



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Otilia Maria de Almeida Ribeiro Gonçalves

**Estudo comparativo de processos de
desidratação por liofilização e secagem
convencional**

Relatório de Estágio

Orientado por:

Doutor Valentim Nunes, IPT
Engº Marco Alves, Inov´Linea

Relatório de Estágio
apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Tecnologia Química

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família em especial ao meu marido e filhos que sempre acreditaram que o impossível se torna possível, que me encorajaram e deram força para concretizar o meu sonho. Também dedico este trabalho a todas as pessoas que lutam como eu para que nunca baixem os braços, mesmo quando a vida é difícil.

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é o estudo comparativo de processos de desidratação por liofilização e secagem convencional. O estudo foi desenvolvido durante o estágio no INOV'LINEA, centro de transferência de tecnologia alimentar pertencente à Tagusvalley-Tecnopolo do Vale do Tejo, localizado em Abrantes. O estágio está inserido no plano curricular do curso de Mestrado em Tecnologia Química, tendo por tema “ Estudo comparativo de processos de desidratação por liofilização e secagem convencional”.

Numa primeira abordagem ao tema, procedeu-se a pesquisas bibliográficas para a escolha das matérias-primas: a nêspera, a melancia e a framboesa.

A liofilização começou com a preparação da fruta, seleção, higienização e a seguir uso de pré-tratamentos: branqueamentos químicos com NaOH, CaCl₂ e ácido ascórbico para as amostras de framboesas e nêspersas. No caso da melancia o pré-tratamento usado foi a desidratação prévia por osmose. Fez-se uma caracterização prévia de todas as matérias-primas da dureza, da humidade, do Aw, do °brix, da cor, e da reidratação. Ao longo do tempo foram-se registando os valores das pesagens dos frascos para determinar o ponto de estabilização da secagem.

No caso da secagem convencional testou-se um desidratador, um forno de cozinha e uma estufa industrial. No primeiro caso não foi levado a termo o ensaio devido ao facto de se tratar de um protótipo que teve falhas técnicas, tendo-se prosseguido para os outros dois equipamentos. No caso da melancia, ela foi testada no forno mas ocorreu condensação excessiva derivado às características do equipamento, daí se ter optado por fazer os ensaios na estufa.

Concluiu-se que a secagem convencional é mais rápida inicialmente mas sendo a liofilização a que atinge melhores níveis de desidratação. O conhecimento das propriedades físico-químico da matéria-prima contribui para a modelagem matemática das cinéticas de secagem.

Com este estudo, foi possível fazer a comparação das diferentes técnicas de secagem em várias matérias-primas, bem como analisar os respetivos comportamentos cinéticos.

Palavras-chave: Desidratação, Liofilização, secagem convencional, Framboesa, Melancia, Nêspera.

ABSTRACT

The main goal of this work is the comparative study of dehydration processes by lyophilization and conventional drying. The study was developed for the internship at INOV'LINEA, transfer center for food technology owned by Tagusvalley-Tecnopolo TagusValley, located in Abrantes. The internship was inserted into the plan curriculum of the Master in Chemical Technology, on the theme "Study comparison of drying methods". In a first approach to the subject, a bibliographic research was made that led to the choice of raw materials: the loquat, the watermelon and raspberry.

Lyophilization began with the preparation of fruit, screening, cleaning and then using pre-treatments: the chemical bleaching with NaOH, CaCl₂ and ascorbic acid for samples of raspberries and loquat. In the case of watermelon pre-treatment was used prior to dehydration by osmosis. There was a preliminary characterization of all raw material hardness, humidity, Aw, Brix, Color, and rehydration. The values of the weights of bottles were recorded over time to determine the drying stabilization point.

In the case of conventional drying, a dehydrator, a baking oven and an industrial oven were tested. The dehydrator was a prototype which suffered from several malfunctions, so tests couldn't be completed on the unit. The tests were completed on the other two equipments. In the case of watermelon, it was tested in the oven but there was excessive condensation derived from the characteristics of the equipment. Consequently the choice was to make the tests in the industrial oven.

It was concluded that conventional drying is faster initially but lyophilization achieves better dehydrating levels. Knowledge of the physical and chemical properties of the raw material contributes to the mathematical modeling of the drying kinetics.

With this study, it was possible to compare the different drying techniques on various raw materials and analyze the respective kinetic behavior.

Keywords: dehydration, lyophilization, conventional drying, Raspberry, Watermelon, Loquat.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado uma realidade.

Ao Doutor Valentim Nunes pela orientação, por estar disponível sempre que precisei e pela sua amizade. À Doutora Dina Mateus que me incentivou e tornou possível este estágio, bem como a todos os docentes do Instituto Politécnico de Tomar, pela transmissão de conhecimento ao longo do percurso académico.

Ao INOV`LINEA, que permitiu a concretização deste estágio. Ao orientador Engenheiro Marco Alves pela notável orientação, simpatia, boa disposição e por todo o conhecimento exímio que transmitiu ao longo de todo o estágio. A Engenheira Joana Grácio pelo profissionalismo, simpatia e oportunidade. Um muito obrigado a todos os que me ajudaram a obter esta experiência laboratorial preenchida de conhecimentos.

Um obrigada em especial ao meu marido, filhos e família pela paciência que tiveram durante todos estes meses e sempre me motivaram para não desistir, porque as palavras foram sempre “ Tu vais conseguir!” e aos meus pais que sempre me ajudaram na vida para chegar aonde cheguei.

Índice

| | |
|---|-----|
| Índice de figuras | XV |
| Índice de tabelas | XIX |
| Lista de abreviaturas | XXI |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Enquadramento do tema | 1 |
| 1.2. O INOV'LINEA | 3 |
| 1.3. Histórico da desidratação | 5 |
| 1.4. Fundamentos teóricos | 7 |
| 1.4.1. Métodos de secagem..... | 7 |
| 1.4.2. Pré-processamentos..... | 8 |
| 1.4.3. A liofilização | 13 |
| 1.4.4. Cinéticas de secagem..... | 20 |
| 1.4.5. Matérias-primas | 22 |
| 2. Materiais e métodos | 33 |
| 2.1 Equipamentos de secagem | 33 |
| 2.2. Ensaios | 38 |
| 2.2.1 Framboesa - Fluxogramas e pré-tratamentos | 38 |
| 2.2.2. Nêspera - Fluxogramas e pré-tratamentos | 43 |
| 2.2.3 Melancia - Fluxogramas e pré-tratamentos..... | 44 |
| 2.2.4. Métodos analíticos..... | 48 |
| 2.3. Ferramentas para análise de resultados..... | 57 |
| 3. Resultados e discussão | 63 |
| 3.1. Framboesa..... | 63 |
| 3.1.1. Dureza..... | 64 |
| 3.1.2. Aw | 65 |
| 3.1.3. Humidade | 65 |
| 3.1.4. Reidratação | 65 |
| 3.1.5. °Brix..... | 65 |
| 3.1.6. Cor | 66 |
| 3.2. Nêspera | 68 |
| 3.2.1. Dureza..... | 69 |
| 3.2.2. Aw | 69 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.2.3. | Humidade | 69 |
| 3.2.4. | Reidratação..... | 69 |
| 3.2.5. | °Brix | 69 |
| 3.2.6. | Cor..... | 70 |
| 3.3. | Melancia | 71 |
| 3.3.1. | Dureza | 71 |
| 3.3.2. | Aw | 71 |
| 3.3.3. | Humidade | 72 |
| 3.3.4. | Reidratação..... | 72 |
| 3.3.5. | °Brix | 72 |
| 3.3.6. | Cor..... | 73 |
| 4. | Conclusão..... | 77 |
| 5. | Referências bibliográficas..... | 79 |
| 6. | Referências webgráficas | 83 |
| | ANEXO 1-Listagem das espécies de melancia cultivadas em Portugal | 85 |
| | ANEXO 2 – Tabelas dos resultados dos parâmetros relativo à desidratação da framboesa..... | 87 |
| | ANEXO 3- Resultados da estatística da framboesa relativa à desidratação | 89 |
| | ANEXO 4- Tabelas dos resultados dos parâmetros relativo à desidratação da melancia... .. | 99 |
| | ANEXO 5- Resultados da estatística da melancia relativo à desidratação | 101 |
| | ANEXO 6- Tabelas dos resultados dos parâmetros relativo à desidratação da nêspera | 107 |
| | ANEXO 7- Resultados da estatística da nêspera relativo à desidratação | 109 |
| | ANEXO 8- Cinéticas..... | 113 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: INOV´LINEA | 3 |
| Figura 2.1: Nave Industrial..... | 4 |
| Figura 2.2: Laboratório..... | 4 |
| Figura 2.3: Cozinha Industrial..... | 4 |
| Figura 2.4: Sala de provas | 4 |
| Figura 3: Aparelho d´ Arseno d´ Arsoval para o processo de liofilização..... | 6 |
| Figura 4: Arseno d´ Arsonval | 6 |
| Figura 5: Liofilizador de Stockes (USA)..... | 6 |
| Figura 6: Liofilizador industrial | 7 |
| Figura 7: Diagrama de fases da água..... | 14 |
| Figura 8: O ciclo da liofilização | 16 |
| Figura 9: Dados sobre a concentração de água absorvida na liofilização primária..... | 17 |
| Figura 10: Dados sobre a concentração de água absorvida na liofilização secundária | 17 |
| Figura 11: Framboesas amarelas | 23 |
| Figura 12: Framboesas vermelhas | 23 |
| Figura 13: Framboesa de frutificação no Verão | 24 |
| Figura 14: Morfologia da framboesa | 24 |
| Figura 15: Melancia..... | 26 |
| Figura 16: Melancia Dendesuke Melancia de luxo | 26 |
| Figura 17: Variedades de melancias do Japão e características | 27 |
| Figura 18: Cacho de nêspas..... | 29 |
| Figura 19: Da esquerda para a direita, as variedades de nêspas: Centenária, Mizauto, Mizumo e Néctar de cristal..... | 29 |
| Figura 20: Esquema da morfologia da nêspas | 30 |
| Figura 21: Liofilizador usado no estudo das secagens | 33 |
| Figura 22: Esquema de um liofilizador | 33 |
| Figura 23.1: Serpentina de arrefecimento | 34 |
| Figura 23.2: Gelo formado na serpentina | 34 |
| Figura 23.3: Parte de trás do liofilizador onde se vê a bomba de vácuo | 34 |
| Figura 23.4: Câmara de vácuo com o respetivo material congelado nos copos ligados pela válvula de vácuo | 34 |
| Figura 24: Forno de cozinha industrial..... | 35 |
| Figura 25: Câmara da estufa industrial à esquerda e painel de controlo à direita | 36 |
| Figura 26.1: Secador- protótipo..... | 37 |
| Figura 26.2: Tabuleiros do secador com o material a secar | 37 |
| Figura 27: Fluxograma da liofilização da framboesa | 38 |
| Figura 28: Preparação do pré-tratamento de NaOH. A – pesagem do NaOH. B – NaOH. C – Colocação de água a ferver sobre NaOH. D – Imersão da matéria-prima no pré- tratamento. E – Absorção do excesso de solução. F – Imersão da matéria-prima na solução criogénica. | 39 |
| Figura 29: Abatedor..... | 40 |
| Figura 30.1: Liofilização | 41 |
| Figura 30.2: Pesagem do copo durante a liofilização | 41 |

| | |
|---|-----|
| Figura 31: Fluxograma da secagem convencional da framboesa..... | 41 |
| Figura 32.1: Secagem convencional da framboesa no forno | 42 |
| Figura 32.2: Painel de controlo das condições de processo da secagem no forno..... | 42 |
| Figura 33: Fluxograma da liofilização da nêspera com os pré-tratamentos usados nos ensaios | 43 |
| Figura 34: Fluxograma da liofilização da melancia com referência ao pré-tratamento osmótico | 44 |
| Figura 35: Sequência da preparação da melancia para pré-tratamento | 45 |
| Figura 36: Liofilização da melancia..... | 46 |
| Figura 37: Fluxograma da secagem convencional da melancia com referência ao pré-tratamento osmótico | 47 |
| Figura 38: Colorímetro..... | 48 |
| Figura 39: Esquema dos parâmetros de leitura do colorímetro..... | 49 |
| Figura 40.1: Texturómetro | 50 |
| Figura 40.2: Sonda de compressão no ensaio da polpa de melancia..... | 50 |
| Figura 40.3: Sonda de flexão no ensaio da casca de melancia..... | 50 |
| Figura 41: Exemplo de gráfico que descreve a textura | 51 |
| Figura 42: Refratómetro | 52 |
| Figura 43: Medidor de aw | 53 |
| Figura 44: Cadinhos com as amostras na estufa a 105 °C..... | 54 |
| Figura 45: Balança METLER TOLEDO | 55 |
| Figura 46.1: Preparação do material para reidratação | 56 |
| Figura 46.2: Reidratação | 56 |
| Figura 47: Cinéticas da liofilização da framboesa | 66 |
| Figura 48: Cinéticas da secagem convencional da framboesa | 67 |
| Figura 49: Comparação das curvas de secagem para a framboesa | 68 |
| Figura 50: Cinéticas da liofilização da nêspera..... | 70 |
| Figura 51: Cinéticas da liofilização da melancia | 73 |
| Figura 52: Cinéticas da secagem convencional da melancia | 73 |
| Figura 53: Comparação das secagens por liofilização e secagem convencional para a melancia | 74 |
| Figura 54: Comparação das cinéticas da liofilização dos três frutos nêspera, framboesa e melancia | 75 |
| Figura 55: Cinética da liofilização da framboesa sem tratamento | 113 |
| Figura 56: Cinética da liofilização da framboesa com tratamento NaOH | 113 |
| Figura 57: Cinética da liofilização da framboesa com tratamento CaCl ₂ | 114 |
| Figura 58: Cinética da liofilização da framboesa com tratamento de ácido ascórbico | 114 |
| Figura 59: Cinética da liofilização da polpa de melancia sem tratamento..... | 115 |
| Figura 60: Cinética da liofilização da polpa de melancia com tratamento osmótico..... | 115 |
| Figura 61: Cinética da liofilização da nêspera sem tratamento..... | 116 |
| Figura 62: Cinética da liofilização da nêspera com tratamento NaOH..... | 116 |
| Figura 63: Cinética da liofilização da polpa da nêspera com tratamento CaCl ₂ | 117 |
| Figura 64: Cinética da liofilização da nêspera com tratamento de ácido ascórbico..... | 117 |
| Figura 65: Cinética da secagem convencional da framboesa com tratamento de NaOH .. | 118 |
| Figura 66: Cinética da secagem convencional da framboesa com tratamento de CaCl ₂ .. | 118 |

| | |
|---|-----|
| Figura 67: Cinética da secagem convencional da framboesa com tratamento de ácido ascórbico | 119 |
| Figura 68: Cinética da secagem convencional da framboesa sem tratamento | 119 |
| Figura 69: Cinética da secagem convencional da polpa de melancia sem tratamento | 120 |
| Figura 70: Cinética da secagem convencional da polpa de melancia com tratamento osmótico | 120 |

Índice de tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 1: Composição nutricional da framboesa | 25 |
| Tabela 2: Composição nutricional da melancia..... | 28 |
| Tabela 3: Composição nutricional da nêspera..... | 31 |
| Tabela 4: Exemplo do teste de Tukey para a framboesa | 59 |
| Tabela 5: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da framboesa. Amostras com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes | 63 |
| Tabela 6: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da nêspera. Amostras com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes | 68 |
| Tabela 7: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização e secagem convencional da melancia. Amostras com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes. | 71 |
| Tabela 8: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da framboesa..... | 87 |
| Tabela 9: Tabela de resultados dos parâmetros para a secagem convencional da framboesa | 88 |
| Tabela 10: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da dureza, para a framboesa relativo à desidratação..... | 89 |
| Tabela 11: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da humidade, para a framboesa relativo à desidratação..... | 91 |
| Tabela 12: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro aw, para a framboesa relativo à desidratação..... | 94 |
| Tabela 13: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro brix, para a framboesa relativo à desidratação..... | 96 |
| Tabela 14: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da melancia..... | 99 |
| Tabela 15: Tabela de resultados dos parâmetros para a secagem convencional da melancia | 99 |
| Tabela 16: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da dureza, para a melancia relativo à desidratação | 101 |
| Tabela 17: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da humidade, para a melancia relativo à desidratação | 102 |
| Tabela 18: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro aw, para a melancia relativo à desidratação | 103 |
| Tabela 19: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro de brix, para a melancia relativo à desidratação | 105 |
| Tabela 20: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da nêspera | 107 |
| Tabela 21: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da dureza, para a nêspera relativo à desidratação | 109 |
| Tabela 22: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da humidade, para a nêspera relativo à desidratação | 110 |
| Tabela 23: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro aw, para a nêspera relativo à desidratação | 111 |
| Tabela 24: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro brix, para a nêspera relativo à desidratação | 112 |

Lista de abreviaturas

I&D – Inovação & desenvolvimento;

HPP – Hiperpressão;

UV – Ultravioletas;

PMEs – Pequenas e Médias Empresas;

NaOH – Hidróxido de Sódio;

CaCl₂ – Cloreto de Cálcio;

SO₂ – Dióxido de Enxofre;

NaCl – Cloreto de Sódio;

SST – Sólidos Solúveis Totais.

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

O processo de secagem como conservação dos alimentos permite aumentar a disponibilidade do produto no mercado, bem como a introdução de novos produtos. O estágio teve por objetivo a comparação de várias técnicas de secagem e o seu impacto no produto para a obtenção da melhor conservação deste. Durante os processos de secagem das matérias-primas, realizaram-se muitas experiências nomeadamente de pré-tratamentos para aumentar a eficiência da secagem. Foi feito um estudo prévio para a seleção das matérias-primas, que culminou na escolha da framboesa, da nêspera e da melancia.

Numa primeira abordagem, foi feito um estudo com a recolha de informação, tanto para a escolha da matéria-prima bem como para os pré-tratamentos adequados ao processo de secagem. Os processos de secagem utilizados foram a liofilização e secagem convencional em dois equipamentos diferentes, um forno de cozinha industrial e uma estufa industrial. No laboratório climatizado e higienizado, foi realizada toda a preparação da matéria-prima, os pré-tratamentos e todos os ensaios necessários para a caracterização das amostras.

Por fim, o estudo estatístico permitiu comparar os parâmetros de caracterização do produto e as cinéticas das secagens, que mostram como a secagem evolui com o tempo.

O desenvolvimento deste estudo permite ter uma visão mais clara sobre os processos de secagem e da importância que elas têm a nível dos produtos.

1.2. O INOV`LINEA

O INOV`LINEA- centro de transferência de tecnologia alimentar é uma infra-estrutura pertencente à Tagusvalley- Tecnopolo do Vale do Tejo, situa-se em Abrantes e possui uma área total de 735 m² com 485 m² dedicada a ensaios e experimentação (Figura 1).



Figura 1: INOV`LINEA

A concretização dos objetivos é feita através de apoio técnico qualificado, acesso a técnicas e tecnologias inovadoras, com maior eficiência e diminuição de custos através de:

- Novas tecnologias e desenvolvimento de produtos;
- Técnicas de processamento e conservação de alimentos;
- Aumento da competitividade das empresas do setor.

As linhas de atuação são a nível regional e industrial, no setor das carnes, hortofrutícolas e olivícolas. Estes estudos permitem a valorização de produtos regionais/tradicionais inseridos na dieta mediterrânea. O INOV`LINEA possibilita a realização de ensaios em várias tecnologias sem que a empresa tenha de adquirir equipamentos ou fazer paragens nas suas linhas produtivas.

