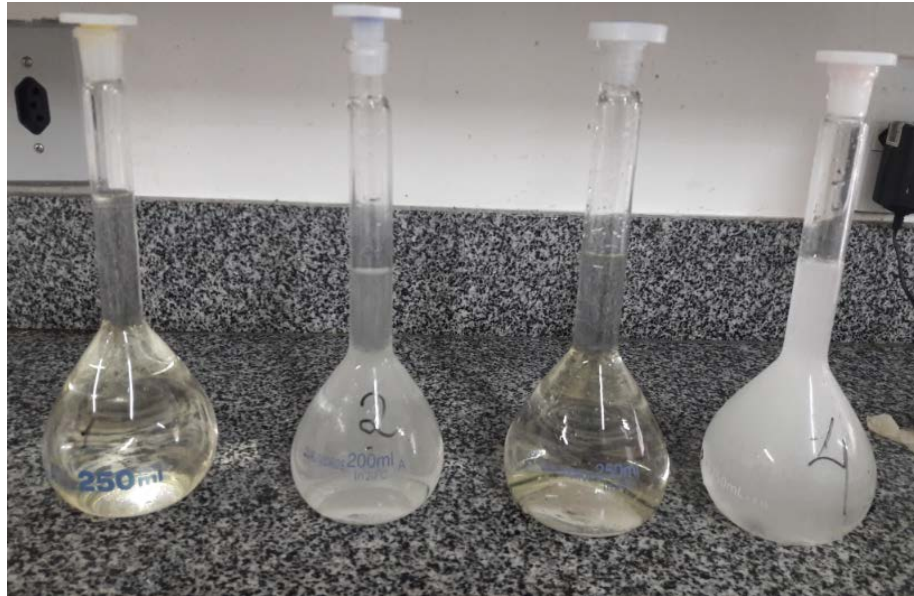


Fonte: O autor

4.4 Obtenção das soluções

Para a desidratação osmótica, foram empregados dois tipos de soluto como agente desidratante: a sacarose e o sorbitol. A sacarose comercial, do tipo cristal, foi adquirida no supermercado local em João Pessoa, e o sorbitol em pó no site Pryme Foods. As soluções desidratantes foram preparadas com água destilada nas concentrações de 30, 40, 50 ° Brix, confirmadas através do refratômetro. A Figura 11 mostra algumas das soluções utilizadas.

Figura 11: Soluções de sacarose e sorbitol utilizadas na desidratação osmótica



Fonte: O autor

4.5 Planejamento Experimental

A desidratação osmótica foi realizada de acordo com um planejamento fatorial completo 2^2 , com 3 pontos centrais (nível 0). Desta forma cada fator foi estudado em 3 níveis diferentes conforme mostrado na Tabela 6. Os fatores estudados, para cada agente osmótico, foram a concentração da solução e o tempo de imersão na solução desidratante. Os níveis estudados de cada variável estão apresentados na Tabela 6. A Tabela 4 e 5 mostram a matriz planejamento para a desidratação osmótica da sacarose e sorbitol, respectivamente.

Tabela 4: Matriz de planejamento da desidratação osmótica utilizando sacarose

Ensaio	Concentração (°Brix)	Tempo de imersão (min)
1	30	10
2	50	10
3	30	30
4	50	30
5	40	20
6	40	20
7	40	20

Fonte: O autor

Tabela 5: Matriz de planejamento da desidratação osmótica utilizando sorbitol

Ensaio	Concentração (°Brix)	Tempo de imersão (min)
8	30	10
9	50	10
10	30	30
11	50	30
12	40	20
13	40	20
14	40	20

Fonte: O autor

Tabela 6: Níveis das variáveis estudados no planejamento fatorial completo

Variável	-1	0	+1
Concentração (°Brix)	30	20	50
Tempo de imersão (min)	10	40	30

Fonte: O autor

4.6 Desidratação Osmótica

Seguindo o planejamento experimental, após a obtenção das fatias, as amostras foram pesadas e colocadas em béqueres de 150mL, contendo a solução desidratante até cerca de 60mL, sob temperatura ambiente, sem efeito de agitação.

Ao todo foram 14 béqueres de vidro, cada um contendo três amostras da fruta, distribuídas aleatoriamente. O período de imersão foi de 10, 20 e 30 min, determinado mediante valores mencionados na literatura para a desidratação osmótica de frutas.

Depois de retiradas da solução, as amostras foram enxaguadas com água destilada para remoção do filme de açúcar formado na superfície e, em seguida, envolvidas em papel absorvente para retirada do excesso de água, posteriormente foram colocadas em placas de Petri e pesadas. A Figura 12 mostra o processo de desidratação osmótica estudado.

Figura 12: Amostras de melão imersas nas soluções de sacarose e sorbitol



Fonte: O autor

4.7 Secagem

Após a desidratação osmótica, as amostras na placa de Petri, previamente pesadas, foram colocadas na estufa com circulação e renovação de ar SL 102/ 221 da marca Solab e submetidas à temperatura constante de 70°C. As amostras foram retiradas da estufa e pesadas na balança da marca Shimadzu com precisão de 2 casas decimais a cada 10 min, durante 2 horas, em seguida, o intervalo da pesagem aumentou para 1h, até a estabilização da massa.

4.8 Métodos Analíticos

4.8.1 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Para obter o teor de SST utilizou-se a mesma metodologia empregada para a fruta *in natura*. No entanto, as amostras foram submetidas as mesmas condições da desidratação osmótica de acordo com o planejamento experimental proposto.

4.8.2 Atividade de água

A atividade de água das amostras submetidas ao processo combinado de desidratação osmótica e secagem convectiva foi obtida através do medidor de atividade de água Lab Master, da marca Novasina, na temperatura de 30°C, após exposição de 24h na estufa com circulação e renovação de ar SL 102/ 221 da marca Solab. A Figura 13 apresenta o equipamento utilizado na análise.

Figura 13: Medidor de atividade de água Lab Master



Fonte: O autor

4.9 Tratamento Matemático

A partir dos ensaios realizados no planejamento experimental, através da análise estatística, foi possível verificar o efeito significativo entre as variáveis (Concentração e tempo de imersão) e a umidade (%). E, assim determinar as condições otimizadas para o processo estudado.

Os resultados obtidos no planejamento experimental foram utilizados para gerar uma análise de variância (ANOVA) a fim de estimar os parâmetros estatísticos e analisar sua significância.

O coeficiente de difusão efetivo (D_{ef}) durante a desidratação osmótica em $\text{cm}^2/\text{min.}$, os valores do modelo difusional para uma placa plana ($8/\pi^2$) e os coeficientes de correlação (R^2) foram determinados por regressão não-linear, mediante ajustes dos dados experimentais ao modelo de Fick com quatro termos da série, seguindo a Equação 3, não levando em consideração o efeito do encolhimento durante a desidratação osmótica.

$$X^* = \frac{X_t - X_\infty}{X_0 - X_\infty} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef1} \frac{t}{4L^2} \right] \quad (3)$$

Sendo:

X = umidade da amostra (g);

D_{ef1} = difusividade efetiva da água (cm^2/s);

t = tempo (s);

n = número de termos da série;

L = dimensão característica (m).

A Figura 14 mostra o fluxograma simplificado da metodologia proposta no estudo da desidratação osmótica combinada à secagem convectiva.

Figura 14: Fluxograma Simplificado do processo combinado de desidratação osmótica e secagem



Fonte: O autor

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização da matéria-prima

A caracterização do melão *in natura* foi feita de acordo com os métodos descritos na seção 4.2. para o PH e SST e estão expostos na Tabela 7, bem como os critérios para utilização da fruta.

Tabela 7: Propriedades do melão

Propriedades	Especificações
Tamanho (cm)	15 – 17
Diâmetro (cm)	40 – 52
Massa (kg)	1,745 – 1,825
°Brix	4,0 – 5,0
PH (médio)	6,13

De acordo com El-Aouar (2001), a composição centesimal de uma fruta é influenciada por diversos fatores, tais como a época do ano, a região e as técnicas de irrigação usadas no plantio, sendo assim, diversos valores podem ser aceitos na literatura.

5.2 Análise estatística dos parâmetros da desidratação osmótica

Os resultados obtidos para a desidratação osmótica seguindo o planejamento experimental discutido no no tópico 4.5, apresentam os valores da incorporação de sólidos (°Brix) relacionando os parâmetros concentração (°Brix) e tempo de imersão(min) para a sacarose na Tabela 8 e sorbitol na Tabela 9.

Tabela 8: Planejamento Experimental utilizando a sacarose

Ensaio	Concentração (°Brix)	Tempo de imersão(min)	Incorporação de sólidos (°Brix)
1	30	10	5,9
2	50	10	7,4
3	30	30	7,4
4	50	30	9,7
5	40	20	8,1
6	40	20	7,9
7	40	20	8,0

Tabela 9: Planejamento Experimental utilizando o sorbitol

Ensaio	Concentração (°Brix)	Tempo de imersão(min)	Incorporação de sólidos (°Brix)
8	30	10	7,2
9	50	10	8,7
10	30	30	10,4
11	50	30	14,4
12	40	20	10,1
13	40	20	10,1
14	40	20	9,8

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 8 e 9, os maiores valores de ganho de sólidos solúveis totais foram encontrados para combinação da maior concentração da solução osmótica (50°Brix) e maior tempo de imersão (30min), sendo 9,7°Brix para a sacarose e 14, 4°Brix para o sorbitol.

Comparando os resultados obtidos de acordo com os agentes desidratantes submetidos as mesmas condições de estudo, percebe-se o maior ganho de sólidos nas amostras com sorbitol, com valores de SST que variam de 15 a 33% a mais que as amostras submetidas à sacarose.

Segundo Raoult-Wack (1994), a utilização de sacarídeos de baixa massa molecular, como o sorbitol, favorece o ganho de açúcares por causa da alta velocidade de penetração das moléculas, aumentando o ganho de sólidos e reduzindo a perda de água, desfavorecendo o processo de desidratação. Ao contrário da sacarose, que possui maior massa molecular, diminuindo o ganho de sólidos, aumentando a perda de água, favorecendo a perda de massa, sendo considerado o açúcar mais utilizado na desidratação osmótica de frutas devido a sua eficácia.

Em estudo sobre a desidratação osmótica de morangos utilizando como agentes desidratantes o sorbitol e a sacarose, Rizzolo et al. (2007) constatou que nas mesmas condições do experimento, concentração (60 °Brix), a 30 °C por 1, 2, 4 e 6 h, o ganho de sólidos foi duas vezes maior nas amostras com sorbitol.

Os resultados também mostram que o aumento da concentração da solução osmótica trouxe maior ganho de sólidos, para ambos os agentes e condições de tempo de imersão. Nas soluções submetidas ao tempo 10 min, o aumento de 30 para 50° Brix elevou o ganho de sólidos em 20% e 17% para a sacarose e sorbitol, respectivamente. Fato que se repete para o tempo de 30min, com ganho de 24% e 28%, para sacarose e sorbitol na mesma ordem.

Segundo Cardoso Andrade et al. (2007) em seu estudo sobre desidratação osmótica de jenipapo utilizando como agente desidratante a sacarose nas concentrações de 30,50 e 70%, as soluções mais concentradas favoreceram a perda de água e o ganho de sólidos, durante as duas primeiras horas do processo.

Na desidratação do tomate cereja, Azoubel e Murr (2004) obtiveram maior rapidez na perda de água como também maior ganho de sólidos para soluções com concentrações maiores.

Lima (2012) concluiu em seu estudo utilizando soluções de sacarose e sorbitol na desidratação do melão, que o aumento da concentração da solução e da temperatura do processo proporcionou maior perda de água e redução de massa, porém aumentou também o ganho de sólidos. De acordo com seu estudo, o aumento da concentração da solução osmótica implica no aumento da pressão osmótica, portanto, um aumento na taxa de transferência de massa.

Os resultados apresentados para o ganho de sólidos são diretamente proporcionais ao fator tempo de imersão. Para a concentração de 30° Brix das soluções de sacarose e sorbitol, o aumento de 10 min para 30 min, elevou em 20% e 31% o ganho de sólidos, respectivamente, sendo o mesmo efeito encontrado na concentração de 50°Brix, com aumento de 24% e 40% para as soluções de sacarose e sorbitol, na mesma ordem.

De acordo com o estudo sobre desidratação osmótica em soluções de sacarose de maçã, abóbora e cenoura proposto por Kowalska e Lenart (2001) as maiores taxas de perda de água e de ganho de sólidos ocorreram durante os primeiros 30 min do processo.

Neto et al. (2005), estudando a desidratação osmótica por um período de 5 horas, constatou que as velocidades de perda de água e ganho de sólidos foram maiores na primeira hora de desidratação, não sendo observadas alterações significativas de perda de água e ganho de sólidos a partir de 4 h de osmose, tendendo ao equilíbrio no final do período de 5h.

O efeito do tempo de imersão na desidratação osmótica pode ser explicado pelo enfraquecimento das membranas celulares do tecido vegetal quando expostos a longos períodos em soluções desidratantes Telis et al. (2003).

Os resultados experimentais obtidos na Tabela 8 e 9 foram utilizados a fim de avaliar os efeitos de cada fator, concentração e tempo de imersão sobre o ganho de sólidos após a desidratação osmótica (°Brix). Efetuou-se então a análise estatística da influência dos fatores em função da resposta para determinar quais realmente apresentaram influência estatisticamente significativa, para um nível de significância (ou confiança) de 95%. Os valores calculados de todos os fatores, sua interação e erro padrão estão apresentados na Tabela 10 para a sacarose e na Tabela 11 para o sorbitol.

Tabela 10: Análise estatística utilizando a sacarose

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t(5)	P
Média	7,77	0,114	68	0,000007
°Brix	1,9	0,302	6,284	0,008
Tempo	1,9	0,302	6,284	0,008
°Brix x Tempo	0,4	0,302	1,323	0,278

Tabela 11: Análise estatística utilizando o sorbitol

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t(5)	P
Média	10,1	0,05	202	0
°Brix	2,75	0,1323	20,79	0,0002
Tempo	4,45	0,1323	33,64	0,00006
°Brix x Tempo	1,25	0,1323	9,45	0,00251

De acordo com a Tabela 10 e 11, os valores na cor vermelha representam que os efeitos são estatisticamente significativos tanto para a sacarose quanto para o sorbitol, com exceção da interação das variáveis para a sacarose. Considera-se o fator significativo quando o valor de p correspondente é menor que 0,05 ($p < 0,05$), para nível de significância de 95%.

Através do diagrama de Pareto (Figura 15 e 16) e do gráfico superfície de resposta (Figura 17 e 18), pode-se avaliar de forma gráfica a influência dos fatores (Concentração e tempo de imersão) na resposta, ganho de sólidos ($^{\circ}$ Brix).