Na capacidade instalada, reproduz à escala real todo o processo industrial para maior eficácia em scale-up num espaço industrial licenciado. Possui trinta equipamentos de processamento e conservação de alimentos.

Os serviços disponíveis são:

- Nave industrial (Figura 2.1):
 - Conservação de alimentos:
HPP, Ohmico, ultrassons, UV, outros;
 - Linhas de processamento, conjunto de equipamentos dedicados para a transferência de produtos cárneos, hortofrutícolas, lagar de duas fases;
 - Equipamentos de experimentação.

- Laboratório de apoio ao processo: análises físico-químicas, sensoriais, reológicas e texturais (Figura 2.2);
- Cozinha (Figura 2.3);
- Sala de provas com 5cabines (Figura 2.4);
- Sala de formação.



Figura 2.1: Nave Industrial



Figura 2.2: Laboratório



Figura 2.3: Cozinha Industrial



Figura 2.4: Sala de provas

O INOV'LINEA promove o desenvolvimento do setor agroalimentar num conceito de incubadora produtiva trabalhando a vertente da inovação face ao mercado, aplicando todo o conhecimento científico que resultam dos processos de I&D de maneira a obter um retorno financeiro. Desta forma as PME's podem colocar no mercado o resultado dos seus ensaios. (INOV'LINEA, 2015)

1.3. Histórico da desidratação

A desidratação é o método mais antigo para preservar os alimentos. Os povos primitivos desidratavam ervas, raízes, fruta e carne através da exposição solar para sobreviverem a longos períodos de inverno, devido aos escassos ou inexistentes recursos alimentares. O facto de os alimentos serem desidratados, logo mais leves, era uma vantagem para quando eles tinham de percorrer grandes distâncias.

Os mais antigos escritos referem que os Fenícios bem como outros povos pescadores da zona do Mediterrâneo tinham por hábito desidratar as suas presas ao ar, enquanto na China secar folhas de chá ao sol era uma prática corrente.

Os investigadores de túmulos Egípcios descobriram grande variedade de alimentos desidratados. Foram feitas reidratações de sementes dessa época e elas germinaram, daí se pode dizer que a desidratação é um meio de preservação da comida a longo prazo.

No séc. XIII, os índios dos Andes foram os primeiros a usarem um processo de desidratação semelhante à liofilização. Eles produziam muitas variedades de batatas e para as conservarem mergulhavam-nas em água gelada e colocavam-nas em altitude elevada ao sol. Nessas altitudes a pressão parcial do vapor de água é fraca devido ao ar muito seco e frio por isso a evaporação dá-se a temperaturas mais baixas. Como as batatas deles estavam congeladas à superfície fala-se de liofilização de superfície.

No século XV e XVI, na época dos exploradores os navegadores levavam consigo alimentos desidratados para a prevenção de doenças nutricionais tais como o escorbuto e a doença beribéri. O único inconveniente é que era muita salgada. Na América, os aborígenes também secavam a sua comida ao sol por exemplo: fruta (maçã, pera e pêsego), legume (milho), carnes (veado, urso e bisonte). (JENNINGS, 1999) E foi em 1904, que físicos franceses inventam a crio dissecação “*cryo*” significa frio em grego, mas foi com Arsène d’Arsonval e F. Bordas (Figura 4) que surgiu o processo da liofilização em 1906 (Figura 3). (BOUDENOT,2006)

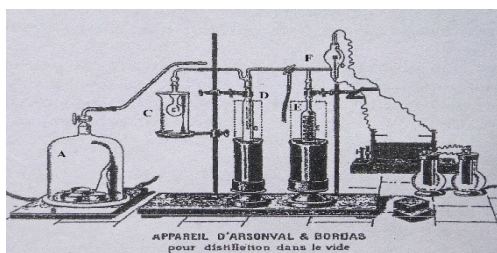


Figura 3: Aparelho d' Arsène d'Arsoval para o processo de liofilização.

Fonte: MEDICOGRAPHIA, 2014



Figura 4: Arsène d'Arsonval

Fonte: MEDICOGRAPHIA, 2014

Durante a primeira guerra mundial (1914-1918) a desidratação foi significativa nas rações de combate destinadas às tropas. Em 1943, o professor Alexander Fleming propõe o termo liofilização, significado: “*luen*”- solvente e “*philen*”- amigo, em grego. Os primeiros liofilizadores industriais foram construídos nos Estados Unidos por Stockes (Figura 5). Em França os liofilizadores são construídos a partir de 1951 por Usifroid e Bonnet-Sogev.

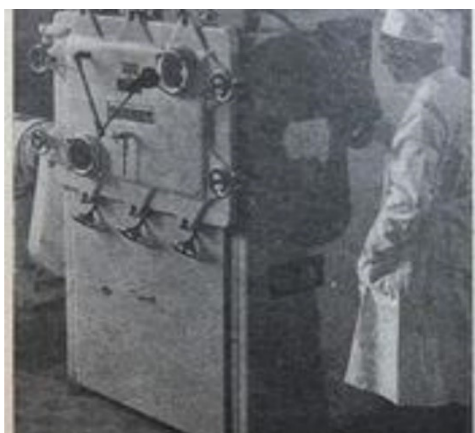


Figura 5: Liofilizador de Stockes (USA)

Fonte: FROGERAIS, 2015

Em 1975, em França foi construída a primeira máquina para desidratar frutas e legumes artificialmente por Planché.

Nos nossos dias os principais utilizadores da liofilização são a indústria farmacêutica, a indústria alimentar e indústria aeroespacial (Figura 6).



Figura 6: Liofilizador industrial

Fonte: SBVINDUSTRIAL,2015

1.4 Fundamentos teóricos

1.4.1. Métodos de secagem

Os métodos de secagem podem ser, naturais (ou dessecação) ou artificiais (ou desidratação).

A secagem natural é expor à radiação solar colocado em piso apropriado capaz de reter calor que leva a que o alimento perca água por evaporação. São também utilizados galpões com ventiladores e aspiradores. (ROMERO, 1997) As condições climáticas necessárias são de temperaturas altas, vento moderado e baixa humidade relativa. Este processo acaba por ser lento, precisa de grandes áreas e com perdas de produto devido à contaminação por insetos, micro-organismos e pelas enzimas na presença de água. (CORNEJO,2015)

Nos processos de secagem artificiais a desidratação dos alimentos é feita por aplicação direta de calor, por meio de vapor superaquecido ou sistemas de vácuo. As fontes de aquecimento do ar por sistemas indiretos podem ser o sol, a lenha, o gás, o óleo, o vapor e a energia elétrica. Sendo estes sistemas mistos usando o sol teremos uma economia energética. No caso dos equipamentos, eles controlam a temperatura, humidade relativa do ar e a velocidade do ar de secagem. Este tipo de processo garante produtos de qualidade num menor tempo de processamento. Este tipo de secagem exige capital e mão-de-obra especializada. (CORNEJO,2015)

As variáveis do processo de secagem de um alimento são:

- A pressão de vapor;
- A razão de mistura;
- A temperatura;
- A humidade Relativa do ar;
- O volume específico (volume húmido).

O conhecimento da quantidade de vapor água no ar é muito importante quando se pretende extrair a água de um alimento. Essa perda de água só é favorecida quando o ambiente apresenta um gradiente a seu vapor ou seja para um meio mais seco. As pressões são conhecidas a partir das medidas de temperatura. A razão de mistura é a proporção de vapor presente no ar seco. A humidade relativa é a razão entre a pressão parcial de vapor de água e a pressão de saturação na mesma temperatura. O volume específico (m^3/Kg de ar seco) do ar húmido é a razão entre o volume e a massa do ar seco. No caso dos ventiladores no processo de secagem, estes são afetados por esse mesmo volume específico de ar húmido. (ROMERO, 1997)

O processo de secagem é uma técnica de conservação de alimentos porque estes sofrem deterioração com o tempo. Durante o processo temos redução de peso devido à transferência de massa de água do interior para o exterior do alimento. Com a redução da água estamos a limitar o crescimento microbiano. Outra grande vantagem é o aumento do prazo de validade, reduzir os custos de transporte e armazenamento comparativamente aos produtos enlatados e congelados. O facto de não precisarem de refrigeração também contribui para a poupança energética. (ROMERO, 1997) Certos produtos desidratados quando reidratados conservam as suas características físicas e nutritivas podendo ser consumidos diretamente por exemplo a fruta, ou hidratados (exemplo: café, leite). (CORNEJO,2015)

1.4.2. Pré-processamentos

Quando se fala em secagem temos de recorrer a pré-processamentos antes da secagem para otimizar o processo obtendo um produto de qualidade.

Cada produto exige um determinado tempo de desidratação e para obter sucesso no processo e menor gastos energéticos, como é o caso do processo de liofilização e secagem de convecção clássica, é necessário falar em pré-processamento (s).

A qualidade do produto vai depender da cinética de secagem e a quantidade de transferência de energia e/ou massa ao logo do tempo. (VIEIRA et al, 2012)

Os pré-processamentos existentes são:

- ❖ Seleção;
- ❖ Cortes;
- ❖ Lavagem;
- ❖ Evaporação;
- ❖ Pré-secagem;
- ❖ Desidratação prévia;
- ❖ Pré-concentração;
- ❖ Congelação;
- ❖ Branqueamento químico;
- ❖ Branqueamento físico;
- ❖ Agentes humidificantes;
- ❖ Sonificação.

Antes de iniciar o processo, é importante conhecer as características das matérias-primas para saber qual o pré-processamento a usar.

As framboesas são frutos sensíveis ao frio e a temperatura ótima para o armazenamento dos frutos após a colheita é entre os 0 e 5 °C. As melhores condições para o armazenamento são temperatura de 0 °C, humidade relativa de 90 a 95% e em atmosfera controlada (5 a 10% O₂ + 15 a 20% CO₂) e armazenamento de 3 a 6 dias para a framboesa. (ALMEIDA, 2012)

As condições de refrigeração recomendadas para nêspersas são:

- ✓ Temperatura entre 0 e 5°C;
- ✓ Humidade relativa entre 90 e 95%;
- ✓ Período de armazenamento de até 60 dias.

Frutos tratados com aquecimento intermitente mantiveram baixos índices de escurecimento da polpa, especialmente após 60 dias de armazenamento. Os tratamentos com aquecimento rápido e armazenamento prévio a 5 e 10°C também resultaram em redução na incidência de escurecimento da polpa, o que promoveu maior proteção aos frutos do que o tratamento controle, principalmente até os 45 dias de armazenamento.

Durante o armazenamento ocorrer um aumento da concentração de antocianinas.

A **seleção** da matéria-prima vai interferir com todo o processo. As framboesas são na literatura classificadas como sendo frutos com elevada taxa respiratória, isto é, quanto maior a taxa respiratória de um fruto, menor é o seu tempo de vida útil e menor a sua aptidão à conservação. (ALMEIDA, 2012) Ela tem de ser de boa qualidade e com um estado de maturação que permita uma boa qualidade de produto final porque vai influenciar a etapa de congelamento e a cinética de secagem. (VIEIRA et al, 2012)

O processo de **lavagem** para a limpeza e desinfecção da matéria-prima pode afetar o produto fazendo com que ele absorva alguma água ou que danifique as suas características físicas, isto para os mais frágeis.

O **corte** é de grande importância em qualquer processo de desidratação. Para se dar a transferência de massa e de energia ao longo da seção, a geometria do corte é fundamental. Quando se diminui a espessura aumenta a transferência e o processo é mais eficiente. O corte é feito na transversal e é uniforme no diâmetro. (Por exemplo, para o abacaxi temos valores de espessura: 0,5cm, 1,0cm e 1,5cm). (VIEIRA et al, 2012) Após o corte deve-se passar para a operação unitária a seguir, porque o corte faz perder as qualidades do produto.

O **congelamento** vai influenciar a atividade da vit C. O processo de congelação no caso das framboesas tem de ser rápido ($T = - 80^{\circ}\text{C}$) para que não ocorra reações químicas e enzimáticas. Estes frutos têm elevado teor em água no seu meio intracelular e devido à pequena espessura das suas paredes, a congelação não pode ser lenta senão levaria à rutura celular associada ao gradiente osmótico, o que levaria a uma descoloração e libertação de exsudado no processo de descongelação.

O tamanho, localização dos cristais formados bem como a taxa de desidratação celular e as alterações na parede celular são determinados pela velocidade de congelação.

Na **evaporação** não é necessário levar à ebulição a matéria isto no caso da liofilização porque o seu sabor não será afetado. Uma das razões para usar a evaporação é reduzir a atividade da água e aumentar o teor em sólidos mas também fornecer um alimento que esteja pronto a consumir no final de todo o processo.

A água pode ser imobilizada se adicionarmos **agentes humidificantes** tais como o glicerol, o glicol, o sorbitol, o açúcar e o sal. (VIEIRA et al, 2012)

A **pré-secagem** pode ser feita por:

- Convecção forçada de ar quente, a temperatura reduzida, sob vácuo;
- Micro-ondas;
- Infravermelhos.

A **Desidratação prévia** por osmose inversa consiste em:

- ✓ Imersão do produto numa solução de concentração elevada de solutos (>50%);
- ✓ Tempo de tratamento osmótico de 4h num tanque;
- ✓ Temperatura regulável de 30 °C; Temperatura de secagem 40 °C
- ✓ Concentração da solução osmótica de 55- 60° Brix;
- ✓ As soluções osmóticas mais comuns são: a sacarose e frutose.

É um método adequado para a preparação de frutas tipo “passa”, pois conduz a perda de água e a um pequeno ganho de sólidos. (TEIXEIRA, 2014)

As maiores perdas de humidade no caso de bananas com um tratamento osmótico são para valores de 67 °Brix de xarope de açúcar, à temperatura ambiente (28 ± 1 °C), durante 60 minutos de tratamento osmótico. Em termos de proporção de fruta / xarope de 1: 1 com agitação preferencialmente.

Quando se tem líquidos pode ser feito uma **pré-concentração**.

Existem diversos tipos de branqueamentos químicos que permitem obter diversos efeitos sobre as matérias-primas

Branqueamento químico:

- **Banho de hidróxido de sódio:** por exemplo para ameixas e uvas é necessário um banho de hidróxido de sódio quase a ferver durante 5 ‡ 15 segundos (NaOH; 10-20

g. de soda por litro de água), enriquece a pele e acelera a secagem de ameixas e uvas. Para eliminar os resíduos de soda é com sumo de limão. Contudo esta preparação pode descolorar legumes e ter uma ação corrosiva nas panelas de metal; (IFE et al., 2003)

- **Imersão em solução de SO₂ ou fumigação:** para evitar o escurecimento enzimático e a oxidação de algumas vitaminas (A e C);

As soluções abaixo reduzem o escurecimento dos frutos bem como intensifica o sabor e reduz o pH.

- **Solução de ácido cítrico com ou sem ácido ascórbico:** serve para inativar a ação enzimática;
- **Ácido ascórbico;**
- **Ácido benzoato;**
- **Ácido sorbatos;**
- **Ácido metabissulfito;**
- **Ácido pirofosfato.**

Para além dos branqueamentos químicos existe os branqueamentos físicos que podem atuar sobre a matéria-prima.

Branqueamento físico:

- **Água a ferver:** fazer uma imersão de frutos ou legumes em água a 90-95°C. Na água fervente pode ser adicionado:
 - ✓ **Cloreto de sódio NaCl (0,5%):** Faz a redução de água;
 - ✓ **Cloreto de cálcio CaCl₂ (0,5%):** Melhora a rigidez da textura e aumenta a viscosidade;
 - ✓ **Cálcio:** diminui os valores dos ganhos em açúcar e simultaneamente aumenta as perdas de água. (TEIXEIRA, 2014)
- **Vapor:** o vapor pode amolecer o nosso produto e elimina enzimas. No caso dos legumes, eles são branqueado a vapor antes de serem secos para que a cor, cheiro e vitaminas não mude. No caso dos frutos que não percam a cor não é necessário usar este método (Ex: cebolas e alho francês não suportam branqueamento).

- **A sonicação:** É a criação de uma vibração mecânica. Essa vibração, de origem molecular, é cuidadosamente preservada e amplificada pelo sonicador, até que seja passada pela sonda. O movimento rápido da sonda cria um efeito chamado de cavitação enviando minúsculas ondas de choque na substância ao redor.

Foi estudado o uso da Sonicação no efeito da secagem e verificou-se que o valor energético final é menor em 12% do que na fruta natural quando os açúcares são substituídos por uma solução de Esteva 10%. Verificou-se que a sonificação é uma alternativa para obter maçã desidratada, com tempo de secagem reduzido, baixo valor energético, baixa alteração de cor e menor atividade enzimática de polifenoloxidase e peroxidase. (ALMEIDA, 2012)

A temperatura de 40°C justifica-se o uso de branqueamento no caso de usarmos uma secagem de 70°C o branqueamento já não vai influenciar. No caso de cortes transversais e tirando a casca da fruta a secagem é mais rápida. (BORGES, 2011)

1.4.3. A liofilização

A **liofilização** é um método de secagem que se baseia na remoção do solvente (água) do produto congelado por sublimação a alto vácuo.

A **sublimação** é a passagem do estado sólido para o estado gasoso sem passar pelo estado líquido. Este processo é facilitado porque a pressão usada é extremamente baixa logo, altera o ponto de vaporização da água. Trabalha-se sempre abaixo do ponto triplo para evitar a fusão do gelo.

Na figura 7, pode ser observado o diagrama de fases da água que permite avaliar o estado físico da água em função da pressão e temperatura.

As alterações nestes parâmetros provocam mudanças de estados físicos.

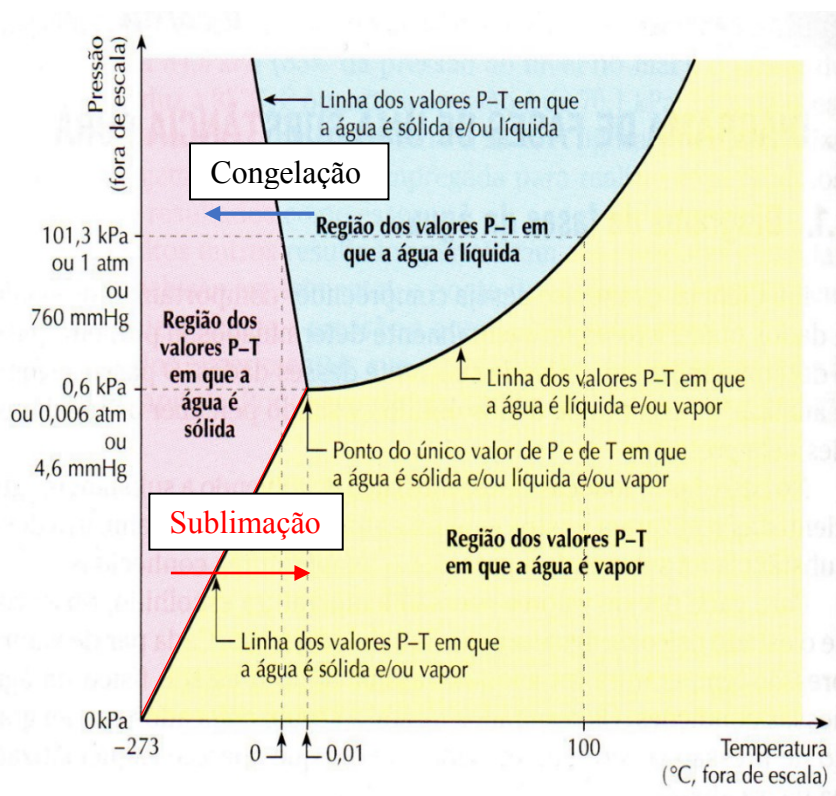


Figura 7: Diagrama de fases da água

Fonte: (MIRANDA, 2013)

O processo de liofilização divide-se em três etapas:

- I. A congelação;
- II. A sublimação;
- III. A dessorção.