Figura 15: Gráfico de Pareto utilizando sacarose

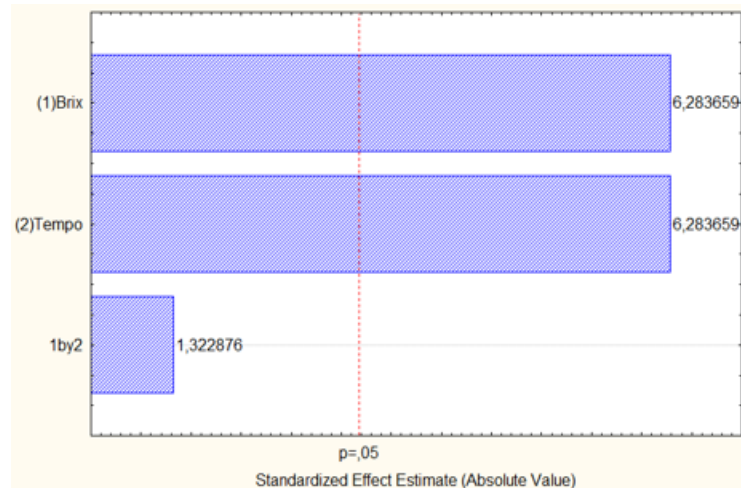
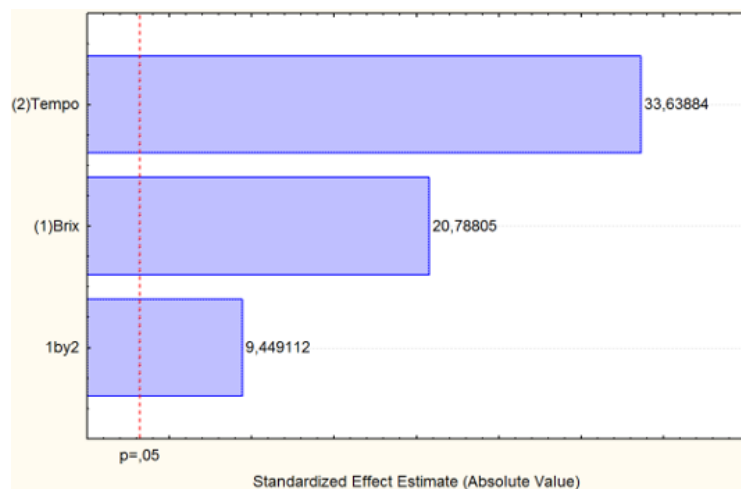


Figura 16: Gráfico de Pareto utilizando sorbitol



O gráfico de Pareto mostra através das barras horizontais a intensidade de cada fator, sendo a linha vertical corresponde a $p = 0,05$ o indicativo para o efeito ser ou não estatisticamente significativo, no intervalo de confiança de 95% (FONTES, 2002). De acordo com o gráfico, para os experimentos utilizando a sacarose, os efeitos concentração e tempo de imersão são estatisticamente significativos, influenciando o processo na mesma intensidade.

No entanto a interação dos fatores não é significativa, sendo o mesmo resultado encontrado por Azoubel (2002) estudando a desidratação osmótica do pedúnculo de caju

utilizando a sacaros como agente desidratante, obtendo em seus resultados, a concentração, a temperatura e o tempo como variáveis significativas, com exceção da interação concentração versus tempo.

Para as soluções utilizando sorbitol, verifica-se que os fatores isolados e a interação entre eles são estatisticamente significativos, sendo o tempo a variável mais influente no processo. Segundo Alves (2003) em seu estudo sobre desidratação osmótica de acerola a variável mais significativa foi o tempo.

Como as variáveis apresentam valores positivos, indicam que o aumento de seus níveis proporcionará a elevação na incorporação de sólidos (°Brix).

Com os resultados da Tabela 10 e 11, tornou-se possível a construção da superfície de resposta para a sacarose (Figura 17) e sorbitol (Figura 18), com a finalidade de otimizar o processo, definindo as condições mais adequadas de maximização, permitindo a visualização tridimensional das variáveis, sobre o ganho de sólidos (°Brix).

Figura 17: Superfície de resposta utilizando o tempo de imersão (min) e a concentração (°Brix) da solução de sacarose

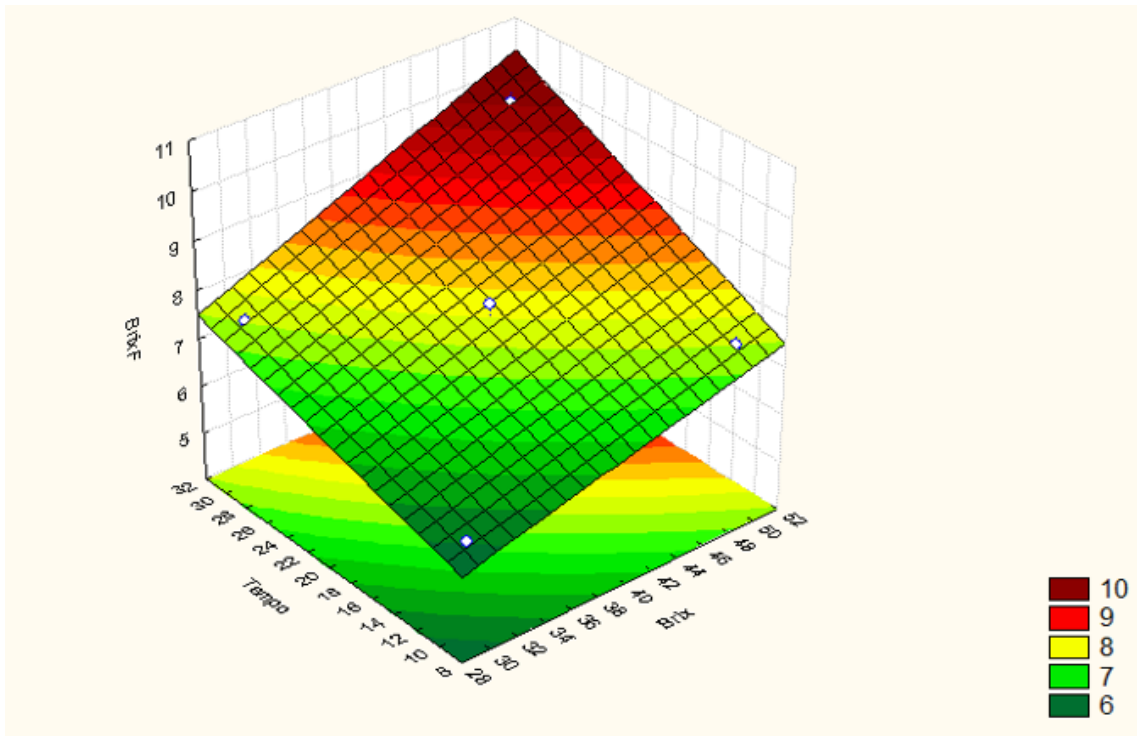
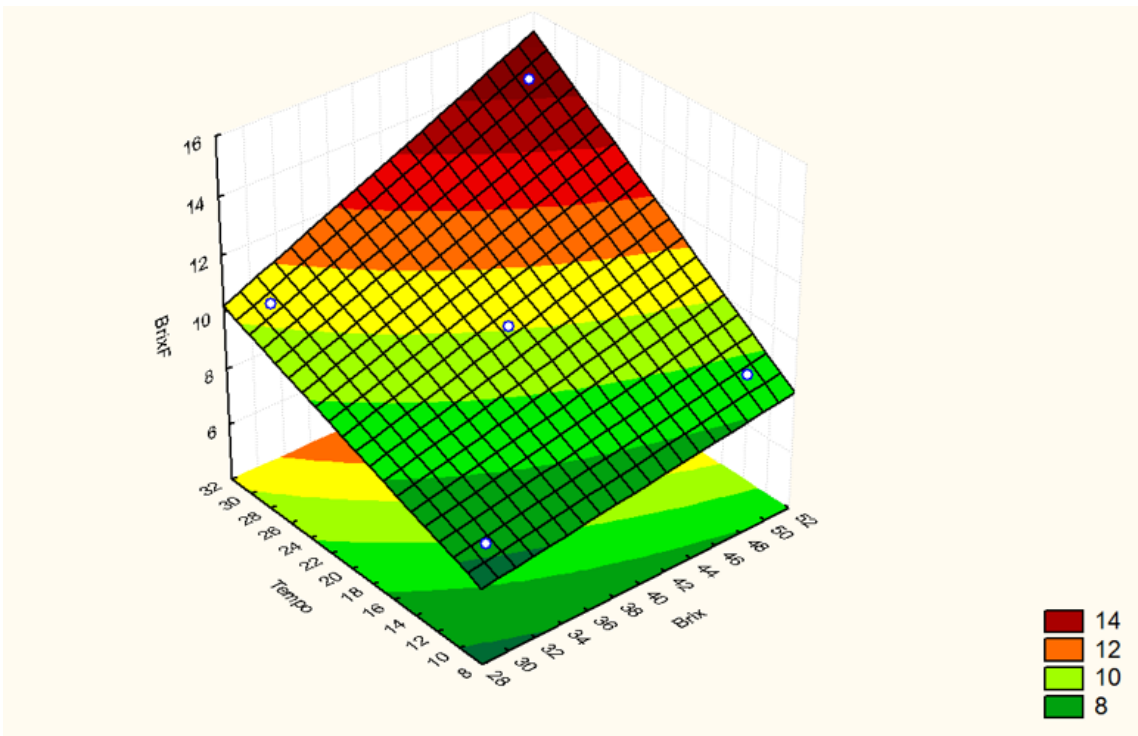


Figura 18: Superfície de resposta utilizando o tempo de imersão (min) e a concentração (°Brix) da solução de sorbitol



De acordo com os resultados apresentados na superfície de resposta, verifica-se que a concentração de 50°Brix sob 30min de imersão na solução foi o ponto operacional ótimo para o ganho de sólidos no processo de desidratação osmótica utilizando sacarose e sorbitol.

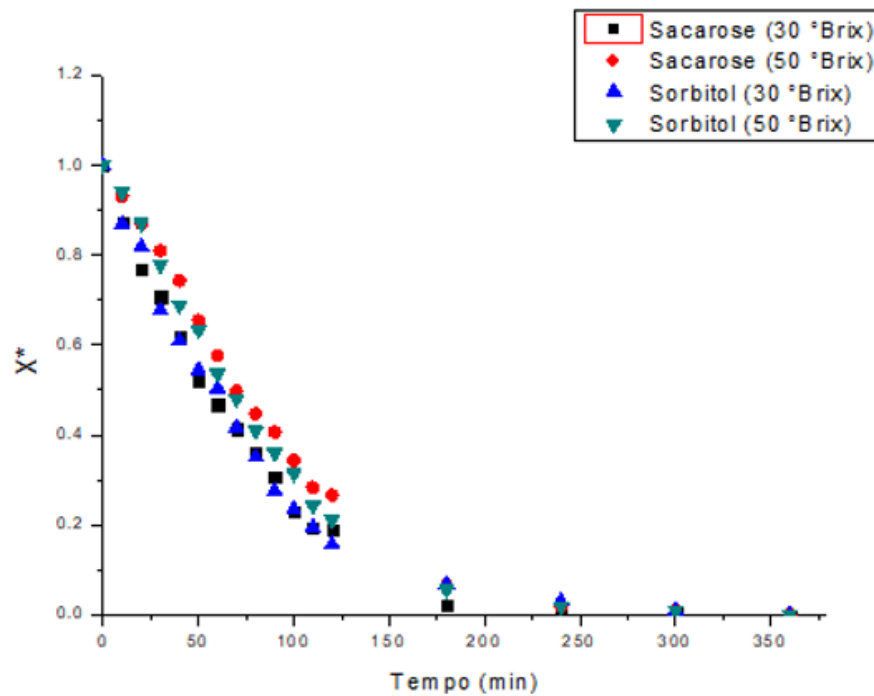
A metodologia de superfície de resposta também foi utilizada por Alam et al. (2010), para investigar a cinética de desidratação osmótica de groselha indiana, verificando que o efeito da concentração de sacarose (50 a 70 °Brix), temperatura da solução (30 a 60 °C) e tempo de imersão (60 a 180 min) afetaram significativamente a perda de água e a incorporação de sólidos no fruto.

5.3 Cinética da secagem convectiva

Seguindo a metodologia de secagem descrita no item 4.7, os valores obtidos de massa foram transformados em umidade (adimensional, X^*). Em seguida, construiu-se as curvas da umidade em função do tempo de secagem, para as concentrações de 30, 40 e 50 °Brix nos tempos de imersão de 10, 20 e 30 min na solução desidratante para a sacarose e sorbitol.

A Figura 19 representa a umidade em função do tempo da secagem convectiva para as amostras submetidas à desidratação no tempo 10min.

Figura 19: Umidade versus Tempo para soluções submetidas a 10 min de pré-tratamento

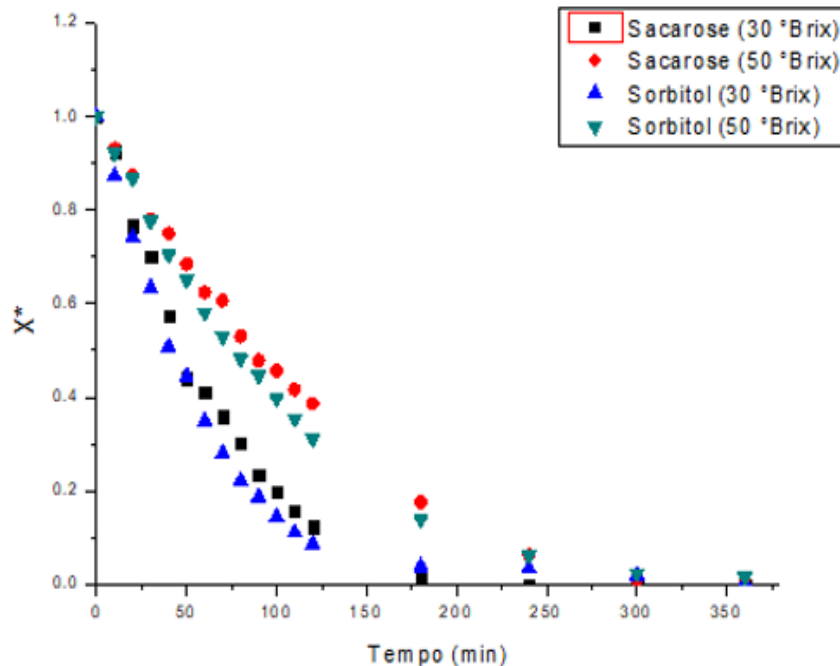


Fonte: Própria

Verifica-se que a secagem convectiva foi favorecida pela menor concentração (30°Brix) para as soluções de sacarose e sorbitol. Em relação ao agente desidratante, a sacarose atingiu a estabilidade do processo primeiro, em 300 min, sendo a secagem cerca de 17% mais rápida em relação as outras, que atingiram em 360min. Após 6h de secagem, todas as amostras estavam estabilizadas.

A Figura 20 representa a umidade em função do tempo da secagem convectiva para as amostras submetidas à desidratação no tempo 30min.