I. A congelação

A congelação ou ultracongelação total é verificado abaixo do ponto triplo de cada solução evitando assim a formação de espumas aquando da aplicação do vácuo.

As amostras são primeiro congeladas rapidamente a temperaturas baixas entre os -50 °C e -80 °C para que os cristais de gelo sejam de pequenas dimensões, para não provocar ruturas celulares. As dimensões dos cristais estão diretamente relacionadas com a velocidade de congelamento. Se a velocidade for lenta, os cristais são maiores e irregulares. Se a velocidade

for maior, há um maior crescimento de núcleos de cristais e teremos uma rede cristalina mais uniforme e conseqüentemente dificultando o fluxo de vapor para fora da matriz. Há a salientar que durante a congelação pode-se verificar o agrupamento de moléculas em estado amorfo atrasando a cristalização, isto é, a vitrificação (estrutura sólida desorganizada).

As amostras de origem biológica possuem proteínas e enzimas nas suas células com elevado peso molecular, quando congeladas, dá-se a rutura do equilíbrio coloidal no interior das células. A temperatura baixas a estrutura das enzimas fica afetada aumentando a inibição enzimática diminuindo a afinidade substrato-enzima. (TOLEDO, 1991)

Em geral, o crescimento de microrganismos patogénicos está situado em faixas de temperatura que vão de -1°C a 55°C logo quando há congelamento dá-se um choque térmico que origina lesões nos microrganismos. (PELAEZ, 1983)

A redução dos processos fisiológicos tais como a respiração, a transpiração e o amadurecimento da fruta, aumenta a conservação isto significa, que o período de armazenamento do produto é maior.

II. A sublimação

A sublimação é considerada a secagem Primária que elimina 90% de água. Assim a água passa do estado sólido para o gasoso quando aplicado o vácuo.

Durante a sublimação, a água congelada contida dentro dos alimentos vai ser conduzida até à superfície, através da transferência de massa e vai depender da geometria do alimento, isto é, o gelo quando sublima vai formar poros no interior do alimento que está a sofrer desidratação.

O processo decorre na câmara onde a temperatura sobe, isto é, a energia fornecida pelo calor latente aumenta e a pressão atmosférica diminui mantendo a temperatura acima da temperatura crítica, resultando no produto sublimado.

A otimização do processo de secagem reside na minimização da etapa da secagem primária, aumentando a velocidade da remoção da água sublimada na interface e prevenindo a formação de cristais de gelo no interior do alimento que poderiam romper as estruturas moleculares. (MEDEIROS, 2014)

III. A dessorção

A dessorção é a secagem secundária eliminando os 10% de água que resulta num produto com cerca de 2 % de humidade. Nesta fase é retirada a água ligante ou seja a água que está mais fortemente ligada ao alimento.

A dessorção é fornecer ao produto sublimado um aumento de temperatura e baixar a pressão atmosférica (inferior àquela fornecida na desidratação primária) para remover a humidade sublimada e resultar no produto liofilizado final, esta etapa requer mais energia do que a secagem primária.

No equipamento, o condensador encontra-se no final entre $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o seu degelar ocorre com vapor em subpressão.

O ciclo da liofilização (Figura 8):

A liofilização possui um ciclo em que inicialmente o produto é congelado a pressão atmosférica.

Na primeira fase da liofilização, a água é removida por sublimação até um conteúdo de água até 15% (base húmida) (Figura 9). Na segunda fase da liofilização, também denominada por liofilização secundária, ocorre a desidratação evaporativa (dessorção) da água não congelada, e o conteúdo de água se reduz a 2% (base húmida) (Figura 10). A dessorção consegue-se mantendo o liofilizador a baixa pressão e elevando a temperatura até um valor próximo da temperatura ambiente. Este processo é levado a alto vácuo assim o gelo sublima muito mais rapidamente. (FELLOWS, 2006)

Typical Freeze Drying Cycle

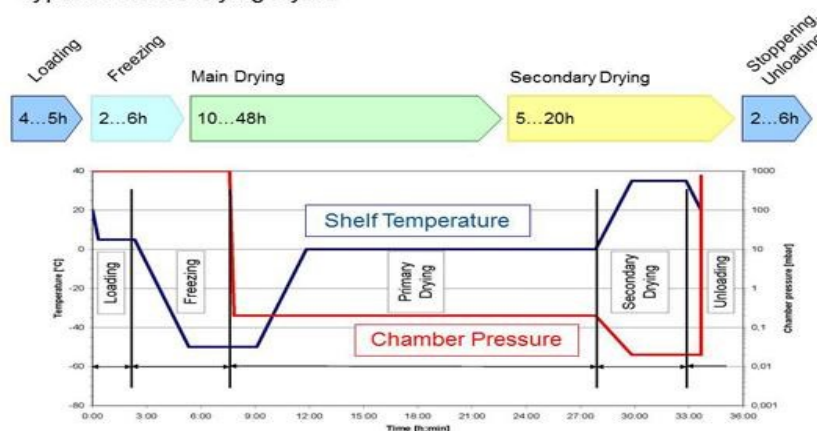


Figura 8: O ciclo da liofilização

Fonte: (EMPOWER PHARMACY, 2015)

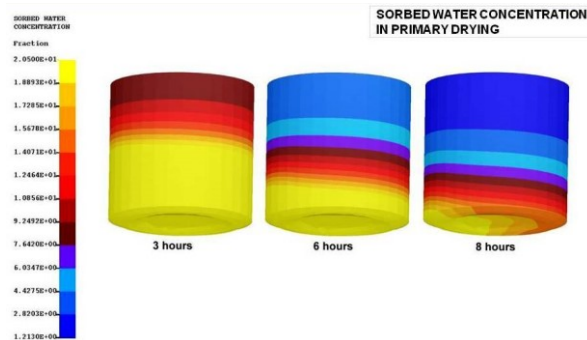


Figura 9: Dados sobre a concentração de água absorvida na liofilização primária

Fonte: (TECHNALYSIS, 2015)

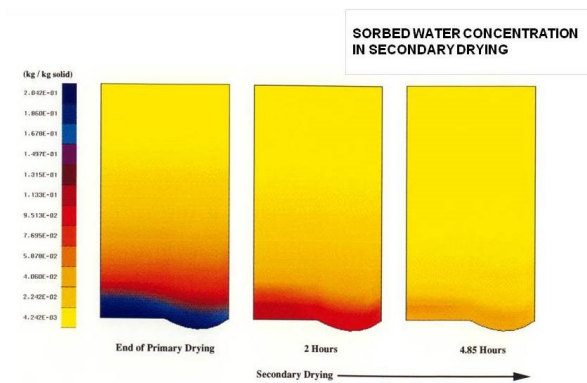


Figura 10: Dados sobre a concentração de água absorvida na liofilização secundária

Fonte: (TECHNALYSIS, 2015)

A liofilização ocorre quando a temperatura e a pressão parcial do vapor de água for inferior às do ponto triplo (0.01 °C e 0.6 kPa).

Os gradientes de temperatura e pressão existentes na liofilização são devidos á transferência de massa e calor no sistema. Quando se dá a sublimação, o vapor de água desloca-se até á superfície e tem-se uma transferência de massa que está dependente da própria estrutura (geometria) do produto. Como a pressão de vapor é função da temperatura verifica-se uma transferência de calor.

O sucesso da liofilização passa por dominar:

- **Os parâmetros do processo:**
 - A temperatura;

- A pressão;
- A duração do processo;
- Os fenômenos de transferência;

➤ **As características do produto:**

- Qualidade nutricional;
- Qualidade organolética.

A liofilização conduz a perda de plasmídeos dos microrganismos como também alterações celulares e genéticas dos mesmos. A qualidade e estabilidade do produto final é determinado pelas condições de operação.

Este tipo de método permite assim obter produtos alimentares com uma excelente qualidade nutricional e organolética, bem como, manter a sua estrutura química.

Um aspeto de grande importância é a energia consumida devido à refrigeração dos condensadores. E, portanto o rendimento de um liofilizador é determinado pela eficácia do condensador. (FELLOWS, 1994)

O liofilizador tem vantagens e desvantagens:

Vantagens

- Um maior tempo de conservação;
- Melhor qualidade;
- Produtos de valor acrescentado;
- Fácil reidratar;
- Conserva a cor, o aroma e sabores em relação aos outros métodos de secagem tais como a desidratação e a congelação;
- Menor volume e peso logo menor custo de transporte e armazenamento;
- Pode ser aplicado a produtos termolábeis (que tem facilidade em decomporem-se);
- Reduz a ação oxidativa e de hidrólise;
- A estrutura é mantida devido ao congelamento durante todo o processo sendo assim obtém-se um material poroso;

- Os nutrientes não são perdidos porque há uma redução de voláteis;
- Redução da ação enzimática;
- Redução da desnaturação proteica.

Desvantagens

- Equipamento muito caro;
- Custo energético elevado;
- Os produtos tem de ser bem embalados para não acontecer a reidratação;
- Bomba de vácuo potente leva a grande custo de manutenção;
- Dificuldades para ter a temperatura de liofilização do produto e do condensador (< - 50°C);
- Processo lento que pode demorar até 48h, aumentando os custos do processo.

Hoje em dia, a liofilização é praticada em diversas áreas resultando em diversos produtos:

Produtos liofilizados

- ❖ - Alimentos;
- ❖ - Animais pequenos para museus;
- ❖ - Leveduras, Fungos;
- ❖ - Meios de cultivo;
- ❖ - Fármacos, Hormonas, Anticorpos, Vacinas, Vitaminas;
- ❖ - Enzimas;
- ❖ - Tecido ósseo e tecido dérmico para transplante;
- ❖ - Sangue;
- ❖ - Flores.

Fazendo parte da 3ª. Geração de secadores tem a principal vantagem na redução dos compostos voláteis (os nutrientes não são assim perdidos) e das características organolépticas dos produtos, que muitas vezes são prejudicados pela ação das altas temperaturas usadas em secadores tradicionais. Sendo assim a liofilização oferece produtos de alta qualidade, podendo-se trabalhar também com produtos termolábeis.

1.4.4. Cinéticas de secagem

A secagem como meio de conservação dos alimentos baseia-se no fato de os microrganismos como as suas enzimas e todo o seu metabolismo depender da água. Com a secagem há uma redução de água disponível que vai afetar a velocidade das reações químicas, a atividade da água e o desenvolvimento dos microrganismos. (Christensen et al., 1974)

Existem vários métodos de análise para a secagem, modelos teóricos, semi-empíricos e empíricos. (Brooker et al., 1992)

Os modelos teóricos consideram as condições externas de como o processo decorre, os mecanismos internos da transferência de energia e massa bem como os seus efeitos.

Quando se trata de um hortofrutícola, este possui capilares porosos, logo o mecanismo de transporte de humidade é:

- Difusão líquida;
- Difusão capilar;
- Difusão na superfície;
- Difusão hidrodinâmico;
- Difusão de vapor;
- Difusão térmica.

Para a aplicação da teoria da difusão temos que considerar desprezível:

- A redução do volume;
- O efeito de capilaridade;
- Equilíbrio térmico instantâneo com o ar;
- Os efeitos da transferência de energia e massa de um corpo para outro.

A taxa decrescente de secagem descreve como mecanismo principal, a difusão baseada na segunda lei de Fick. A lei de Fick diz que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água. (Park et al., 2002)

O método empírico baseia-se em:

- Dados experimentais;
- Na análise adimensional.

Este modelo segue uma relação entre o conteúdo médio de humidade e o tempo de secagem.

Ele omite:

- Os fundamentos do processo de secagem;
- Parâmetros não têm significado físico.

As curvas de secagem do processo são para determinadas condições experimentais.

Os modelos semi-teóricos são mais simples teoricamente e na prática. Os modelos baseiam-se na lei de Newton para o arrefecimento que se aplica à transferência de massa. As condições de aplicação destes modelos assentam:

- Em isotérmicas;
- A resistência à transferência de humidade seja só aplicada à superfície do produto.
(Brooker et al., 1992)

Os modelos semi-teóricos para o modelo de dois termos são o de Henderson, Pabis, o de Lewis, o de Page e o de Page Modificado. (Panchariya et al., 2002) A equação do modelo de Page é uma modificação da equação de Lewis.

A modelação matemática das curvas de secagem são feitas através do cálculo da razão de humidade (MR) dado pela equação (1) (GORI et al., 2010)

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Em que:

- MR - Razão de humidade, adimensional;
- M_t - Teor de humidade do produto, base seca;
- M_0 - Teor de humidade inicial do produto, base seca;
- M_e - teor de humidade de equilíbrio do produto, base seca.

Neste estudo de secagem de frutos, não se utilizou o modelo da lei de Fick (modelo difusional) mas sim o modelo de Page por ser menos complexo. O modelo descreve melhor as mudanças da razão de humidade durante o processo de secagem. (CORRÊIA et al., 2003)

Assim tem-se a equação (2) de secagem proposta por Page, baseada na comparação entre os resultados obtidos experimentalmente e os valores dados com o modelo exponencial.

$$MR = e^{-kt^n} \quad (2)$$

Em que:

- MR - Razão de humidade, adimensional;
- k - Constante de secagem;
- t - Tempo, s;
- n - Constante.

A previsão das equações da taxa de secagem usadas na modelação dos fenómenos de transferência são fundamentais no estudo da cinética. Sendo assim feito o melhor ajuste aos dados experimentais.

1.4.5. Matérias-primas

A Portugal Fresh, associação que reúne os principais produtores nacionais de frutas, legumes e flores, negociou com a uma cadeia de supermercados a venda de produtos portugueses nas lojas na Alemanha e, até agora, já colocou nas prateleiras 3250 toneladas de fruta. Primeiro foi a **melancia**, depois a pera rocha e a **framboesas**.

A exportação de frutas e legumes cresceu 11,2% entre Janeiro e Novembro de 2014, face ao mesmo período do ano anterior. No total, as empresas venderam ao estrangeiro 996 milhões de euros. Portugal dependente do exterior para se abastecer e comprou mais de mil milhões de hortofrutícolas nos onze meses do ano passado, por isso houve uma redução de 3,7% relativamente a 2013.

O objetivo do sector é exportar dois mil milhões de euros de frutas e legumes em 2020.

Segundo o projeto europeu EPHE, para a prevenção da obesidade infantil e a promoção do acesso à saúde, toma a sigla da designação original, Ensemble Prévenons l'Obésité des Enfants for the Promotion for the Health Equity.

“As crianças portuguesas comem, em média, mais fruta por dia do que as de seis outros países europeus, mas as pertencentes a famílias de um nível socioeconómico mais baixo comem menos, de acordo com dados divulgados”. Pode ler-se no comunicado do projeto EPHE, que abrange Bélgica, Bulgária, França, Grécia, Holanda, Portugal e Roménia. (DIÁRIO AGRÁRIO, 2015)

FRAMBOESA

A framboesa europeia é nativa da Europa e Ásia e já foram identificadas mais de 60 espécies de framboesas.

A classificação científica das framboesas é a seguinte:

Reino: *Plantae*

Clado: *Rosídeas*

Ordem: *Rosales*

Família: *Rosaceae*

Género: *Rubus*

Espécie: *R. idaeus*



Figura 11: Framboesas amarelas



Figura 12: Framboesas vermelhas

Fonte: (BOTANIC, 2015) Fonte: (BOTANIC, 2015)

As variedades de framboesas têm características próprias de produtividade, de épocas de produção, hábitos de frutificação, de coloração dos frutos e de exigências climáticas (Figura 11 e 12). As framboesas classificam-se em dois tipos, as remontantes e as não remontantes

As remontantes que florescem no fim do verão princípio do outono e a diferenciação floral dos gomos ocorre durante o período de crescimento. As não remontantes que florescem na primavera e a diferenciação só ocorre após o fim do crescimento (Figura 13).

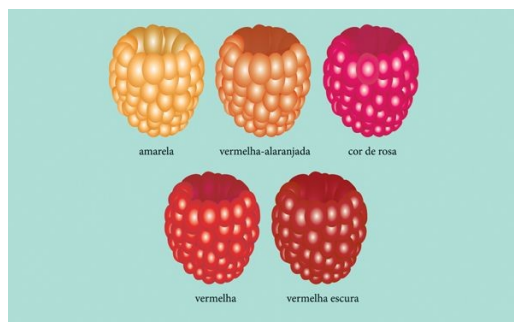


Figura 13: Framboesa de frutificação no Verão

Fonte: (MOTA, 2012)

O fruto é policárpico, é formado por muitas drupéolas pequenas e carnudas de cor vermelha ou amarelas, presas por um receptáculo. Estes frutos têm forma alongada ou de coração, possuem 10 a 20 mm de diâmetros e são ocos por dentro (Figura 14). (SOUZA et al., 2007)

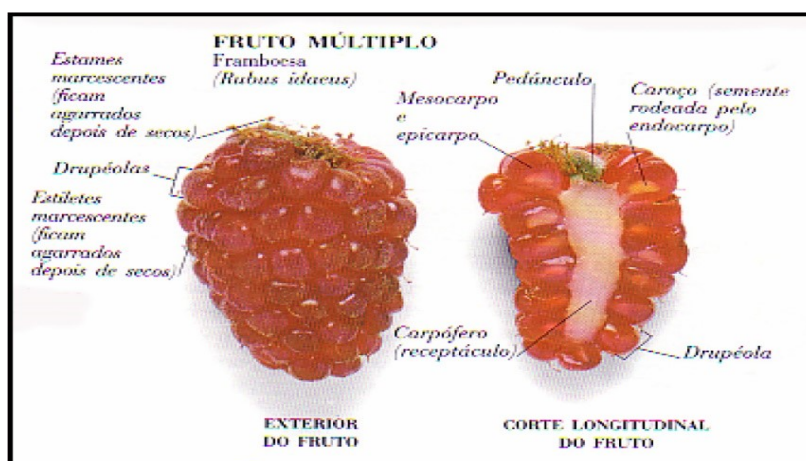


Figura 14: Morfologia da framboesa

Fonte: (SOUZA et al., 2007)

O aumento do tempo de conservação dos frutos acontece se se evitar a colheita quando estão húmidos e a sua refrigeração deve ser feita o mais cedo possível.

Em termos de cultivo as framboeseiras gostam de locais protegidos do vento e com alta exposição solar. A exposição solar acelera o amadurecimento e ajuda na polinização. A rega deve ser maior no verão para produzir frutos maiores. A *Rubus idaeus* é a framboeseira mais sensível de cultivar. Na região de Odemira, foram produzidos 6.000 toneladas de frutos vermelhos em 2014 e cerca de 5.100 eram framboesas. Para 2015, estima-se que a produção

deste fruto atinja as 7.500 toneladas destinadas em cerca de 90% à exportação. A framboesa é já o segundo fruto mais exportado de Portugal, com vendas de 64 milhões de euros. A pera rocha mantém a dianteira com 88 milhões de euros. (DIAS, 2015)

A framboesa foi escolhida para este estudo de secagem por ser um fruto perecível (possui 85,5g de água por 100g de fruto) ao qual se pode acrescentar valor.

Na tabela 1, que se segue pode-se visualizar a composição nutricional da framboesa.

Tabela 1: Composição nutricional da framboesa

| Macroconstituintes | Por100g | Vitaminas | Por100g | Minerais | Por100g |
|--|---------|--|---------|-------------------|---------|
| Água, g | 85,5 | Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug | 27 | Cinza, g | 0,47 |
| Proteína, g | 0,4 | Caroteno, mg | 160 | Sódio (Na), mg | 1,0 |
| Gordura total, g | 0,4 | a-tocoferol, mg | 0,20 | Potássio (K), mg | 250 |
| Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g | 10,2 | Tiamina, mg | 0,040 | Cálcio (Ca), mg | 16 |
| Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g | 10,3 | Riboflavina, mg | 0,060 | Fósforo (P), mg | 11 |
| Mono+dissacáridos, g | 10,2 | Equivalentes de niacina, mg | 0,20 | Magnésio (Mg), mg | 14 |
| | 0,28 | Niacina, mg | 0,20 | Ferro (Fe), mg | 0,3 |
| Fibra alimentar, g | 2,1 | Vitamina B6, mg | 0,020 | Zinco (Zn), mg | 0,1 |
| | | Vitamina C, mg | 1,0 | | |
| | | Folatos, ug | 14 | | |

Fonte: Adaptado de INSA, maio 2015

Algumas aplicações da framboesa:

- Doces;
- Compotas;
- Licores;
- Vinagres (*Rubus* remontante por ter gosto acidulado);

- Sumos;
- Purés desidratados.

MELANCIA (Figura 15)

Trata-se de uma erva trepadeira rastejante originária da África. É da família do melão e da abóbora. A planta é monoica porque apresenta flores femininas ou masculinas.

A classificação científica da melancia é a seguinte:

Reino: *Plantae*

Classe: *Magnoliopsida*

Ordem: *Cucurbitales*

Família: *Cucurbitaceae*

Género: *Citrullus*

Espécie: *C. lanatus*



Figura 15: Melancia

Fonte: (ISUPERMARKET,2015)



Figura 16: Melancia Dendesuke
Melancia de luxo

Fonte: (GLOBO.COM, 2015)

Segundo o catálogo nacional de variedades de 2015, temos apenas uma variedade de melancia portuguesa com a denominação Esaloque. No anexo 1, a tabela mostra outras variedades mas híbridas. (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2014)

Na figura 17, estão variedades de melancia do Japão (Figura 16) onde são observáveis algumas características de melancias, nomeadamente a melancia de luxo que possui valor acrescentado.

Variedades de melancias do Japão

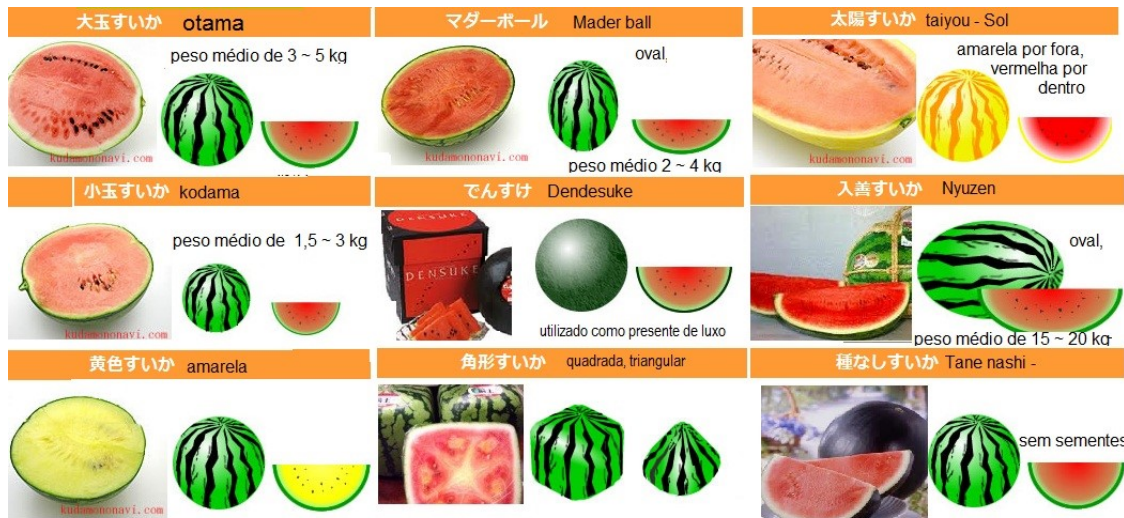


Figura 17: Variedades de melancias do Japão e características

Fonte: (SURIEMU,2012)

A forma das melancias pode ser redonda, alongada ou esférica, a casca é grossa e tem riscas ou sarapintadas. O peso varia dos poucos quilos até mais de 40 kg. A polpa usualmente é vermelha mas algumas variedades tem a polpa de cor amarela, laranja ou branca. Algumas melancias não tem sementes e outras tem. A cor das sementes podem ser: pretas, castanhas, brancas, verdes ou amarelas. (ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL, 2015)

A cultura da melancia é melhor em clima quente e seco (25 a 30 °C), preferindo grande exposição luminosa, uma humidade relativa do ar moderada (50%) e ventos inferiores a 3 m/s. Existe dois tipos de cultura a de sequeiro e a irrigada. A cultura de irrigação consome cerca de três a quatro milhões de litros de água/ha durante o ciclo da cultura (55 a 65 dias), ou seja, 15-20 Litros/planta/dia. Se for usado a irrigação por gotejamento tem-se 65 ton/ha de frutos comercializáveis (frutos com peso igual ou superior a 6 kg) e de excelente qualidade (conteúdo de açúcares de 10 % a 12 %). (MEDEIROS et al,2007)

Na colheita da melancia para ver se ela está madura verifica-se a cor da parte que fica em contato com o chão, tem de ser amarela. O outro método é bater com a mão fechada e produzirá um som oco.

A polpa de melancia traz benefícios para a saúde, como por exemplo: Doenças dos Rins, Diabetes, Curas de Emagrecimento, controlo da tensão arterial (chá das sementes). As

sementes cruas e secas, depois de moídas e peneiradas, formam um pó que pode ser misturado a alimentos como massas, sopas, bolos, biscoitos e cuscuzes.(CARVALHO,1999)

A tabela 2 dá a informação nutricional sobre a melancia, é composta por 93,6% de água, e tem uma grande fonte de caroteno e potássio.

Tabela 2: Composição nutricional da melancia

| Macroconstituintes | Por100g | Vitaminas | Por100g | Minerais | Por100g |
|--|---------|--|---------|-------------------|---------|
| Água, g | 93,6 | Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug | 50 | Cinza, g | 0,29 |
| Proteína, g | 0,4 | Caroteno, mg | 300 | Sódio (Na), mg | 4,0 |
| Gordura total, g | 0,2 | a-tocoferol, mg | 0,10 | Potássio (K), mg | 100 |
| Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g | 5,5 | Tiamina, mg | 0,020 | Cálcio (Ca), mg | 10 |
| Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g | 5,6 | Riboflavina, mg | 0,010 | Fósforo (P), mg | 5,0 |
| Mono+dissacáridos, g | 5,5 | Equivalentes de niacina, mg | 0,10 | Magnésio (Mg), mg | 12 |
| Fibra alimentar, g | 0,3 | Niacina, mg | 0,10 | Ferro (Fe), mg | 0,3 |
| | | Vitamina B6, mg | 0,14 | Zinco (Zn), mg | 0,1 |
| | | Vitamina C, mg | 4,0 | | |
| | | Folatos, ug | 2,0 | | |

Fonte: Adaptado de INSA, maio 2015

A escolha da melancia para o presente estudo de secagem é feito pelo desafio da melancia ter 93,6% de água e também por ser um fruto que pode acrescentar valor.

NÊSPERA

A nespereira também conhecida por nespereira do Japão (*Eriobotrya japonica* Lindl.) é originária da China (Figura 18).

A classificação taxonômica

Reino: *Plantae*

Filo: *Magnoliophyta*

Ordem: *Rosales*

Família: *Rosaceae*

Subfamília: *Maloideae*

Gênero: *Eriobotrya*

Espécie: *E. japonica*



Figura 18: Cacho de nêspers

Fonte: (FORMA SAUDÁVEL, 2015)

As variedades: Centenária, Mizuho, Mizumo, Néctar de Cristal e Mizauto

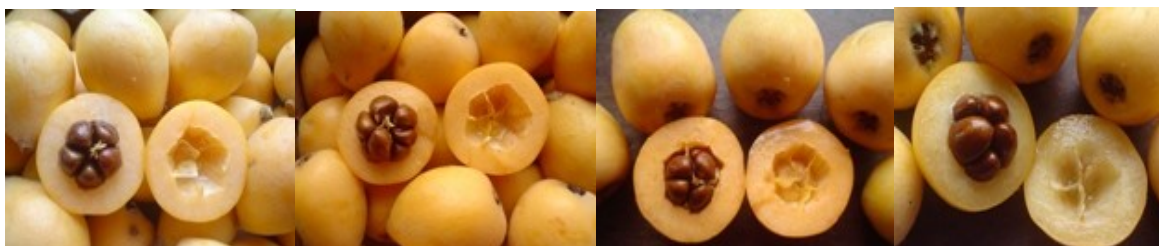


Figura 19: Da esquerda para a direita, as variedades de nêspers: Centenária, Mizauto, Mizumo e Néctar de cristal

Fonte: (PIO et al., 2006)

Os climas mais propensos para o cultivo são as regiões temperadas e subtropicais. Estas árvores não necessitam de solos muito ricos mas são sensíveis a ventos fortes.

A nêspera é um fruto oval com aproximadamente 3cm de largura e 3 a 5 cm de comprimento, aparecendo em grupos de 5 a 20 nêspersas, em que cada uma pode pesar cerca de 10 a 80g. (PENTEADO,1997)

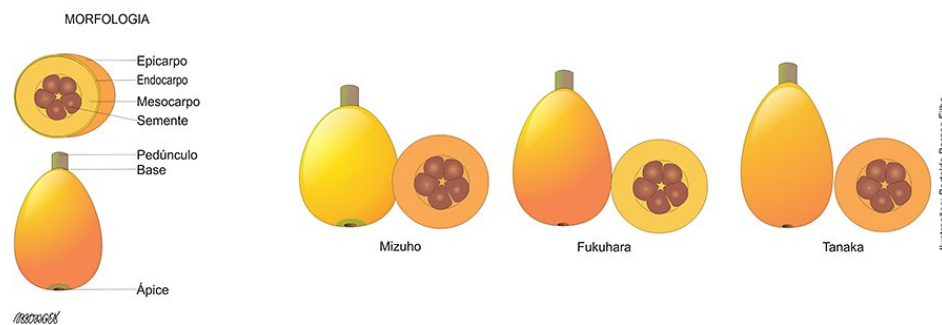


Figura 20: Esquema da morfologia da nêspera

Fonte: (HORTIPÉDIA, 2015)

A polpa é agradável e a textura firme e carnosa, quanto à cor vai do branco ao amarelo depende da espécie. A pele é macia, aveludada e de cor amarela-alaranjada. No seu interior, as sementes ocupam grande parte do volume da nêspera e podem-se contar entre 4 a 5 sementes (Figura 20). (OJIMA et al., 1999)

A nêspera é um fruto não climático (após a colheita a atividade de respiração é baixa e a produção de etileno também), necessita de se desenvolver até ao fim da sua maturação. Durante este processo a cor da pele vai do verde ao alaranjado devido à modificação do pigmento: as clorofilas e os carotenoides, isto é, a clorofila degrada-se e torna visíveis os carotenoides sintetizados. Durante o amadurecimento do fruto a polpa vai amolecer isto deve-se ao fato da solubilização da pectina pelas enzimas PG (poligalacturonases). (CHITTARA, 2005)

O ácido orgânico predominante é o ácido málico em cerca de 90% que confere a acidez à nêspera. Os principais açúcares são a glicose, a frutose, a sacarose e o sorbitol. (AMORÓS et al., 2003)

Durante o amadurecimento do fruto temos de ter em conta duas situações:

Primeiro se o fruto ainda não estiver bem maduro vai amadurecer de forma irregular, provocando o enrugamento da pele, ficando mais sensível aos danos mecânicos. Segundo, se estiver muito maduro a sua polpa fica mole, ou seja, a textura alterada e com características inferiores (paladar).

Na tabela 3, encontra-se a composição nutricional da nêspera, verifica-se que tem um grande teor em água e uma grande fonte de caroteno e potássio. Alguns estudos indicam a ingestão de 4 a 6 mg/dia de β -caroteno pode proteger contra o cancro do pulmão e doenças cardíacas. (NAVES, 1998) O caroteno é um antioxidante que se converte em vitamina A no nosso organismo, ajudando assim a proteger a pele dos radicais livres.

Tabela 3: Composição nutricional da nêspera

| Macroconstituintes | Por100g | Vitaminas | Por100g | Minerais | Por100g |
|--|---------|--|---------|-------------------|---------|
| Água, g | 85,5 | Vitamina A total (equivalentes de retinol), ug | 27 | Cinza, g | 0,47 |
| Proteína, g | 0,4 | Caroteno, mg | 160 | Sódio (Na), mg | 1,0 |
| Gordura total, g | 0,4 | a-tocoferol, mg | 0,20 | Potássio (K), mg | 250 |
| Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g | 10,2 | Tiamina, mg | 0,040 | Cálcio (Ca), mg | 16 |
| Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g | 10,3 | Riboflavina, mg | 0,060 | Fósforo (P), mg | 11 |
| Mono+dissacáridos, g | 10,2 | Equivalentes de niacina, mg | 0,20 | Magnésio (Mg), mg | 14 |
| Ácidos orgânicos, g | 0,28 | Niacina, mg | 0,20 | Ferro (Fe), mg | 0,3 |
| Fibra alimentar, g | 2,1 | Vitamina B6, mg | 0,020 | Zinco (Zn), mg | 0,1 |
| | | Vitamina C, mg | 1,0 | | |
| | | Folatos, ug | 14 | | |

Fonte: Adaptado de INSA, maio 2015

A nêspera foi identificada para o estudo de secagem porque é um fruto que tem uma época curta nos mercados, é perecível, é endógeno e pode acrescentar valor.

2. Materiais e métodos

2.1 Equipamentos de secagem

Durante os ensaios, foi utilizado o liofilizador modelo Labconco freezezone 6 plus (Figura 21).



Figura 21: Liofilizador usado no estudo das secagens

Na figura 22, é representado o esquema de um liofilizador.

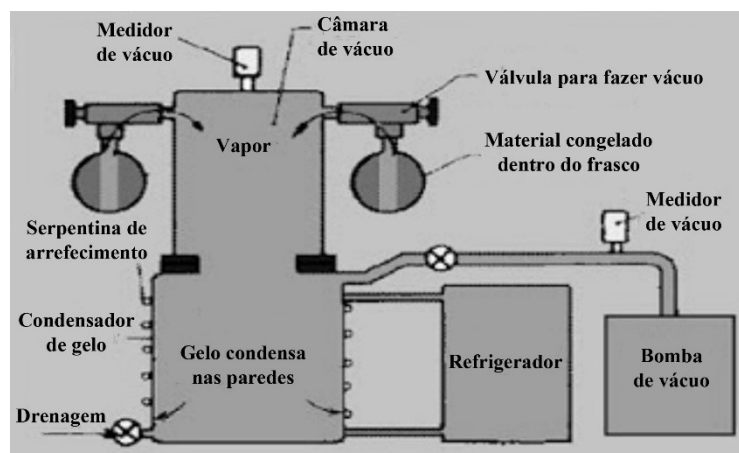


Figura 22: Esquema de um liofilizador

Fonte: (DIÁRIO DE FARMÁCIA, 2012)

Na câmara de condensação existe uma serpentina (Figura 23.1) onde o gelo vai se formar (Figura 23.2). O gelo é liquefeito no fim da operação de liofilização por aquecimento da serpentina e no fim a água é drenada. Na (figura 23.3), na parte de trás do liofilizador tem-se a bomba de vácuo que permite juntamente com a válvula (Figura 23.4) manter o sistema sob vácuo.



Figura 23.1: Serpentina de arrefecimento

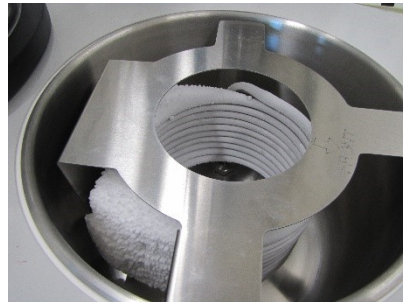


Figura 23.2: Gelo formado na serpentina



Figura 23.3: Parte de trás do liofilizador onde se vê a bomba de vácuo



Figura 23.4: Câmara de vácuo com o respetivo material congelado nos copos ligados pela válvula de vácuo

O liofilizador consiste:

- Numa câmara de secagem ou frascos próprios, onde é colocado a matéria-prima e resistente ao vácuo (figura 23.4);
- Um condensador de gelo que opera abaixo da temperatura do produto congelado para que o gradiente de temperatura e massa (água) seja transferido ao condensador (figuras 23.1 e 23.2);
- Uma bomba de vácuo (figura 23.3);
- Um sistema de vácuo para fechar hermeticamente os frascos.

Para a secagem das framboesas foi usado o **forno industrial** (figura 24).



Figura 24: Forno de cozinha industrial

O forno de cozinha industrial tem várias funções de controlo que permitem monitorizar o processo em condições de higiene e segurança com maior facilidade.

Os parâmetros tais como a temperatura, o tempo e temperatura da sonda são devidamente programados e podem ser controlados visualmente através do painel.

Este tipo de equipamento ajuda no controlo da qualidade dos alimentos e os seus parâmetros. O equipamento utilizado não permite o controlo da velocidade da ventoinha (entrada e saída de ar).

A secagem da melancia foi realizada na **estufa industrial** da marca Simia (Figura 25).



Figura 25: Câmara da estufa industrial à esquerda e painel de controlo à direita

A estufa consiste:

- Numa câmara que trata termicamente os produtos alimentares;
- Fluxo de ar quente que entra na câmara por convecção forçada mas controlada;
- Uma chaminé de exaustão;
- Uma sonda de temperatura interior, cuja leitura se faz no painel de controlo no exterior;
- Painel de controlos onde se faz a programação e se lê os valores de temperaturas e humidade da secagem.

A estufa permite o controlo de ar, temperatura e humidade à entrada bem como o controlo da temperatura do produto por sonda. A programação é muito versátil com várias finalidades (cozer, secar, pasteurizar e fumar) e controlo automático do tempo de cada processo.

Na (Figura 26.1 e 26.2), pode-se ver o **secador protótipo** que foi inicialmente definido para o estudo da secagem. Este secador tinha controlo de temperatura e fluxo de ar, parâmetros importantes quando se fala de desidratação. Ainda se realizou o início dos primeiros ensaios com a framboesa mas acabou por se avariar, devido a falhas técnicas por se tratar de um protótipo.



Figura 26.1: Secador- protótipo



Figura 26.2: Tabuleiros do secador com o material a secar

2.2. Ensaio

Os ensaios experimentais de cada matéria-prima são apresentados nos respectivos fluxogramas que reproduzem as operações unitárias e pré-processamentos. Em cada tipo de secagem são usados métodos analíticos para caracterizar a matéria antes e depois de cada tipo de secagem.

2.2.1 Framboesa - Fluxogramas e pré-tratamentos

O fluxograma descreve as operações unitárias envolvidas no processo da liofilização e secagem convencional da framboesa. Relativamente aos pré-tratamentos estão apenas representados os principais, os com NaOH, CaCl₂ e ácido ascórbico.

LIOFILIZAÇÃO

Na (Figura 27) está representado o fluxograma da liofilização da framboesa.