Figura 20: Umidade versus Tempo para soluções submetidas a 30 min de pré-tratamento



Através dos resultados obtidos para as amostras submetidas ao tempo de 30min, percebe-se que na menor concentração (30°Brix), a secagem convectiva da amostra submetida a desidratação osmótica com sacarose foi mais efetiva, estabilizando-se em 240 min, sendo cerca de 43% mais rápida que o sorbitol nas mesmas condições, com massa estabilizada após 420 min de secagem convectiva. O aumento da concentração para a sacarose, desfavoreceu a secagem, tornando o processo 33% mais lento, passando de 4 para 6h. Na solução de sorbitol, o aumento da concentração não trouxe diferenças no tempo de secagem, pois em ambas as concentrações, a secagem estabilizou-se com 7h.

O resultado contrário foi observado por Souza et al. (2007) em seu estudo sobre secagem por convecção de bananas desidratadas, obtendo-se que o aumento da concentração da solução osmótica diminuiu o tempo de secagem por convecção.

Os resultados de Silveira (2014) na secagem convectiva de cenoura mostraram um aumento da perda de água com o aumento da concentração da solução osmótica, justificando que seus valores eram esperados, devido ao aumento do gradiente entre a concentração de sólidos solúveis no fruto e na solução osmótica.

No entanto, Silva et al., (2011), no estudo sobre a desidratação osmótica e secagem convectiva da abóbora, obteve uma redução da perda de água no vegetal com o aumento da concentração da solução de sacarose 50 °Brix, durante 30 minutos de imersão para 65 ° Brix.

Os autores justificam seus resultados argumentando que soluções com concentrações maiores, geralmente acima de 75° Brix possuem viscosidade maior, reduzindo a taxa de perda de água, além de tornam-se inapropriadas ao processamento devido aos limites de solubilidade do agente utilizado, dificultando o preparo da solução.

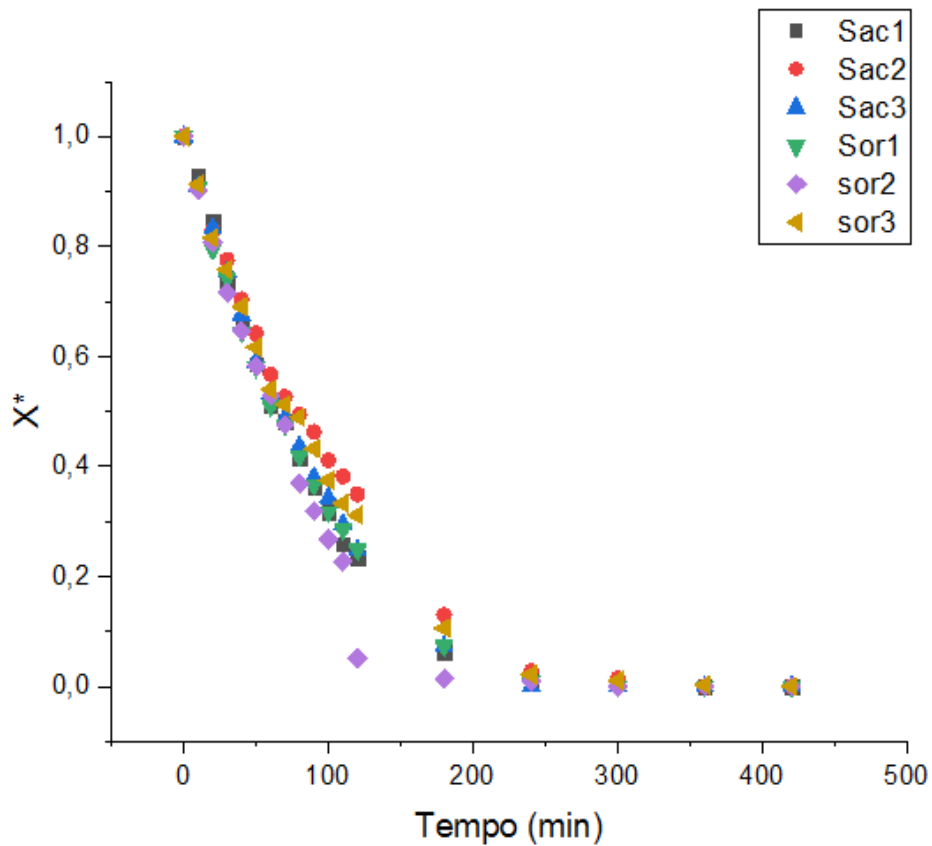
O resultado encontrado no presente estudo, pode ser justificado de acordo com alguns estudos, nos quais observou-se que a solução concentrada formou uma camada de açúcar na superfície do produto, dificultando as trocas difusivas, funcionando como uma barreira. Um menor ganho de sólidos em função de uma camada de açúcares na superfície do produto foi observado por El-Aouar (2005) na avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa e Ferrari (2005) utilizando o melão.

Em relação ao agente desidratante, o resultado era esperado, já que açúcares com elevada massa molecular, como a sacarose, acarretam diminuição do ganho de sólidos e aumento na perda de água, favorecendo a redução de massa e, conseqüentemente, o processo de desidratação. Ao contrário do sorbitol, que possui baixa massa molecular, reduzindo a perda de água (Dionello et al., 2007).

Na desidratação de abacaxi utilizando como agente desidratante a glicose e a sacarose, Saputra (2001) percebeu que a sacarose se mostrou um agente desidratante mais eficiente que a glicose, apresentando maior capacidade de transferência de massa, com maior perda de água e menor ganho de soluto.

A Figura 21 representa os pontos centrais, referente à concentração de 40° Brix no tempo de imersão de 20 min em solução de sacarose e sorbitol, a fim de comprovar a reprodutibilidade dos experimentos. Observa-se que as amostras apresentaram algumas diferenças, consideradas normais para materiais biológicos.

Figura 21: Umidade versus Tempo para soluções submetidas a 20 min de pré-tratamento

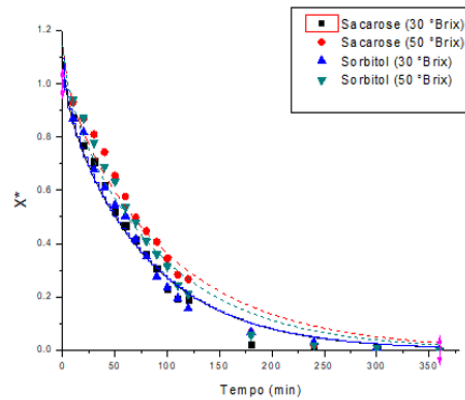


Das condições de secagem, a que obteve o melhor resultado foi a concentração de 30°Brix com 30min de imersão para sacarose, obtendo sua estabilidade com cerca de 4h de secagem.

5.4 Modelo Difusional de Fick

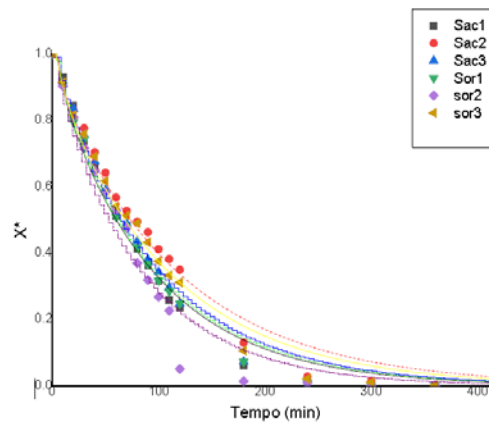
O modelo difusional de Fick considerando a geometria placa plana infinita sem efeito do encolhimento foi utilizado para modelagem da secagem convectiva e cálculo da difusividade efetiva (Def). As Figuras 22, 23 e 24 mostram os ajustes desse modelo para o melão desidratado utilizando as soluções de sacarose e sorbitol, nas concentrações 30,40 e 50°Brix, imersos por 10, 20 e 30min, apresentando um bom ajuste das curvas ao modelo proposto.