Fluxograma da liofilização da framboesa

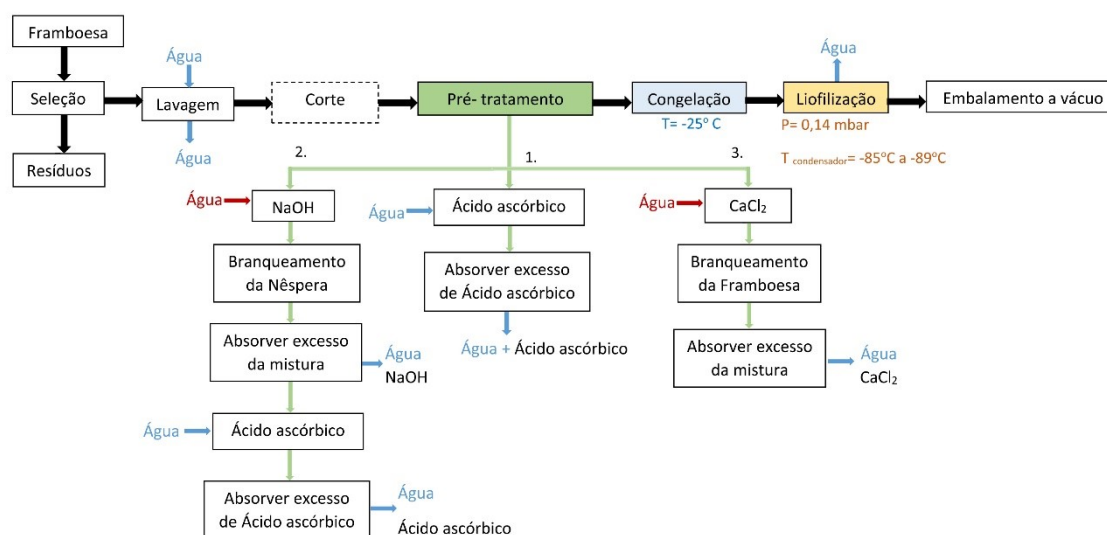


Figura 27: Fluxograma da liofilização da framboesa

Descrição das operações unitárias para a liofilização:

Seleção: As framboesas têm de ser de boa qualidade e com um estado de maturação que permita uma boa qualidade de produto final porque vai influenciar a etapa de congelamento e a cinética de secagem.

Lavagem: limpeza e desinfecção das framboesas.

Corte: utilizar o fruto inteiro.

Pré- tratamento: Um branqueamento físico com CaCl_2 e um branqueamento químico com NaOH . No fim de cada pré-tratamento passou-se por uma solução criogénica as framboesas fechadas num saco de plástico. Como as framboesas são muito sensíveis à temperatura é necessário baixar a temperatura no momento.

1. **Ácido ascórbico:** serve para inativar a ação enzimática. Juntar 10g de ácido ascórbico a 1L de água desionizada e homogeneizar
2. **NaOH -10-20 g/L** água quase a ferver e por fim é usado ácido ascórbico para neutralizar a base (figura 28);
3. **CaCl_2 (0,5%)** em água a 90-95 °C.

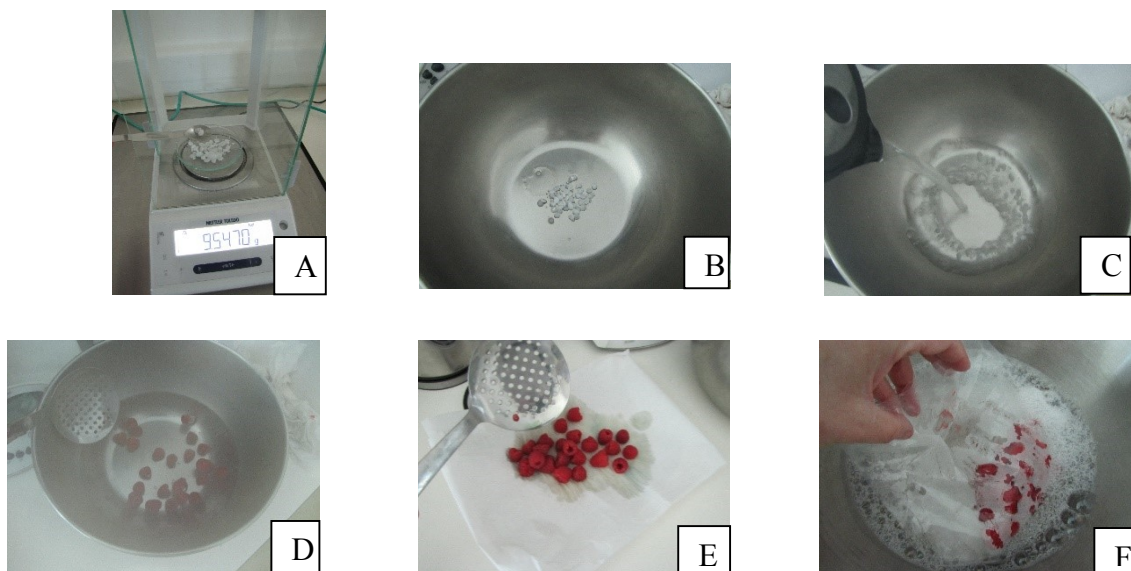


Figura 28: Preparação do pré-tratamento de NaOH . **A** – pesagem do NaOH . **B** – NaOH . **C** – Colocação de água a ferver sobre NaOH . **D** – Imersão da matéria-prima no pré-tratamento. **E** – Absorção do excesso de solução. **F** – Imersão da matéria-prima na solução criogénica.

Preparação da solução criogénica

Num garrafão de plástico limpo, colocar 3,5L de H₂O com 1kg de NaCl e 0,5L de Álcool etílico 96%. Misturar tudo e armazenar no congelador.

Congelação: A congelação tem de ser rápida a $T = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ num abatedor (figura 29). O tamanho, a localização dos cristais formados bem como a taxa de desidratação celular e as alterações na parede celular são determinados pela velocidade de congelação.



Figura 29: Abatedor

Liofilização: As condições de operação são a $P = 0,14\text{ mbar}$ e $T_{\text{condensador}} = -89\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A liofilização é uma secagem a frio e que é composta por várias etapas.

- Preparação do material: pré-processamento;
- Congelação do produto;
- Colocação do produto no liofilizador;
- Aplicação de vácuo;
- Aumento progressivo da temperatura;
- Extração da água por sublimação, sem que o produto seja submetido a altas temperaturas mantendo assim a sua estrutura e o valor nutricional.

Durante a liofilização (Figura 30.1) fazem-se pesagens ao longo do tempo para ver a perda de massa e controlarmos a liofilização (figura 30.2).



Figura 30.1: Liofilização



Figura 30.2: Pesagem do copo durante a liofilização

Embalamento: No caso da liofilização tem de ser a vácuo para não sofrer reidratação.

SECAGEM CONVENCIONAL

No fluxograma da secagem convencional (num forno industrial a 40 °C) mostra as operações unitárias que foram necessárias (Figura31).

Fluxograma da secagem convencional

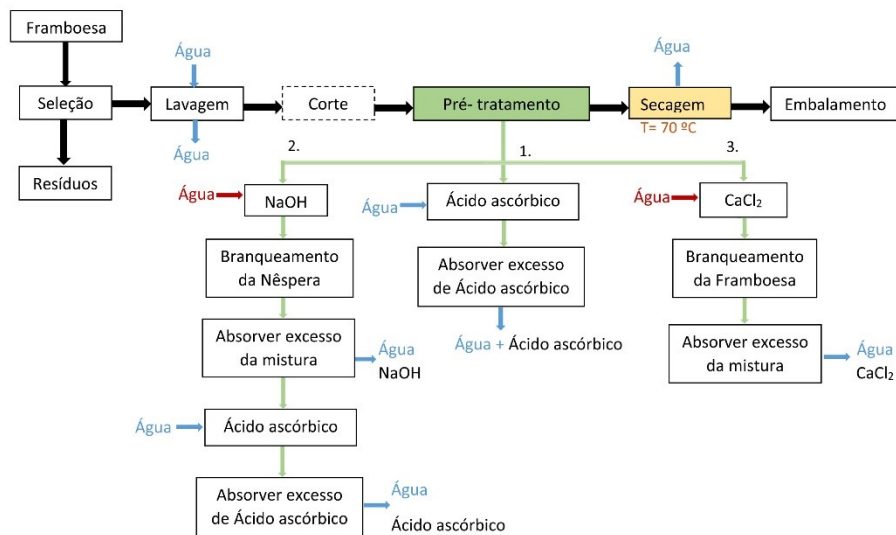


Figura 31: Fluxograma da secagem convencional da framboesa

Descrição das operações unitárias para a secagem convencional da framboesa:

Seleção: As framboesas tem de ser de boa qualidade e com um estado de maturação que permita uma boa qualidade de produto final porque vai influenciar a etapa de congelamento e a cinética de secagem.

Lavagem: limpeza e desinfecção das framboesas.

Corte: vamos utilizar o fruto inteiro.

Pré- tratamentos:

1. **Ácido ascórbico:** serve para inativar a ação enzimática. Juntar 10g de ácido ascórbico a 1L de água desionizada e homogeneizar;
2. **NaOH-** 10-20 g/L água quase a ferver;
3. **CaCl₂ (0,5%)** em água a 90-95 °C.

Secagem: A transferência de calor é em geral por condução, por vezes também por radiação (figura 32.2). A temperatura programada no forno foi de 40 °C.

Durante a secagem (Figura 32.1) fazem-se pesagens ao longo do tempo para determinar a perda de massa e controlarmos a secagem.



Figura 32.1: Secagem convencional da framboesa no forno



Figura 32.2: Painel de controlo das condições de processo da secagem no forno

Embalamento: Não é necessário embalamento a vácuo.

2.2.2. Nêspera - Fluxogramas e pré-tratamentos

O fluxograma (Figura 33) mostra as operações unitárias envolvidas no processo da liofilização da nêspera. Estão representados também os pré-tratamentos com NaOH, CaCl₂ e ácido ascórbico.

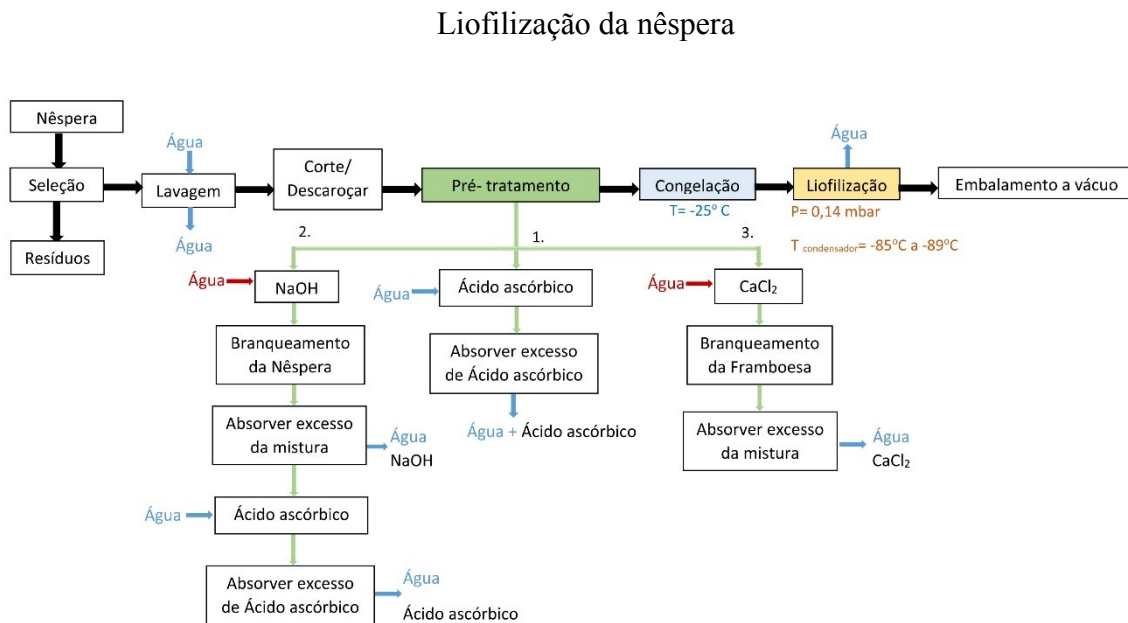


Figura 33: Fluxograma da liofilização da nêspera com os pré-tratamentos usados nos ensaios

Descrição das operações unitárias para a liofilização da nêspera:

Seleção: A nêspera tem de ser de boa qualidade e com um estado de maturação que permita uma boa qualidade de produto final porque vai influenciar a etapa de congelamento e a cinética de secagem.

Lavagem: limpeza e desinfecção da matéria-prima.

Corte: longitudinal.

Pré- tratamento: com ácido ascórbico, hidróxido de sódio e cloreto de calcio

Ácido ascórbico: serve para inativar a ação enzimática;

Congelação: T= -25 °C.

Liofilização: As condições de operação são a $P= 0,14$ mbar e $T_{\text{condensador}}= -89$ °C.

A liofilização é uma secagem a frio tal como na framboesa e envolveu diversas etapas.

Durante a liofilização fazem-se pesagens todas as horas para ver a perda de massa e controlarmos a liofilização.

Embalamento: Tem de ser a vácuo para não sofrer reidratação.

2.2.3 Melancia - Fluxogramas e pré-tratamentos

LIOFILIZAÇÃO

O fluxograma descreve as operações unitárias envolvidas no processo da liofilização e secagem convencional (estufa) da melancia. Para este ensaio, utilizou-se amostras sem pré-tratamento e com pré-tratamento osmótico (Figura 34).

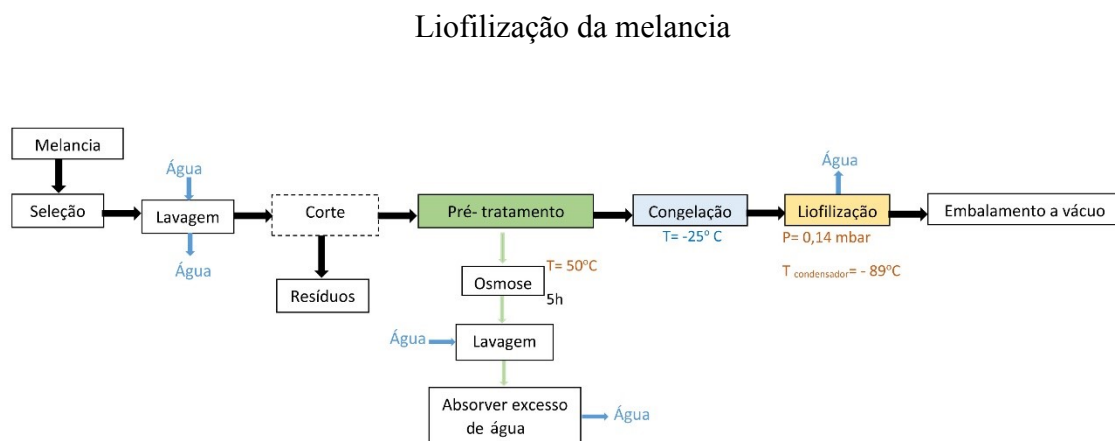


Figura 34: Fluxograma da liofilização da melancia com referência ao pré-tratamento osmótico

Descrição das operações unitárias para a liofilização da melancia:

Seleção: A seleção de uma melancia o mais homogênea possível.

Lavagem: limpeza e desinfecção com Imersão em água clorada (20 ppm de cloro disponível) durante 5 minutos e lavou-se novamente em água corrente.

Corte: retirou-se a casca e fez-se cortes longitudinais e depois transversais para obter cubos de 2,5x2,5x2,5cm (figura 35).

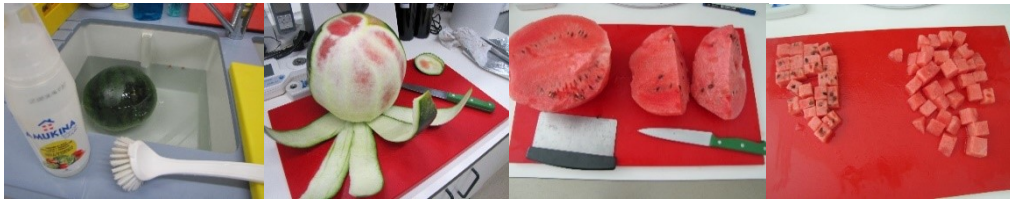


Figura 35: Sequência da preparação da melancia para pré-tratamento

Pré- tratamento: Desidratação prévia por osmose inversa.

Desidratação prévia

- Imersão da melancia em água clorada (20 ppm de cloro disponível) durante 5 minutos e lavou-se novamente em água corrente;
- Cortou-se a melancia aos cubos e pesou-se;
- Os pedaços de melancia foram imersos no xarope de açúcar amarelo na razão mássica de (1:10) com 66,2 °brix, durante 5h na estufa a 50 °C;
- Retirou-se os cubos da melancia, passaram-se por água desionizada e retirou-se o excesso de água com papel absorvente.

Nota: o uso de açúcar amarelo permite obter um °brix mais elevado com menor quantidade de açúcar. Foram feitos estudos prévios para obter uma solução osmótica otimizada

Preparação da solução osmótica na véspera da secagem

- Pesar 2000g água desionizada numa balança de cozinha;
- Introduzir 4400g de açúcar amarelo;
- Fazer a agitação mecânica até não haver nada em suspensão;
- Medir o °brix;
- Deixar repousar a solução 12h a temperatura ambiente.

Congelação: A congelação tem de ser rápida a $T = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ num abatedor. O tamanho, a localização dos cristais formados bem como a taxa de desidratação celular e as alterações na parede celular são determinados pela velocidade de congelação.

Liofilização: As condições de operação são a $P = 0,14\text{ mbar}$ e $T_{\text{condensador}} = -89\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A liofilização é uma secagem a frio tal como na framboesa e envolveu diversas etapas.

Durante a liofilização fazem-se pesagens ao longo do tempo para determinar a perda de massa e controlarmos a liofilização (figura 36).



Figura 36: Liofilização da melancia

Embalamento: No caso da liofilização tem de ser a vácuo para não sofrer reidratação.

SECAGEM CONVENCIONAL

O fluxograma da secagem convencional, realizada na estufa a 50 °C, mostra as operações unitárias que foram necessárias bem como o pré-tratamento osmótico (Figura 37)

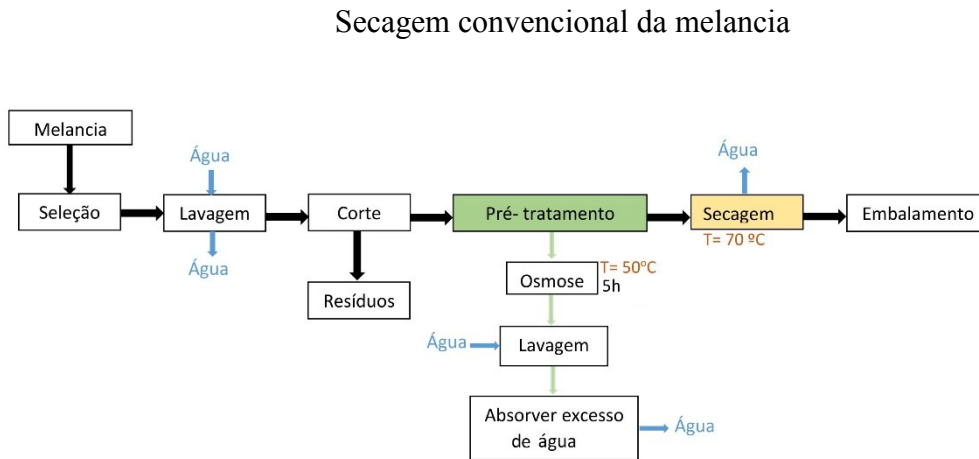


Figura 37: Fluxograma da secagem convencional da melancia com referência ao pré-tratamento osmótico

Descrição das operações unitárias para a secagem convencional da melancia:

Seleção: A seleção de uma melancia o mais homogênea possível.