Figura 22: Modelo difusional de Fick para as amostras submetidas a 10 min de pré-tratamento osmótico



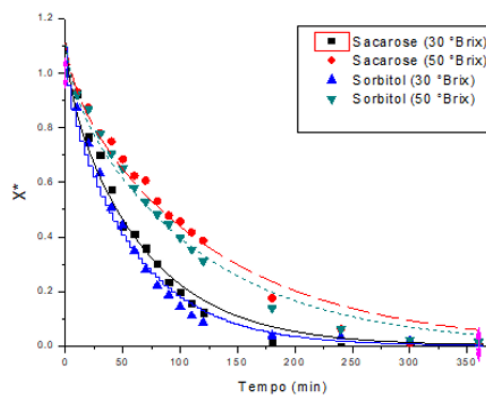
Fonte: Própria

Figura 23: Modelo difusional de Fick para as amostras submetidas a 20 min de pré-tratamento osmótico.



Fonte: Própria

Figura 24: Modelo difusional de Fick para as amostras submetidas a 30 min de pré-tratamento osmótico



Fonte: Própria

Aplicando-se modelo de Fick com quatro termos da série (Equação 3), obteve-se o coeficiente de difusão efetivo (Def), os valores do modelo difusional para uma placa plana ($A=8/\pi^2$) e os coeficientes de correlação (R^2), apresentados na Tabela 12 e 13 para a sacarose e sorbitol, respectivamente.

Tabela 12: Valores do coeficiente de difusividade efetiva e do parâmetro A para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sacarose

Concentração (°Brix)	Tempo(min)	A ($8/\pi^2$)	Def (cm^2/s)	R^2
30	10	0,93483	0,01121	0,97897
50	10	0,97531	0,00987	0,96696
30	30	0,93718	0,015	0,98096
50	30	0,94368	0,00792	0,98068
40	20	0,95308	0,00978	0,97891
40	20	0,93361	0,00776	0,97741
40	20	0,94615	0,00930	0,97591

Tabela 13: Valores do coeficiente de difusividade efetiva e do parâmetro A para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sorbitol

Concentração (°Brix)	Tempo(min)	A ($8/\pi^2$)	Def (cm^2/s)	R^2
30	10	0,93022	0,01124	0,98034
50	10	0,97568	0,00903	0,96317
30	30	0,95295	0,01316	0,97644
50	30	0,94889	0,00704	0,97109
40	20	0,93327	0,00954	0,98214
40	20	0,95842	0,01104	0,97869
40	20	0,93389	0,00834	0,98198

A precisão do modelo pode ser determinada pelo coeficiente de determinação (R^2), quanto mais perto de 1 estiver seu valor, melhor terá sido o ajuste do modelo as respostas observadas e o parâmetro ajustável A que tende proximidade do ($8/\pi^2= 0,811$).

No estudo, o valor de R^2 está entre 0,98214 e 0,96317, o que significa que modelo explica entre 96,317 e 98,214% da variação total da resposta, sendo assim, a regressão é tida como significativa e pode ser utilizada para fins preditivos. Todos os valores do parâmetro A

estão próximos de 0,811, sendo os mais aproximados 0,93361 e 0,93022 para a sacarose e sorbitol, respectivamente.

Nascimento (2014) em seu estudo sobre desidratação osmótica da acerola, obteve que seus melhores ajustes foram para as soluções de 40 °Brix, uma vez que os coeficientes de correlação foram superiores a 0,982.

O modelo difusional de Fick permite obter um fator importante para o estudo, o coeficiente difusivo, relacionado a facilidade do soluto se locomover no solvente, sendo assim, maiores valores do coeficiente representam maior troca de massa no processo.

De acordo com a Tabela 12 e 13, nas condições de 30° Brix em 30min de imersão, a transferência de massa deu-se com mais facilidade, para ambas as soluções, sendo 0,015 e 0,01316 cm²/s para a sacarose e sorbitol, respectivamente. Percebe-se que nestas condições houve um menor ganho de sólidos pelas amostras, tornando maior o conteúdo de água livre presente nestas amostras, facilitando assim a transferência de massa. Em relação ao agente desidratante, como as amostras desidratadas osmoticamente em sorbitol incorporaram mais sólidos no pré-tratamento, conseqüentemente a água livre disponível era menor nestas amostras, portanto, a taxa de transferência de massa foi menor, como descrito por Araujo (2005).

A utilização de sacarose é vantajosa em relação ao sorbitol pois, como a difusividade da água depende, entre outros fatores, do conteúdo de sólidos dissolvidos, a menor incorporação de sólidos na desidratação osmótica favorece a saída mais rápida da água presente na fruta, aumentando com isso o valor da difusividade. Fato que também foi verificado por Contreras e Smyrl (1981), utilizando xarope de milho e sacarose no processo de desidratação osmótica de maçã.

O maior tempo de imersão (30 min) juntamente com a maior concentração (50°Brix) dificultou a transferência de massa, apresentando os valores mais baixos de coeficiente, sendo 0,00792 e 0,00704 cm²/s para sacarose e sorbitol, respectivamente. MAZZA (1983) verificou que ao aumentar a concentração de sacarose de 5 para 60%, houve o ganho de sólidos durante o pré-processo, diminuindo o coeficiente de difusividade e a taxa de secagem, justificando que este fato ocorreu devido à cristalização da sacarose durante processo de secagem, diminuindo a difusividade, a transferência de calor e à redução da pressão de vapor d'água no produto como consequência da dissolução do açúcar.

Segundo COLLIGNAN et al. (1992), a redução da difusividade efetiva é causada pela formação de uma camada periférica de sacarose durante a desidratação osmótica, responsável pelo aumento da resistência ao movimento da água durante a etapa de secagem.

Para os dois agentes desidratantes do estudo, o aumento da concentração da solução de 30 para 50 ° Brix causou um efeito negativo na transferência de massa, em contrapartida, o aumento do tempo de 10 para 30 min beneficiou a desidratação para a concentração de 30°Brix, o inverso ocorreu para a concentração de 50°Brix, na qual o aumento do tempo diminuiu o coeficiente convectivo.

KARATANOS et al. (1995) verificou em seu estudo sobre secagem convectiva da maçã na temperatura de 55°C, que a difusividade da água, decresceu como consequência do aumento na concentração das soluções osmóticas usadas como pré-tratamentos para a secagem, devido à redução da porosidade dos tecidos resultante da infiltração de açúcar e seu subsequente colapso durante a secagem.

Em outros trabalhos, verificou-se um resultado contrário, o aumento da concentração favoreceu a difusividade nos estudos de Duarte et al., (2012) sobre a desidratação osmótica da jaca obtendo difusividade efetiva em torno de $5,34 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{min}$. para o tratamento a 40 °Brix e $6,66 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ para 50 °Brix e Nascimento (2016) na desidratação do umbu-cajá, apresentando $4,73 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{min}$., correspondente à solução de maior concentração 70 °Brix e maior tempo de imersão 480 minutos.

5.5 Atividade de água

As amostras após serem submetidas ao processo de desidratação osmótica seguida da secagem convectiva por 24h na estufa, foram utilizadas para obter a atividade de água final, mostrada na Tabela 14 para a sacarose e 15 para o sorbitol.