Lavagem: limpeza e desinfecção com Imersão em água clorada (20 ppm de cloro disponível) durante 5 minutos e lavou-se novamente em água corrente.

Corte: retirou-se a casca e fez-se cortes longitudinais e depois transversais para obter cubos de 2,5x2,5x2,5cm.

Pré- tratamento: Desidratação prévia por osmose inversa. Os pedaços de fruta foram imersos no xarope de açúcar de 66,2 °brix, durante 5h a uma temperatura de 50 °C, na estufa.

Secagem: A melancia foi colocada em tabuleiros que serão pesados cada hora e no fim retira-se a tara dos tabuleiros para sabermos a perda de massa. A temperatura de secagem foi programada para 57 °C até estabilização do produto.

Embalamento: Não é necessário embalamento a vácuo.

2.2.4. Métodos analíticos

Os métodos analíticos servem para determinar os seguintes parâmetros:

- Cor;
- A dureza;
- Aw;
- Brix;
- Humidade;
- Reidratação.

Todos os parâmetros são determinados antes e depois da secagem à exceção da reidratação. Estas análises são feitas em triplicado para se poder obter os melhores valores possíveis no tratamento de dados.

2.2.4.1. Medição da cor

A cor é muito importante para o consumidor num primeiro impacto com o produto, bem como o aspeto, isso leva-o a aceitar ou rejeitar o produto. (BOBBIO,1992)

É um critério útil de qualidade, mas também como indicador de vários tipos de mudanças e deterioração sofridas pelo produto. (SILVA, 1973)

A medição da cor é feita com um **colorímetro** KONICA MINOLTA (figura 38).



Figura 38: Colorímetro

Procedimento para determinar os parâmetros L^* a^* b^* :

1. Ligar colorímetro no botão da lateral (acende uma luz verde);
2. Colocar a extremidade do colorímetro na amostra a analisar;
3. Pressionar no botão abaixo do visor (Deve aparecer um feixe de luz);
4. Fazer a leitura $L^*a^*b^*$;
5. Desligar o colorímetro no botão lateral (desliga-se a luz verde);
6. Limpar com água destilada a extremidade do colorímetro e limpar com um pano macio.

Os parâmetros (figura 39):

a^* indica a cor na região do vermelho ($+a^*$) até ao verde ($-a^*$);

b^* indica a cor na região do amarelo ($+b^*$) até ao azul ($-b^*$);

L^* é a luminosidade, varia do branco ($L^*=100$) até ao preto ($L^*=0$);

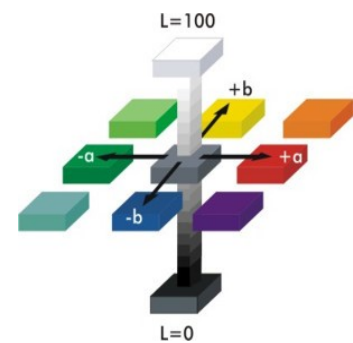


Figura 39: Esquema dos parâmetros de leitura do colorímetro

Fonte: (FLEXO MAGAZINE, 2010)

Na equação (3) calcula-se o delta E, distância entre duas amostras no espaço significa a diferença total de cor.

$$\Delta E = \sqrt{(L_A^* - L_B^*)^2 + (a_A^* - a_B^*)^2 + (b_A^* - b_B^*)^2} \quad (3)$$

Para $\Delta E < 2,3$ as amostras são iguais a nível da cor e se $\Delta E > 2,3$ as amostras são diferentes na cor. (MAHY et al., 1994)

2.2.4.2. Medição da dureza

O **texturómetro** mede a textura, isto é de acordo com a norma ISO (1992): “*Textura é o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detetáveis pelos recetores mecânicos e tácteis e, eventualmente pelos recetores visuais e auditivos*”.



Figura 40.1: Texturómetro

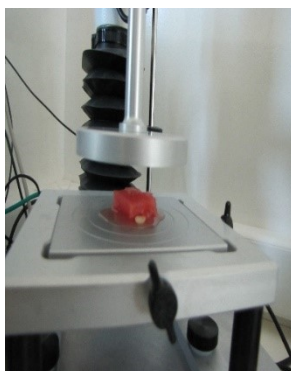


Figura 40.2: Sonda de compressão no ensaio da polpa de melancia

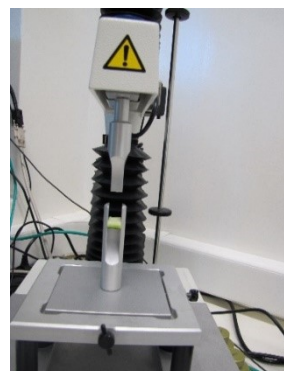


Figura 40.3: Sonda de flexão no ensaio da casca de melancia

Este aparelho de medição (Figura 40.1) mede com precisão a amostra quanto à:

- Extrusão;
- Adesão;
- Corte e cisalhamento;
- Fratura e flexão (figura 40.3);
- Compressão (figura 40.2);
- Tensão;
- Penetração ou perfuração.

Durante os ensaios mediu-se a força de compressão das amostras. No caso da framboesa foi inteira, na nêspera foram quartos e na melancia foram cubos, onde se utilizou uma sonda de compressão de 75mm. Os parâmetros do ensaio para a força de compressão foi de 50% “strain” (unidades do ensaio em cm, kg, s). Também se fizeram ensaios às cascas de melancia medindo com uma mandíbula Volodkevitch Bite Jaw. Neste caso houve necessidade de aumentar a força para 80% de compressão. Este tipo de estudo recorre a, instrumentos e

métodos específicos que analisam as propriedades mecânicas, as superfícies e o tipo de geometria da nossa matéria-prima. O texturômetro necessita de meio informático ou seja de um software onde é guardado toda a informação sob a forma de uma tabela com vários parâmetros, como por exemplo a dureza, bem como gráficos que descrevem com precisão a textura da amostra (Figura 41).

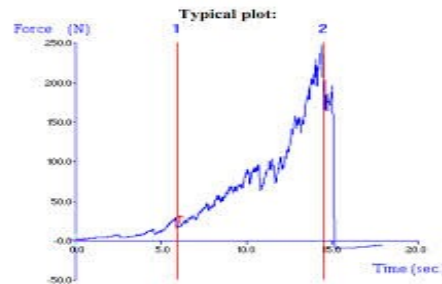


Figura 41: Exemplo de gráfico que descreve a textura

Fonte: (EXTRALAB, 2014)

Procedimento para determinar a textura:

1. Ligar o texturômetro e o computador;
2. Abrir o programa “Textur exponente” e dar um título ao trabalho;
3. Abrir o “ Project list” e escolher o projeto em estudo;
4. Verificar se a Macro está correta e carregar na “TA settings”;
5. Verificar se as condições estão de acordo com o estudo;
6. Carregar em “Test Configuration” e configurar o probe do estudo;
7. Calibrar o equipamento carregando em “TA calibrate- Calibrate height” (A sonda vai descer até à base de análise e subir);
8. Colocar a amostra na base de análise e carregar em “Run Test” (a sonda vai aproximar-se da amostra de acordo com a configuração programada anteriormente);
9. Os valores são registados no programa e este vai apresentar os respetivos gráficos;
10. Desligar o texturômetro, o programa e o computador;
11. Limpar a sonda e a base de análise.

2.2.4.3. Medição do °Brix

A medição do °brix é feito com um **refratômetro** HANNA Instruments Inc de modelo HI 96801 (Figura 42).



Figura 42: Refratômetro

O °brix é uma escala numérica de índice de refração e mede o teor de sólidos solúveis totais (SST), dos quais são maioritariamente açúcares. Um grau brix (1°brix) é igual a 1g de açúcar por 100 g de solução, ou 1% de açúcar. O refratômetro é um aparelho ótico que mede a concentração de soluções aquosas.

Procedimento para determinação do °brix:

1. Ligar o refratômetro no ON;
2. Limpar a superfície do prisma com água destilada e limpar com um pano macio;
3. Colocar uma gota de amostra à superfície do prisma;
4. Pressionar a tecla READ e fazer a leitura de teor em açúcar;
5. Limpar a superfície do prisma com água destilada;
6. Desligar o refratômetro no OFF.
7. Limpar com água destilada a extremidade do colorímetro e limpar com um pano macio.

2.2.4.4. Medição do aw

A medição da atividade da água é feita com o medidor AQUALAB Série 4TE (Figura 43).



Figura 43: Medidor de aw

A medição do aw consiste em determinar a atividade da água das amostras pelos sensores do ponto de orvalho. O aparelho possui uma câmara hermética que contém um espelho para detetar a condensação que se deposita nele. Quando a humidade relativa contida no ar da câmara é a mesma da amostra diz-se que está no ponto de equilíbrio. Nesse momento, a célula fotoelétrica deteta o ponto de orvalho e através do sensor de infravermelhos a temperatura.

As características técnicas do equipamento são as seguintes:

- Sensor de ponto de orvalho: $\pm 0,003$ a w ;
- Sensor de infravermelhos para medir a temperatura;
- Intervalo de medição do aw: 0,030 - 1,000;
- Resolução: $\pm 0,001$ aw;
- Intervalo de temperaturas de funcionamento: 5 - 43 °C;
- Tempo para a medição no equilíbrio: <5 minutos;
- Controlo da temperatura da amostra: 15 - 50 °C.

Procedimento para determinar o parâmetro de Aw:

1. Ligar o aparelho no botão ON;
2. Esperar 15 minutos até estabilização do medidor;
3. Calibrar com os controlos colocando-os nos copos e introduzir no medidor de aw;
4. Colocar a amostra no copo, introduzir o copo no medidor e fechar o aparelho;
5. Quando estiver pronto para leitura tem um aviso sonoro;
6. Aparece no visor o valor do parâmetro;
7. Retirar a amostra do aparelho;
8. Desligar o aparelho no botão OFF.

2.2.4.5. Medição da humidade

Procedimento para a determinação da perda de massa:

1. Ligar a estufa e programar a temperatura para 105°C;
2. Pesar o cadinho na balança METLER TOLEDO e registar o peso;
3. Colocar a amostra (cerca de 10g) no cadinho e registar o peso;
4. Pôr o cadinho com a amostra na estufa durante 24h (Figura 44);
5. Tirar da estufa, introduzir no exsicador durante 1h e desligar a estufa;
6. Tirar do exsicador, pesar na balança METLER TOLEDO e registar o valor;
7. Fazer os cálculos de humidade no Excel.



Figura 44: Cadinhos com as amostras na estufa a 105 °C

Os cálculos da humidade são feitos através das fórmulas matemáticas (4) e (5) abaixo.

$$H (\%) = \frac{(m_f - m_i)}{p_i} \times 100 \quad (4)$$

$$p_i = p_{ti} - T \quad (5)$$

- H - Humidade (%);
- m_f - Massa final (g);
- m_i - Massa inicial (g);
- p_i - Peso do produto inicial (g);
- p_{ti} - Peso total inicial (g);
- T - Tara (g).

Procedimento para a pesagens de amostras na balança METLER TOLEDO (Figura 45)

1. Ligar a balança no ON;
2. Colocar a amostra para pesagem;
3. Fazer a leitura;
4. Retirar a amostra e desligar.

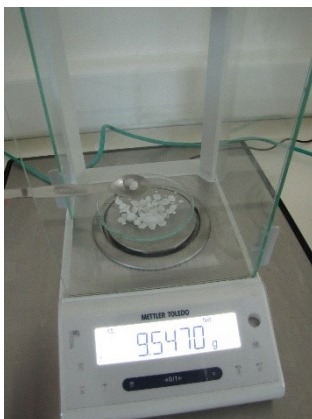


Figura 45: Balança METLER TOLEDO

2.2.4.6. Reidratação

A reidratação tem a ver com a capacidade que a matéria-prima seca tem de absorver a água – **Capacidade de reidratação**.

Procedimento para reidratar (Figura 46.1)

1. Pesar a amostra na balança METLER TOLEDO;
2. Encher um copo de plástico com água até perfazer todo o volume;
3. Colocar o cronómetro a zero;
4. Colocar amostra seca ou liofilizada dentro do copo e tapar de forma a amostra estar totalmente submersa (figura 46.2);
5. Cronometrar até 1 minuto ou 5 minutos;
6. Retirar a amostra e absorver o excesso de água com papel absorvente;
7. Voltar a pesar a amostra.



Figura 46.1: Preparação do material para reidratação



Figura 46.2: Reidratação

O índice de reidratação é calculado pela seguinte fórmula (6):

$$I_r = \frac{(m_{rf} - m_{ri})}{\sum R} \quad (6)$$

- I_r - Índice de reidratação;
- m_{rf} – massa registada após reidratação (g);
- m_{ri} – massa registada antes da reidratação (g);
- R – Número de réplicas.

2.3. Ferramentas para análise de resultados

ESTATÍSTICA

As análises dos resultados das secagens foram feitas com o software de estatística Action. Por estar integrado no excell permite uma fácil utilização. O Action possui centenas de análises estatísticas e permite análises estatísticas complexas.

O tipo de análises estatísticas que faz são por exemplo:

- Estatística básica de distribuições;
- ANOVA;
- Técnicas não paramétricas;
- Gráficos;
- Modelos;
- Planeamento de experiências;
- Análises multivariadas, etc.

No tratamento de dados médios dos parâmetros das secagens foi usado:

- A ANOVA com testes de comparações múltiplas: teste de Tukey.

A ANOVA é um conjunto de modelos na qual a variância da amostra é fracionada em diversos componentes por ter diferentes fatores (são as variáveis) que neste caso estão associados a um produto. Sendo assim, a ANOVA estuda a influência dos fatores nas características que nos interessa, através do fracionamento.

Os testes de comparações múltiplas estuda a amplitude das diferenças entre parâmetros. O teste de Tukey permite analisar qualquer diferença entre duas médias de parâmetros, não permitindo a comparação entre grupos entre si.

TESTE DE TUKEY

O teste consiste na diferença mínima significativa (DMS), que é dada pela seguinte fórmula (7):

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMRes}{r}} \quad (7)$$

- q- Amplitude total estudentizada;
- QMRes- Quadrado médio do resíduo;
- r- Número de repetições.

Num teste de comparações de médias, deve-se determinar o nível de significância α (1% ou 5%). Se obtivermos um contraste Δ (5%) maior do que Δ então diz-se que as médias diferem a nível de α de significância.

O teste de Tukey usa um método de letras, poderia ser por tabelas ou barras.

Procedimento da análise que o teste faz:

1. Ordenar de forma crescente ou decrescente as médias;
2. Colocar uma letra do alfabeto na primeira média (começa no “a”);
3. Comparar com as médias seguintes. (tabela 4).

Tabela 4: Exemplo do teste de Tukey para a framboesa

| DADOS DO PROCESSO | | | | | |
|----------------------------|---------------|--------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| Tabela da Anova | | | | | |
| | G.L. | Soma de Quadrados | Quadrado Médio | Estat. F | P-valor |
| Fator | 2 | 1,13633E-05 | 5,68167E-06 | 4,213844252 | 0,134506816 |
| Resíduos | 3 | 4,045E-06 | 1,34833E-06 | | |
| Níveis | | | | | |
| | Centro | Limite.Inferior | Limite.Superior | P-valor | |
| fresca-cacl2 | 0,0024 | -0,002452286 | 0,007252286 | 0,243944585 | |
| naoh-cacl2 | -0,0009 | -0,005702286 | 0,004002286 | 0,763927094 | |
| naoh-fresca | -0,0033 | -0,008102286 | 0,001602286 | 0,131867285 | |
| Fator Médias Grupos | | | | | |
| fresca | 0,9986 | a | | | |
| cacl2 | 0,9962 | a | | | |
| naoh | 0,99535 | a | | | |

- Se a diferença for $> \Delta(5\%)$ então a diferença entre as duas médias é significativa.
- Se tivermos médias seguidas de letras iguais então a diferença entre as duas médias não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

MODELAÇÃO DAS CURVAS DE SECAGEM

As curvas de secagem baseam-se na modelação matemática do modelo de Page, no excell. A seguir, são descritas as três fases da modelação.

Na **primeira fase** constrói-se 6 colunas com:

1. O registo das horas das pesagens;
2. As horas decorridas na secagem;
3. O peso das amostras com tara, nessas mesmas horas;
4. O peso real da fruta (amostra menos a tara);
5. M_t dado pela equação (8):

$$M_t = \frac{P - \frac{1-H}{100}}{STT} \quad (8)$$

Em que:

- M_t - Teor de humidade do produto;
- p - Peso real da fruta;
- H - Humidade inicial;
- STT - Sólidos totais dado pela equação (9):

$$STT = \frac{1-H}{100} \times p \quad (9)$$

6. MR dado pela equação (10):

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (10)$$

Em que:

- M_t - Teor de humidade do produto;
- M_0 - Base seca, dada pela equação (11).

$$M_0 = \frac{\frac{H}{100}}{\frac{1-H}{100}} \quad (11)$$

Na segunda fase constrói-se mais 5 colunas com:

1. As horas decorridas na secagem;
2. MR calculado anteriormente;
3. MR Page dada pela equação (12).

$$MR_{Page} = e^{(-K \times t^n)} \quad (12)$$

Para as constantes K e n são definidas duas células para facilitar a introdução das fórmulas posteriores.

4. Diferença entre MR_{Page} e MR;
5. Quadrado da diferença de variáveis da alínea anterior;
6. Colocar numa célula a soma dos valores dados pelo quadrado da diferença de MR_{Page} e MR.

7. Calcular o R e R² (coeficiente de correlação) dada pelas função $\text{Correl}(\text{MR};\text{MRPage})$;
8. Calcular SEE Excell pela função $\text{EPADYX}(\text{MRPage};\text{MR})$ significa calcular o erro padrão do valor de MRPage previsto para cada MR da regressão. Calcular também o SEE Manual pela equação (13).

$$\text{SEE} = (\text{S}/5)^{0,5} \quad (13)$$

Em que:

- SSE - Soma dos erros;
- S - Somatório do quadrado da diferença entre MRPage e MR.

Na terceira fase faz-se 2 colunas com:

- Tempo decorrido na secagem decomposto em horas;
- MRPage (ajustado) dado pela equação (14).

$$\text{MRPage} = e^{-Kt^n} \quad (14)$$

Em que:

- MRPage – A razão de humidade dado pelo modelo de Page;
- t – Tempo decorrido decomposto em horas;
- K e n – Constantes (da segunda fase referido anteriormente) ajustadas pelo modelo.

Após a conclusão de todos os passos anteriores, tem-se todos os valores de x (tempo) e y (MRPage) para traçar a cinética de secagem.

3. Resultados e discussão

Neste capítulo, são apresentados os resultados dos ensaios da framboesa, da nêspera e da melancia, a análise estatística bem como as respectivas cinéticas.

3.1. Framboesa

Na tabela 5, estão os resultados da análise dos parâmetros avaliados, descritos no capítulo 2, para a liofilização e secagem convencional.

Tabela 5: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da framboesa. Amostras com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes

| Processo de Secagem | Amostras Framboesas | Textura (dureza) | Aw | Humidade (%) | Reidratação | | Brix Após 1min | ΔE face ao controlo |
|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------|------|---------------------|---------------------|
| | | | | | 1min | 5min | | |
| | Controlo nº1 | 472,3 ^A | 0,9882 ^A | 87,6 ^A | - | - | - | - |
| Liofilização | Sem tratamento | 4129,0 ^A | 0,2376 ^{DE} | 14,0 ^D | 2,33 | 2,55 | 30,50 ^C | 8,1 |
| | Tratamento com NaOH | 1860,1 ^A | 0,2915 ^D | 11,7 ^D | 3,42 | 2,36 | 23,63 ^{DE} | 6,5 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 1518,8 ^A | 0,0958 ^E | 11,6 ^D | 2,38 | 2,07 | 19,36 ^E | 11,8 |
| | Tratamento Com Ác. Ascórbico | 1571,8 ^A | 0,2750 ^D | 11,8 ^D | 2,16 | 2,23 | 28,50 ^{CD} | 5,3 |
| | Controlo nº2 | 243,0 ^A | 0,9949 ^A | 85,5 ^A | | | | |
| Secagem | sem tratamento | 1710,1 ^A | 0,7027 ^B | 35,8 ^B | 1,03 | 1,05 | 59,13 ^B | 5,12 |
| | Tratamento com NaOH | 4012,5 ^A | 0,4839 ^C | 21,1 ^{CD} | 1,05 | 1,11 | - | 3,82 |
| Convencional | Tratamento com CaCl ₂ | 4593,4 ^A | 0,5997 ^{BC} | 20,7 ^{CD} | 1,04 | 1,04 | - | 2,42 |
| | Tratamento com Ác. Ascórbico | 2194,8 ^A | 0,6151 ^{BC} | 27,4 ^{BC} | 1,02 | 1,06 | 69,27 ^A | 2,07 |

Comparando os controlos 1 e 2 estes são um pouco diferentes isto deve-se ao fato de se ter utilizado para os dois ensaios lotes diferentes de framboesa.

3.1.1. Dureza

Os dados estatísticos relativos à dureza mostram que não existe diferenças entre as amostras de controlos e as restantes amostras. No entanto, a tabela 8 e 9 do Anexo 2, permite observar valores bastante díspares para este parâmetro, principalmente entre as amostras de controlo e as desidratadas. Assim, inexistência de diferenças significativas poderá ser devida à grande variabilidade verificada nos resultados das diferentes medições de dureza. Isto acontece porque dentro de um lote pode se ter framboesas com qualidades diferentes que podem indicar deterioração sofrida pelo produto como refere o autor (SILVA, 1973).

Assim justifica-se uma análise destes resultados, principalmente porque o manuseamento das amostras permitiu identificar claras alterações de dureza nas diversas amostras relativamente ao controlo. No caso de comparar o mesmo pré-tratamento após secagem, verifica-se que o processo de secagem interfere no aumento de dureza. No entanto constata-se que os pré-tratamentos também influenciam, isto é, o pré-tratamento com NaOH aumenta mais a dureza e o pré-tratamento com ácido ascórbico o aumento de dureza tem menor valor. A razão pela qual o ácido ascórbico não faz aumentar mais a dureza é porque ele tem a finalidade de inativar as enzimas. O branqueamento químico com NaOH faz enriquecer a pele e acelera a secagem segundo a literatura. (IFE et al., 2003)

No pré-tratamento com CaCl_2 o valor aumenta mais proporcionalmente na secagem convencional em relação à liofilização. O cloreto de cálcio vai melhorar a dureza e aumentar a viscosidade o que faz diminuir os ganhos em açúcares e aumentar as perdas de água. Os resultados contrariam o referido na secagem da cereja (TEIXEIRA, 2014) porque no caso das amostras de secagem convencional o °brix aumentou e as perdas de água foram inferiores à liofilização.

3.1.2. Aw

Na observação dos resultados do aw vê-se uma clara redução do aw que vai desde a secagem convencional para a liofilização. Dentro da liofilização as amostras com pré-tratamento CaCl_2 e sem tratamentos são as que tiveram valores mais baixos.

3.1.3. Humidade

No parâmetro da humidade, verificam-se diferenças entre as amostras de controlo e as restantes amostras, havendo um decréscimo de humidade da secagem convencional para a liofilização, sendo as amostras com pré-tratamentos NaOH e CaCl_2 da secagem convencional, bem como todas as amostras da liofilização apresentam o menor valor de humidade.

3.1.4. Reidratação

Avaliando os valores de reidratação, a liofilização aumenta a capacidade de reidratação para mais do dobro em relação à secagem convencional isto explica como o método de secagem pode reduzir a capacidade de reidratação. A retenção de sólidos no caso da secagem convencional mostra como houve destruição da malha interna da framboesa ou seja destruição do tecido vegetal e isto, é refletido na permeabilidade para o soluto. Essa destruição pode ter sido causada pela temperatura de secagem (40 °C).

3.1.5. °Brix

Pela análise estatística do °brix, as amostras são diferentes. As amostras liofilizadas têm um °brix menor, sendo as amostras com pré-tratamentos NaOH e CaCl_2 liofilizadas com menor valor de °brix. A amostra de secagem convencional com pré-tratamento com ácido ascórbico possui o maior °brix. Na secagem convencional e para os pré-tratamentos NaOH e CaCl_2 não se conseguiu ler os valores de brix devido à fraca reidratação das amostras.

3.1.6. Cor

Analisando a tabela da framboesa no Anexo 2, temos dois controles diferentes e resultados antes das secagens. Antes da liofilização e da secagem convencional, os valores que dizem respeito às amostras com pré-tratamento com ácido ascórbico tem menor alteração de cor. Na secagem convencional há menos alteração de cor do que a liofilização. A amostra da secagem convencional com o pré-tratamento ácido ascórbico tem um $\Delta E \leq 2,3$ logo o valor não é significativo. Na liofilização é com o pré-tratamento de ácido ascórbico que temos menor alteração de cor assim como para a secagem convencional. Nos pré-tratamentos as cores são diferentes do controle porque $\Delta E > 2,3$, na bibliografia esta diferença de cor se deve ao branqueamento químico que leva a descoloração. (IFE et al., 2003)

Análise das cinéticas

Nas cinéticas da liofilização da framboesa (Figura 47), verifica-se que os pré-tratamentos influenciam a curva de secagem. No caso da secagem da amostra com pré-tratamento NaOH e o pré-tratamento com ácido ascórbico seguem a mesma curva de secagem. A secagem da amostra com o pré-tratamento CaCl_2 é mais eficiente.

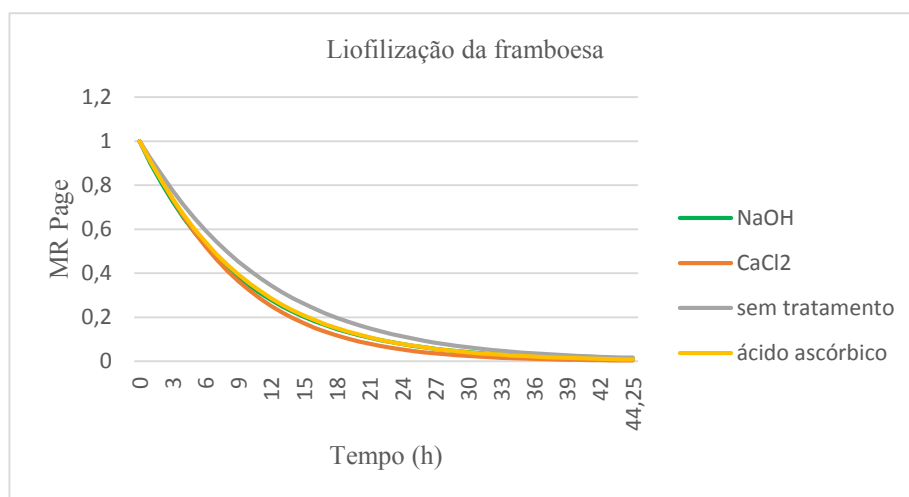


Figura 47: Cinéticas da liofilização da framboesa

Nas cinéticas da secagem no forno (Figura 48), inicialmente todas as amostras com pré-tratamento têm a mesma tendência. A amostra sem pré-tratamento é desde o início mais

lenta. As curvas de secagem no forno são distintas a meio da secagem exceto as curvas com os pré-tratamentos de NaOH e ácido ascórbico. A secagem da framboesa é mais rápida com o pré-tratamento CaCl_2 .

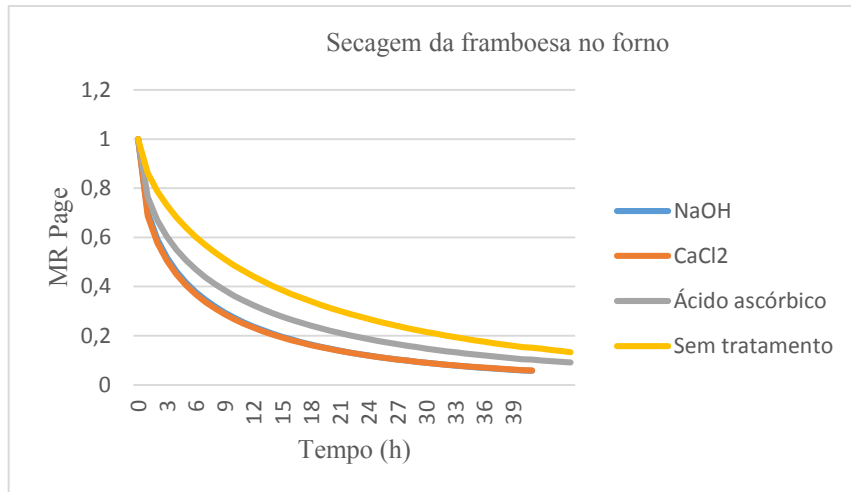


Figura 48: Cinéticas da secagem convencional da framboesa

Comparando as cinéticas de secagem por liofilização e secagem convencional da framboesa (Figura 49) para todos os pré-tratamentos efetuados, observa-se que inicialmente a curva da amostra da framboesa, da secagem convencional com os pré-tratamentos de CaCl_2 e NaOH, são as mais rápidas. Na amostra da cinética da secagem convencional da framboesa sem tratamento vê-se que a secagem é mais lenta. De forma geral, a secagem convencional é mais rápida no início mas com o tempo deixa de ser. Na liofilização atinge-se níveis de desidratação maiores.

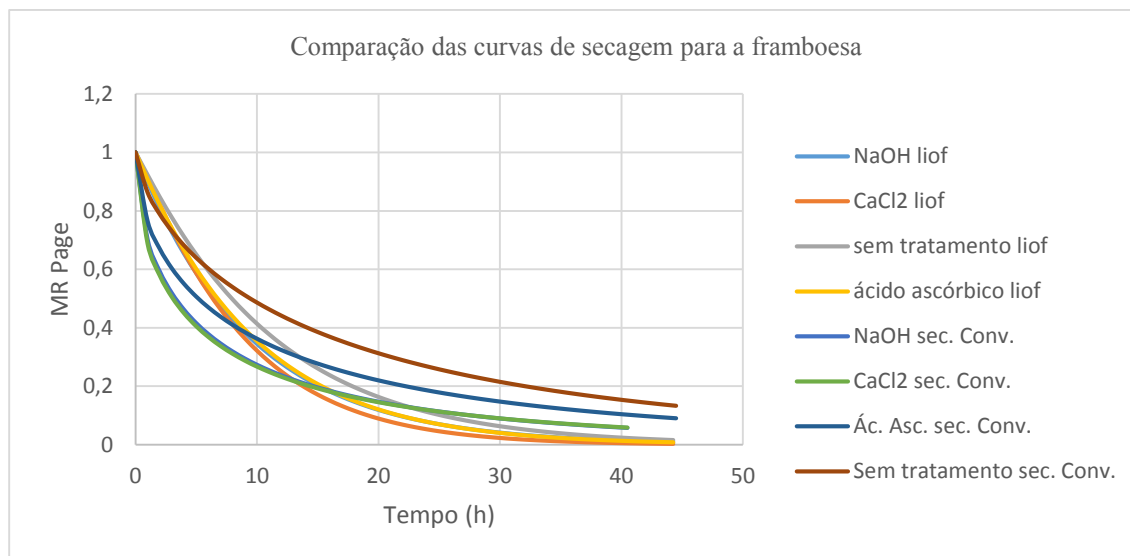


Figura 49: Comparação das curvas de secagem para a framboesa

3.2. Nêspera

Foi feita a análise estatística a todos os parâmetros da liofilização da nêspera. Na tabela 6 encontram-se os resultados obtidos para os parâmetros da nêspera.

Tabela 6: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da nêspera. Amostras com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes

| Processo de secagem | Amostras Nêspera | Textura (dureza) | Aw | Brix | Humidade (%) | Reidratação | | Brix Após 1 min | ΔE |
|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|------|-------------------|-------------|------|---------------------|-------|
| | | | | | | 1min | 5min | | |
| | Controlo | 2287,6 ^A | 0,9928 ^A | 6,10 | 89,3 ^A | - | - | - | - |
| Liofilização | Sem tratamento | 4385,1 ^A | 0,1849 ^B | - | 9,9 ^B | 2,36 | 2,31 | 13,93 ^B | - |
| | Tratamento com NaOH | 2508,8 ^A | 0,2335 ^B | - | 9,1 ^B | 2,25 | 2,89 | 15,33 ^{AB} | 4,37 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 2427,0 ^A | 0,1782 ^B | - | 8,5 ^B | 2,65 | 2,54 | 10,07 ^C | 7,39 |
| | Tratamento com Ác. Ascórbico | 1687,2 ^A | 0,3184 ^B | - | 9,9 ^B | 2,12 | 2,49 | 17,50 ^A | 53,89 |

3.2.1. Dureza

No parâmetro da dureza não há diferença entre amostras, nem em relação à amostra de controlo.

3.2.2. Aw

No parâmetro aw há diferenças entre a amostra de controlo e as restantes amostras liofilizadas. Mais uma vez as amostras liofilizadas tem menor aw.

3.2.3. Humidade

Relativamente ao parâmetro da humidade existe apenas diferenças entre a amostra de controlo e as amostras liofilizadas tendo estas menos humidade, sendo uma situação espectável porque as amostras sofreram desidratação.

3.2.4. Reidratação

Na reidratação as amostras mais que duplicaram o seu peso. As amostras com pré-tratamento de NaOH e ácido ascórbico têm menor capacidade de reidratação ao fim de 1 minuto.

3.2.5. °Brix

É no °brix onde se encontra diferenças mais notórias, isto porque verifica-se diferença entre amostras, no caso da amostra com pré-tratamento com CaCl_2 é o de menor o valor de °brix enquanto com o pré-tratamento com ácido ascórbico tem maior valor de °brix. As amostras com pré-tratamento com ácido ascórbico ao ter maior °brix conferem menor capacidade de reidratação ao fim de 1 minuto. Como anteriormente, na secagem da framboesa por liofilização o ácido ascórbico faz aumentar o °brix.

3.2.6. Cor

Todas as amostras, relativas ao parâmetro da cor são diferentes entre si e mesmo antes e depois de secagem. O que revela maior alteração na cor é a amostra com o pré-tratamento de ácido ascórbico. A amostra que menos alterações teve na cor foi a do pré-tratamento com NaOH.

Análise das cinéticas

Na liofilização da nêspera, a curva da secagem relativa à amostra da nêspera sem pré-tratamento diferencia-se das que têm pré-tratamentos, com uma secagem mais rápida (Figura 50).

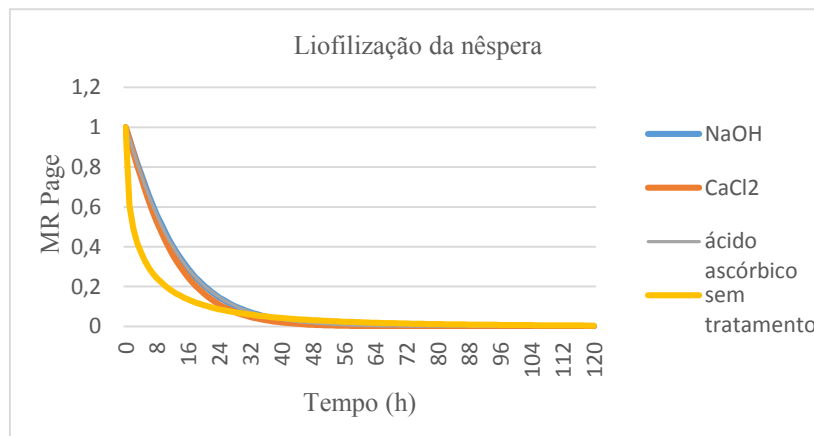


Figura 50: Cinéticas da liofilização da nêspera

3.3. Melancia

A tabela 7 mostra os resultados obtidos na liofilização e secagem convencional na estufa, para a melancia, em cada parâmetro assim como a análise estatística.

Tabela 7: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização e secagem convencional da melancia. Amostras com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes.

| Processo de Secagem | Amostras Melancia | Textura (dureza) | Aw | Humidade (%) | Reidratação | | Brix | ΔE |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------|------|--------------------|-------|
| | | | | | 1min | 5min | Após 1min | |
| | Controlo | 2803,0 ^A | 0,9944 ^A | 91,3 ^A | - | - | - | - |
| Liofilização | Sem tratamento | 2320,2 ^C | 0,1414 ^E | 11,8 ^C | 1,84 | 2,48 | 18,47 ^C | 21,77 |
| | Tratamento osmótico | 2712,8 ^C | 0,1956 ^D | 11,4 ^C | 1,88 | 2,72 | 20,07 ^C | 4,59 |
| | Controlo | 5788,2 ^A | 0,9921 ^A | 90,6 ^A | - | - | - | - |
| Secagem | Sem tratamento | 200,6 ^B | 0,4794 ^C | 15,3 ^B | 1,15 | 1,50 | 80,57 ^B | 19,08 |
| Convencional | Tratamento osmótico | 415,4 ^B | 0,5374 ^B | 15,9 ^B | 1,03 | 1,12 | 84,93 ^A | 8,00 |

3.3.1. Dureza

Nos valores da dureza, há diferenças entre as amostras de controlo1 e controlo 2 em relação às restantes, isto pode acontecer, por o grau de maturação dos controlos ser diferente um do outro. Verificam-se também diferenças entre as duas tecnologias de secagem. Os valores da dureza para as amostras liofilizadas são menores aproximando-se muito do valor da dureza do controlo. Na secagem convencional a dureza é muito maior. Tanto na liofilização bem como na secagem convencional não há diferenças nas amostras com e sem pré-tratamento.

3.3.2. Aw

No aw, há existência de diferenças nas amostras de controlo relativamente às restantes amostras. Aqui é notório a diferença nas duas tecnologias de secagem, isto é, a liofilização

tem um menor valor de aw. Na liofilização e na secagem convencional, as amostras sem tratamento são as que têm menor valor de aw.

3.3.3. Humidade

As amostras de controlo apresentam diferenças a nível da humidade relativamente ao resto das amostras. As que tem menor valor de humidade são as amostras liofilizadas, também como foi referido anteriormente. Os resultados obtidos no trabalho efetuado pelo autor Portela no estudo do aproveitamento da melancia, para a humidade foi de 25,25% para amostras sem tratamento enquanto neste trabalho obteve-se o valor de 15,3%. Nas amostras com pré-tratamento osmótico obteve 13,19% e aqui foi de 15,9%. A diminuição de humidade está relacionada com a secagem prévia. Apesar destas diferenças pode-se dizer que os pré-tratamentos para cada tecnologia não são significativos. (PORTELA, 2009)

3.3.4. Reidratação

As amostras liofilizadas apresentam grande capacidade de reidratação e seus pesos duplicam depois de 5 minutos de reidratação em relação as amostras de secagem convencional. Esta situação já tinha sido referenciado anteriormente, na liofilização da framboesa e da nêspera.

3.3.5. °Brix

Ao analisar os resultados obtidos para o °brix, aqui nitidamente se verifica uma diferença entre tecnologias de secagem. Para a liofilização obtém-se valores de °brix menores enquanto na secagem convencional são maiores. Mais uma vez este resultado segue a tendência da secagem da framboesa e da nêspera em que a valores de °brix menores correspondem maior capacidade de reidratação. O pré-tratamento com osmose obteve resultados quase no dobro conseguidos pelo trabalho de secagem de polpa de melancia do autor Portela no estudo da melancia, esta situação pode dever-se ao fato das amostras terem ficado mais tempo na solução osmótica.