Tabela 14: Atividade de água após a secagem convectiva para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sacarose

Concentração (°Brix)	Tempo(min)	Atividade
30	10	0,209
50	10	0,399
30	30	0,267
50	30	0,257
40	20	0,300
40	20	0,356
40	20	0,456

Tabela 15: Atividade de água após a secagem convectiva para as amostras submetidas ao pré-tratamento com sorbitol

Concentração (°Brix)	Tempo(min)	Atividade
30	10	0,232
50	10	0,242
30	30	0,241
50	30	0,207
40	20	0,296
40	20	0,318
40	20	0,399

A atividade de água está relacionada à conservação dos alimentos, quanto maior seu valor, mais rápido os microrganismos, como bactérias, leveduras e bolores, serão capazes de se desenvolver. Com a atividade próxima a 0,6 têm-se um pequeno ou nenhum crescimento de microrganismos, quando se atinge 0,3, as moléculas estão fortemente ligadas ao alimento, impedindo as reações, e conseqüentemente o crescimento de microrganismos. Para o crescimento de bactérias e fungos a exigência de água livre é de 0,91 e 0,8, respectivamente (CELESTINO, 2010).

De acordo com as Tabelas 14 e 15, apresenta-se bons resultados de atividade de água para todas as amostras, sendo o menor valor 0,209 para a sacarose com concentração de 30° brix, durante 10 min de imersão e 0,207 para o sorbitol (50°Brix; 30min). Para ambas as

soluções, a atividade foi maior no ponto central (40°Brix; 20min), sendo 0,456 e 0,399 para a sacarose e sorbitol nesta ordem.

A Figura 25 apresenta amostras do melão submetidas a análise da atividade de água, após o processo combinado de desidratação osmótica e secagem convectiva.

Figura 25: Amostras de melão após a secagem convectiva



Fonte: O autor

6. CONCLUSÕES

O processo de desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e sorbitol foi influenciado pelas variáveis concentração e tempo de imersão, sendo o aumento desses fatores diretamente proporcional ao ganho de sólidos. As condições experimentais da amostra com maior ganho de sólidos foram: concentração 50° Brix sob 30 min de imersão na solução sorbitol. Em todas as amostras, o ganho de sólidos foi maior para as amostras submetidas as soluções de sorbitol.

Na análise estatística, todos os fatores foram significativos para o sorbitol, sendo o tempo de imersão a variável que apresentou maior intensidade na influência do ganho de sólidos, para a sacarose, a intensidade da influência do tempo e concentração foram iguais e sua interação não significativa. De acordo com a superfície de resposta gerada através dos valores obtidos da desidratação osmótica, a otimização do processo para o ganho de sólidos é referente a concentração de 50°Brix, sob 30 min de imersão em solução desidratante de sorbitol ou sacarose, sendo o sorbitol mais eficiente neste parâmetro.

Na secagem convectiva, verificou-se que a diminuição da concentração e o aumento do tempo de imersão favoreceram a secagem para as soluções de sacarose e sorbitol. Em relação ao agente desidratante, a sacarose atingiu a estabilidade do processo primeiro, sendo a melhor secagem a 30° Brix sob 30 min de imersão na solução desidratante de sacarose.

Na aplicação do modelo de Fick, obteve-se bons ajustes, com o valor de R^2 variando entre 0,98214 e 0,96317 e todos os valores do parâmetro A próximos de 0,811, sendo os mais aproximados 0,93361 e 0,93022 para a sacarose e sorbitol, respectivamente.

O coeficiente difusivo foi influenciado positivamente pelo aumento do tempo de imersão na solução desidratante e diminuição da concentração. Nas condições de 30° Brix em 30 min de imersão, a transferência de massa deu-se com mais facilidade, para ambas as soluções, sendo 0,015 e 0,01316 cm^2/s para a sacarose e sorbitol, respectivamente. Percebe-se que nestas condições houve um menor ganho de sólidos pelas amostras, tornando maior o conteúdo de água livre presente nestas amostras, facilitando assim a transferência de massa. Em relação ao agente desidratante, como as amostras desidratadas osmoticamente em sorbitol incorporaram mais sólidos no pré-tratamento, conseqüentemente a água livre disponível era menor nestas amostras, portanto, a taxa de transferência de massa foi menor.

O maior tempo de imersão (30 min) juntamente com a maior concentração (50°Brix) dificultou a transferência de massa, apresentando os valores mais baixos de coeficiente, sendo 0,00792 e 0,00704 cm^2/s para sacarose e sorbitol, nesta ordem.

Na avaliação da influência da desidratação osmótica na secagem convectiva do melão (*Cucumis Melo L.*), utilizando o modelo difusional de Fick, encontrou-se como condição otimizada para o processo, a solução de sacarose na concentração de 30°Brix e 30 min de tempo de imersão, apresentando melhor estabilidade e rapidez no processo, concluindo a secagem em apenas 4h, maior coeficiente difusivo, baixa atividade de água (0,267). Além disso, a sacarose apresenta as seguintes vantagens: aceitabilidade universal, palatabilidade, aroma desejável, alta disponibilidade, baixo custo de produção, alta solubilidade em água e alta pressão osmótica em solução aquosa, sendo considerada o melhor agente desidratante. Os produtos elaborados com sacarose destacam-se em termos de aparência, cor, brilho, textura, sabor e estabilidade.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABRÃO et al. (2013). *Influence of osmotic dehydration process parameters on the quality of candied pumpkins*. Food and Bioproducts Processing 91 (2013) 481–494
- ALAM, M. S., AMARJIT, S., SAWHNEY, B. K. (2010) *Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices*. Journal Food Science Technology, v.47, n.1, p. 47–54
- ALVES, D. G. (2003) *Obtenção de acerola (Malpighia punicifolia L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 186p.
- ALVES, D. G., BARBOSA, J. L., ANTONIO, G. C., MURR, F. E. X. (2005) *Osmotic dehydration of acerola fruit (Malpighia punicifolia L.)*. Journal of Food Engineering, v.68, p. 99-103.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA (2017). Editora Gazeta – Anuários Brasileiros de Agronegócio, www.anuarios.com.br, acessado em 30/03/2018.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2015. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2015. 108p.
- ARAÚJO, E. A. F. (2005) *Estudo do Processo de Desidratação Osmótica e Secagem de Nectarina (Prunus persica)*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 113p.
- AZEREDO, H. M. C. *Fundamentos de estabilidade de alimentos*. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.
- AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X. (2004) *Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato*. Journal of Food Engineering, v.61, p. 291-295.
- AZOUBEL, P.M. *Influência de pré-tratamento na obtenção de produtos secos de caju (Anacardium occidentale L.)*. Campinas, 2002. 136p. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. AliceWeb: Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior. 2016. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 20 Abril 2018.
- CARDOSO A. , S. A., BARROS Neto, B., NÓBREGA, A. C., AZOUBEL, P. M., GUERRA, N. B. (2007) *Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (Genipa americana L.)*. Journal of Food Engineering, v.78, p. 551-555.
- CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. (2004) Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. *Normas de Classificação de Melão*.
- CELESTINO, S. M. (2010). *Princípios de Secagem de Alimentos*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Planaltina, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

CORANTES E EDULCORANTES. Disponível em:<www.foodingredients.com>. Acesso em: 14 de maio.2018

CORZO, O.; GOMEZ, E. R. *Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology*. Journal of Food Engineering. v.64, p.213-219, 2004.

CRANK, J. Mathematics of Diffusion. 2ed., Clarendon Press Oxford, 1975, 414p.

CRISÓSTOMO. L. A. *Adubação, Irrigação, Híbridos e Práticas Culturais para o Meloeiro no Nordeste*.14. ed. Fortaleza: EMBRAPA, 2002.

DANTAS S. C. M. *Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2010. 86p.

DIAS, M.C. Comida jogada fora. Correio Braziliense, 31 de Agosto de 2003. Disponível em: <http://www.consciencia.net/2003/09/06/comida.html>. Acesso em maio de 2018.

DIONELLO, R. G., BERBERT, P. A., MOLINA, M. A. B., VIANA, A., CARLESSO, V. O., QUEIROZ, V. A. (2007) *Desidratação por imersão - impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido*. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.27, n.4, p. 701-709

EBRA, M. L., FORNI, E., COLONELLO, A., GIANGIACOMO, R. (1994) *Influence os sugar composition and dehydration levels on the chemical-physical characteristics of osmodehydrofrozen fruit*. Food Chemistry, v.50, n.1, p. 69-73.

EL-AOUAR, Â. A. (2001) *Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa (Carica papaya L.)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 113p.

EL-AOUAR, Â. A. (2005) *Estudo do processo de secagem de mamão formosa (Carica papaya L.) fresco e pré-tratado osmoticamente*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 215p.

EL-AOUAR, A. A. *Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa (Carica papaya L.)*. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001. 113p.

FERRARI, C. C. *Estudo da Transferência de Massa e Qualidade do Melão Desidratado Osmoticamente em Soluções de Sacarose e Maltose*. 2005.p.116.Dissertação- Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP,2005.

FIGUEIRÊDO. M. C. B.; GONDIM R. S.; ARAGÃO F. A. S. *Produção de Melão e Mudanças Climáticas: Sistemas conservacionistas de cultivo*

FITO, P.; CHIRALT, A.; BETORET, N.; GRAS, M.; CHÁFER, M.; MARTINÉZMONZÓ, J.; ANDRÉS, A.; VIDAL, D. *Vacuum Impregnation and Osmotic Dehydration in Matrix Engineering. Application in Functional Fresh Food Development*. Journal of Food Engineering, v.49, p. 175-183, 2001.

- FONTES, M. M. *Otimização da síntese de biodiesel a partir do óleo das sementes de algodoeiro*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2012
- FOUST, A. S. et al. *Princípios das Operações Unitárias*, 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1982.
- GOMES, A. T., CEREDA, M. P., VILPOUX, O. (2007) *Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar*. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. Taubaté, v.3, n.3, p. 212-226.
- GOMES, P. M. *Cultivo de Melão: Manejo, Colheita, Pós-colheita e Comercialização*. Brasília: SENAR, 2007.
- HAWLADER, J. N. A.; UDDIN, M. S.; HO, J. C.; TENG, A. B. W. *Drying characteristics of tomatoes*. Journal of Food Engineering, v. 14, p. 265-268, 1991.
- KEEY, R. B. *Drying of loose and particule materials*. New York: Hemisphere Publishing
- KOWALSKA, H., LENART, A. (2001) *Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables*. Journal of Food Engineering, n.49, p.137-140.
- LAZARIDES, H. N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. *Mass transfer during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake*. Journal of Food Engineering, v.25, p.151-166, 1995.
- LIMA, R. M. P. *Desidratação Osmótica de Melão (Cucumis Melo L.) em Soluções de Sacarose e de Sorbitol*. 2012 p.110. Tese –Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.
- MARCINKOWSKI, E. D. (2006). *Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química, Porto Alegre
- MARTIM, N. S. P. P., WASZCZYNSKYJ, N., MASSON, M. L. (2007) *Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins*. Ciência Agrotécnica, v.31, p. 1755-1759.
- MENEZES, J.B.; GOMES JUNIOR, J.; ARAÚJO NETO, S.E.; SIMÕES, A.N. *Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente*. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, n. 1 p. 42-49.2001.
- MORAES, S. O. (2006). *Secagem de alimentos*. Universidade de São Paulo, Piracicaba- SP.
- MOREIRA, S. R.; MELO, A. M. T. ; PURQUERIO, L. F. V. ; TRANI, P. E. ; NARITA, N. *Melão (Cucumis melo L.)*. Campinas: IAC, 2009. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/melao/index.htm>>. Acesso em: Abril. 2018.
- NASCIMENTO J. S.; SILVA V. A.; OLIVEIRA R. F. e SILVA. A. A. R. *Efeito do Pré-Tratamento com Água a 93°C na Taxa de Desidratação Osmótica da Acerola*. Congresso Nacional de Engenharia Química (COBEQ) 20 Ed. (2014).

NASCIMENTO R. S. e SILVA V. A. *Desidratação Osmótica do Umbu-Cajá (Spondias Spp.):Aplicação do Modelo Difusional ENBEQ* 16. 7p. 2016.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 3ª Ed: Editora UNICAMP, Campinas, SP.2007

NETO, M. A. S., MAIA, G. A., LIMA, J. R., FIGUEIREDO, R. W., SOUZA FILHO, M. S. M., LIMA, A. S. (2005) *Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. Revista Ciências Agrotecnológicas*, v.29, n.5, p. 1021-1028.

O MELÃO. Disponível em: < www.toda.com.br/melão>. Acesso em: 10 de abr.2018

PACHIONE, R. (2003) Indústria do diet engorda as vendas. *Revista de Química*. Edição nº421 em; <http://www.quimica.com.br/revista/qd419/edulcorantes1.htm>. Acesso em: 8 de abri. 2018.

PARK, K. J., BIN, A., BROD, F. P. R., PARK, T. H. K. B. (2001) Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Engineering*, v.52, p. 293-298.

PONTING, J. D.; WALTERS, G. G.; FORREY, R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. *Osmotic dehydration of fruits. Food Technology*, v.20, n.10, p.125-128, 1966.

QUEIZOS. M.R. *Estudo Teórico Experimental da Cinética de Secagem de Bananas*. (1994). 176p.Universidade Estadual de Campinas, Campinas-São Paulo.

RAOULT-WACK, A. L. (1994) Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*, v.5, p. 225-260.

RASTOGI, N. K., RAGHAVARAO, K. S. M. S., NIRANJAN, K., KNORR. D. (2002) *Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer*. *Trends in Food Science & Technology*, v.13, p. 48-59.

RASTOGI, N.K.; RAGHAVARAO, K.S.M.S.; NIRANJAN, K. Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Banana: Fickian Diffusion in Cylindrical Configuration. *Journal of Food Engineering*, v.31, p. 423-432, 1997.

RIZZOLO, A., GERLI, F. M, PRINZIVALLI, C., BURATTI, S., TORREGGIANI, D. (2007) Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv. Camarosa): Influence of osmotic solution composition and processing time. *Food Science and Technology*, v.40, p. 529-535

SAPUTRA, D. (2001) Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology*, v.19, p. 415-425

SILVA, F. D., MATA, M. E. E. M. C., DUARTE, M. E. M., SOUZA, J. A., COSTA E SILVA, Y. (2003) Desidratação osmótica de banana da terra (*Musa sapientum*): aplicação de modelos matemáticos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, n.1, p. 65-70.

SILVA, K. S., CAETANO, L. C., GARCIA, C. C., ROMERO, J. T., SANTOS, A. B., MAURO, M. A. (2011) Osmotic dehydration process for low temperature blanched pumpkin. *Journal of Food Engineering*, v.105, p. 56-64

SILVEIRA, M. S. *Efeitos da desidratação osmótica e desidratação osmótica assistida por ultrassom na secagem convectiva de cenoura (Daucus carota L.)*. Tese – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOUZA, T. S. *Desidratação Osmótica de Frutículos de Jaca (Artocarpus Integrifolia L.): Aplicação de Modelos Matemáticos*. 2007. p.65. Dissertação – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, 2007.

TACO - Tabela brasileira de composição de alimentos (2011). 4.ed. - Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 104p.

TELIS, V. R. N., MURARI, R. C. B. D. L., YAMASHITA, F. (2003) *Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions*. *Journal of Food Engineering*, v.61, n.2, p. 253-259.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. *Osmotic Pre-Treatments in Fruit Processing: Chemical, Physical and Structural Effects*. *Journal of Food Engineering*, v. 49, p. 247-253, 2001