3.3.6. Cor

Analisando o parâmetro da cor, este revela que todas as amostras são significativamente diferentes da amostra de controlo. A amostra que promove menor alteração de cor é a amostra da liofilizada e com tratamento osmótico.

Análise das cinéticas

Da cinética da liofilização da melancia (Figura 51), pode-se dizer que as duas secagens não diferem muito uma da outra.

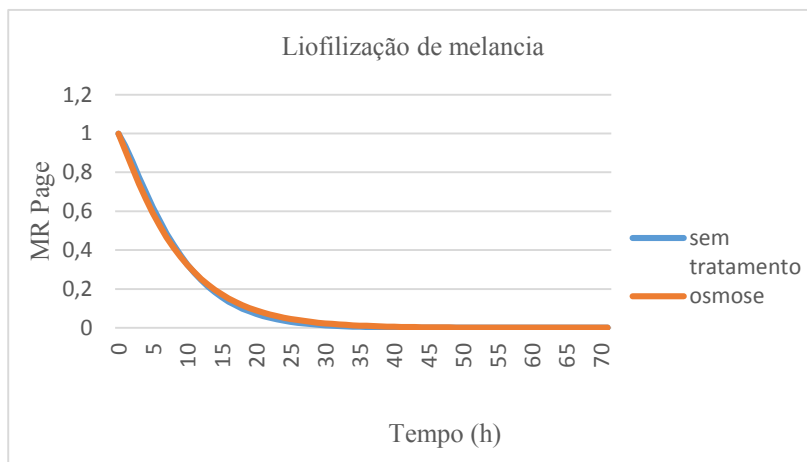


Figura 51: Cinéticas da liofilização da melancia

As cinéticas de secagem da melancia na estufa mostram que as curvas seguem a mesma tendência (Figura 52).

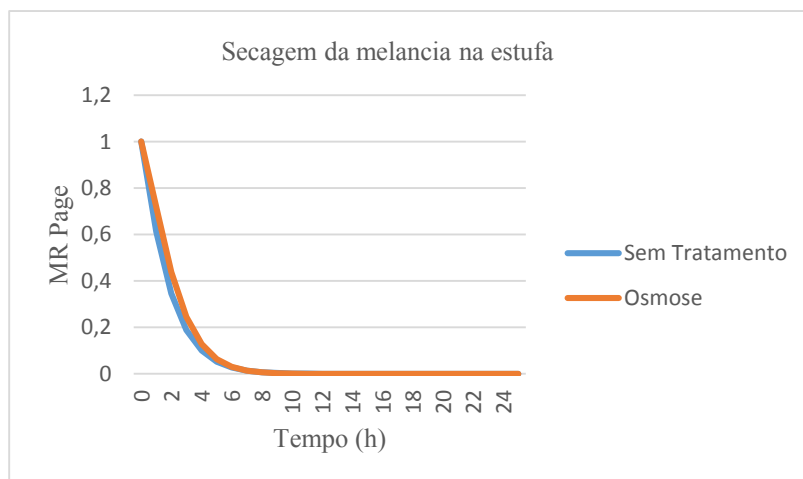


Figura 52: Cinéticas da secagem convencional da melancia

Na comparação das secagens por liofilização e secagem convencional (Figura 53) constata-se a diferença nas tecnologias, isto é, a secagem convencional é mais rápida do que a liofilização.

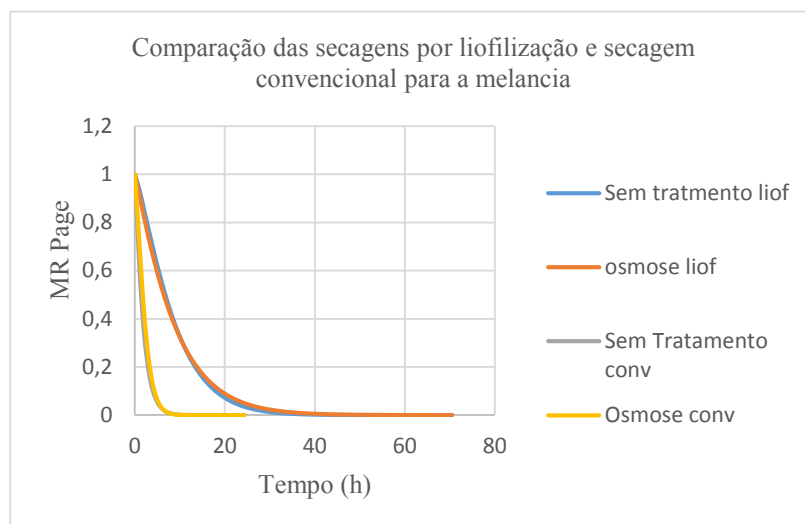


Figura 53: Comparação das secagens por liofilização e secagem convencional para a melancia

Comparando as cinéticas da liofilização dos três frutos (nêspera, framboesa e melancia) (Figura 54), a curva de secagem da nêspera sem tratamento diferencia-se muito das outras. A cinética mostra que a secagem da nêspera sem pré-tratamentos é mais rápida inicialmente sendo a amostra da nêspera com pré-tratamento com ácido ascórbico mais lentas dos três frutos. No caso da melancia sem tratamento a secagem é rápida mas é a que atinge mais depressa a estabilidade.

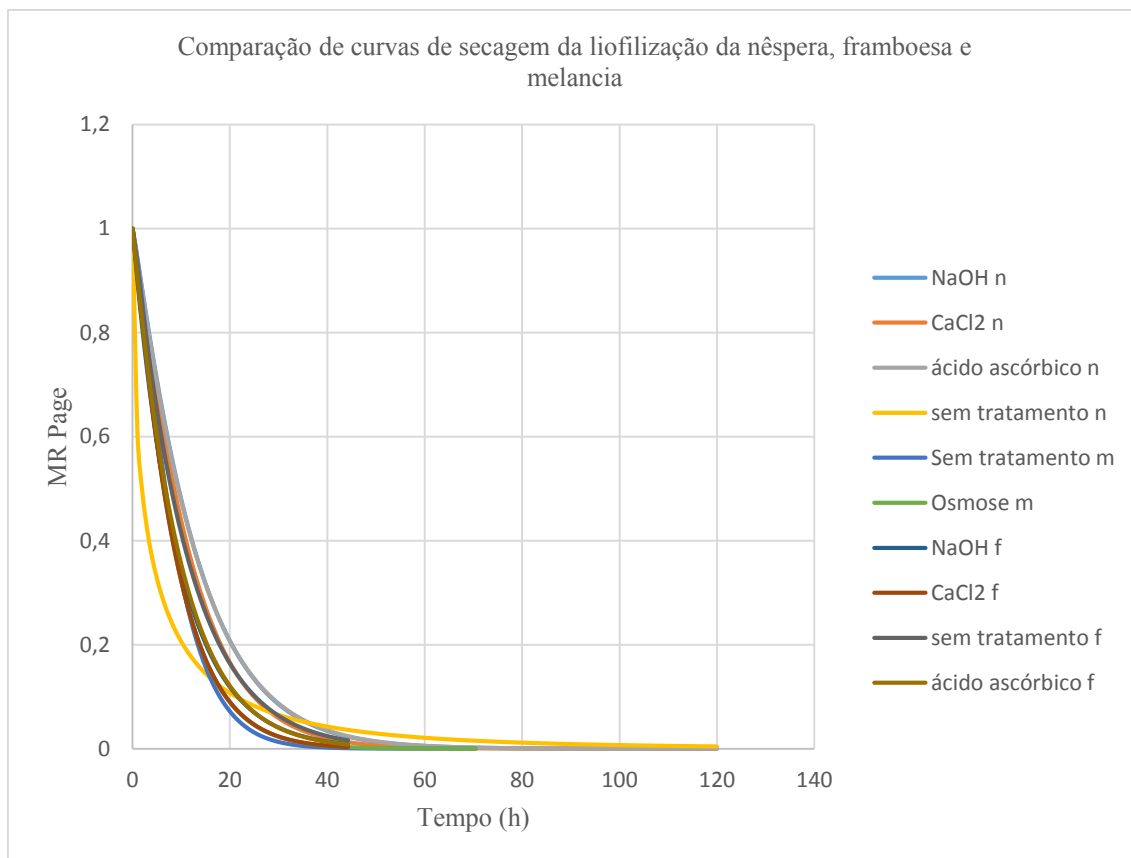


Figura 54: Comparação das cinéticas da liofilização dos três frutos nêspera, framboesa e melancia

4. Conclusão

Neste trabalho, considerando os objetivos propostos e mediante os resultados obtidos neste estudo comparativo de processos de desidratação por liofilização e secagem convencional, obtiveram-se as seguintes conclusões:

A liofilização foi realizada à temperatura – 89°C, a secagem no forno industrial a 40°C e a secagem na estufa a 50°C. Realizaram-se os ensaios com as seguintes matérias-primas: framboesa, nêspira e melancia. Elaboraram-se vários ensaios para a liofilização e secagem convencional onde se analisaram os seguintes parâmetros: dureza, aw, humidade, reidratação, °brix e cor. Com os valores dos parâmetros antes e depois das secagens, trataram-se estatisticamente as médias dos resultados, com a ajuda do teste de Tukey.

Neste estudo foram analisados vários parâmetros com o objetivo de perceber o impacto no produto que tem cada tecnologia de secagem.

No parâmetro da dureza da framboesa e da nêspira após as secagens não se verifica diferenças nas tecnologias mas, na melancia já temos essa diferenciação sendo a secagem convencional a que confere maior dureza.

Através destes ensaios mostra-se claramente que a liofilização diminui a humidade das amostras. Os pré-tratamentos NaOH e CaCl₂ da liofilização baixam a humidade para a framboesa.

A framboesa e a melancia sem tratamento têm os valores de aw mais baixos assim como o pré-tratamento de CaCl₂ para a framboesa.

Nos ensaios para a análise do °brix não há dúvidas que a secagem convencional tem valores maiores de °brix mas o pré-tratamento com ácido ascórbico ajuda a ter melhor °brix nas duas tecnologias.

Antes das secagens o ácido ascórbico não altera muito a cor. As secagens que alteram menos a cor é a secagem convencional sem tratamento e com pré-tratamento de NaOH para a framboesa e na liofilização são os tratamentos osmótico para a melancia e os pré-tratamentos com NaOH para a nêspira.

As amostras liofilizadas mostraram melhor capacidade de reidratação do que a secagem convencional. Os pré-tratamentos com ácido ascórbico e NaOH obtiveram melhor capacidade de reidratar após 1 minuto apesar de que o pré-tratamento osmótico também mas levando um pouco mais de tempo 5 minutos.

Com os resultados obtidos ao longo da secagem, realizou-se a modelação matemática das cinéticas de secagem com o modelo de Page ajustado aos dados experimentais.

As cinéticas de secagem da framboesa para a liofilização e secagem convencional, mostram que as amostras com pré-tratamento CaCl_2 melhoram a velocidade de secagem. No caso da nêspera, a velocidade da nêspera é mais eficiente quando não existe pré-tratamento.

Comparando as duas tecnologias, a liofilização e a secagem convencional na framboesa e na melancia constata-se que a secagem convencional é mais rápida inicialmente apesar de que a liofilização permite atingir níveis maiores de desidratação.

Quando comparado as cinéticas da liofilização dos três frutos conclui-se que a secagem mais rápida é para a nêspera sem tratamento, a framboesa com pré-tratamento CaCl_2 e ácido ascórbico. A cinética mais lenta é a da framboesa sem tratamento.

Como trabalho futuro a desenvolver a partir do estudo realizado, sugere-se experimentar processos de secagem combinados.

Em conclusão geral, estudou-se processos de desidratação e pode-se avaliar o impacto que a desidratação causa na matéria-prima. Desta forma cumpriram-se os objetivos principais deste estudo.

5. Referências bibliográficas

ALMEIDA, L.H., **Qualidade de Morango e Framboesa: efeito de diferentes práticas culturais, datas de colheita e estabilidade durante conservação sob congelamento** – Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia de Lisboa, 2012.

ALMEIDA, P., **Influência do tratamento ultrassônico na desidratação convectiva da maçã fuji**- Dissertação de mestrado em engenharia química, Universidade federal do Ceará, 2012.

AMORÓS, A., ZAPATA, P., PRETEL, M.T., BOTELHA, M.A., SERRANO, M., **Physico-chemical and Physiological changes during fruit development and ripening of five loquat cultivars**, Food SciTech. Int. v.9, n.1, p 43-51, 2003.

BOBBIO, A.P., BOBBIO, F.O., **Química do processamento de alimentos**, Livraria Varela, 2.ed., São Paulo, 1992.

BORGES, S., **Drying kinetics of bananas by natural convection: Influence of temperature, shape, blanching and cultivar** *Cinética, Ciência e Agrotecnologia* [1413-7054], vol.35, p.368, 2011.

BOUDENOT, J., **Histoire des sciences**, Reflets de la Physique, Science et Société, n.2, 2006.

BROOKER, D. B., BAKER-ARKEMA, F. W., HALL, C. W., **Drying and storage of grains and oilseeds**, New York: AVI Book, p. 450, 1992.

CARVALHO, R. N., **Cultivo da melancia para a agricultura familiar**, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 1999.

CHITTARA, M.I.F., CHITTARA, A.B., **Pós- colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**, Universidade Federal de Lavras (UFLA), p.208, 2005.

CHRISTENSEN, C. M., KAUFMANN, H. H., **Storage of cereal grain and their products**, St. Paul: American Association of Cereals Chemists, p.158-192, 1974.

CORRÊIA, P.C., ARAÚJO, E.F., AFONSO JÚNIOR, P.C., **Determinação dos parâmetros de secagem em camada delgada de sementes de milho doce (*Zea mays L.*)**, Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.2, p 110-119, 2003.

CORNEJO, F., NOGUEIRA, R., WIBERG, **Secagem e desidratação**-Ageitec, 2015.

DIAS, C., **Cerca de 90% da produ o nacional de framboesa concentra-se na zona de Odemira**, Jornal o Público, junho 2015.

FELLOWS, P.J., **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e práticas**, São Paulo, Artmed, 2006.

FROGERAIS, A., **Les origines de la Fabrication des antibiotiques en France: Fabrication de la P nicilline**, 2015.

GORI, L.M., CROZZA, D.E., PAGANO, A.M., **Desarrollo de ingenieria de proceso para la deshidratacion de frutas (Ciruelas President)**, Facultad de Ingenieria y Programa institucional Alimentos –UNICEN, Argentina.

IFE, F.J., BAS,K., **La conservation des fruits et des l gumes**, Fondation Agronomisa, Wageningen, Série Agrodok n.3, 2003.

JENNINGS, T.A, **Lyophilization: Introduction and Basic Principles**, Phase Technologies, 1999.

MEDEIROS, A.B., **Liofiliza o celular e sua aplica o na reprodu o animal**-Monografia em medicina veterinária, Faculdade de agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2014.

MEDEIROS,R.D., HALFELD,B.A., **Cultura de Melancia em Roraima**, Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, **Catálogo Nacional de Variedades**, Dire o de Serviços de Sanidade Vegetal da Divisão de Variedades de Sementes, 2014.

MAHY, M., EYCKEN, L.V., OOSTERLINCK, A., **Evaluation of Uniform Color Spaces Developed after the Adoption of CIELAB and CIELUV**, v.19, n.2, Belgium, April 1994.

- MOTA, J.A., **Manual de produção integrada de framboesa**, Secretaria Regional da Agricultura e florestas da Direção Regional do desenvolvimento Agrário, 2012.
- NAVES, M.M.V., **Beta-Caroteno e Câncer** – Artigo de revisão, n.11, p. 99- 115, Campinas, jul./dez, 1998.
- OJIMA,M., CAMPO DALL'ORTO, F.A., BARBOSA, W. MARTINS, F.P., SANTOS, R.R., **Cultura da nespereira**, Instituto Agronômico, Campinas, n.185, p.36, 1999.
- PANCHARIYA, P. C., POPOVIC, D., SHARMA, A. L., **Thin-layer modeling of black tea drying process**, Journal of Food Engineering, Davis, v.52, n.4, p.349-357, 2002.
- PARK, K. J., VOHNIKOZA, Z., BROD, F. P. R., **Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (Mentha crispa L.)**, Journal of Food Engineering, Davis, v.51, n.3, p.193-199, 2002.
- PELAEZ, C., **Congelación de Cuajadas**, *Alimentaria*, Madrid, n. 144, p. 19- 22, 1983.
- PENTEADO, S.R., JUNQUEIRA,W.R., **Nêpera: Manual técnico das culturas**, Instituto Agronômico, 2.ed. p.267-273, 1997.
- PIO, R., CHAGAS, E.A., BARBOSA, W., DALL `ORTO, **Aspectos técnicos do cultivo da nespereira**, Faculdade de Agronomia de Campinas, 2006.
- PORTELA, J.V.F., **Estudo dos aspectos tecnológicos e de qualidade envolvidos no aproveitamento da casca e da polpa de melancia** – Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, 2009.
- ROMERO, J. T., GABAS, A. L., YAMASHITA, F., TELIS, V. R. N., MENEGALLI, F. C., **Secagem de produtos alimentícios**, São José do Rio Preto: UNESP, p. 58, 1997.
- SILVA, S.D., **Cor: definição e métodos de medição**, Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, n. 36, p. 75-85, Campinas, 1973.
- SOUZA, M.B., CURADO, T., VASCONCELLOS, F.N., TRIGO,M.J., **Framboesa-qualidade pós-colheita**, Folhas de divulgação Agro556, n.6, 2007.
- TEIXEIRA, **Secagem de cereja** – Dissertação de licenciatura em Nutrição Humana e Qualidade Alimentar, Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco, 2014.

TOLEDO, R.T., **Fundamentals of Food Process Engineering**, New York: Chapman e Hall, p 398-436, 1991.

VIEIRA, A. P., NICOLETI, J.F., TELIS, V.R.N., **Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto**- Brazilian journal of Food Technology, vol. 15, n.1, 50 – 58, jan/mar, 2012.

6. Referências webgráficas

INOVLÍNEA-Centro de transferência de tecnologia Alimentar, <http://tagusvalley.pt/pt/servicos/inovlinea-transferencia-de-tecnologia-alimentar/> (acesso em 14 de agosto de 2015)

Medicografia, <http://www.medicographia.com/2014/05/a-touch-of-france-claude-bernard-1813-1878-and-experimental-medicine-physiology-physiology-its-in-me/>. (Acesso em agosto de 2015)

Equipamentos industriais, <http://www.sbvindustrial.com/equipos-de-proceso/>.(Acesso em abril de 2015)

Miranda, <http://christianomirandaquimica.blogspot.pt/2013/03/diagrama-de-fase.html>.(Acesso em abril de 2015)

Empower Pharmacy, <https://empower.pharmacy/freeze-drying-lyophilization.html>. (Acesso em agosto de 2015)

Technalysis, http://www.technalysis.com/freeze_dry_software.aspx. (Acesso em julho de 2015)

Diário agrícola, http://diarioagrario.blogspot.pt/2015_01_25_archive.html. (Acesso em agosto de 2015)

Pepinière, <https://www.botanic.com/jardinerie/lesproduits/pepiniere/petitsfruits/framboisier-heritage-bio/116349>. (Acesso em agosto de 2015)

Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA), <http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/PorPalavraChave.aspx> (Acesso em maio de 2015)

Isupermarket, <http://www.isupermarket.com.br/polpa-de-melancia-100-gr.html>. (Acesso em agosto de 2015)

Globo.com, <http://g1.globo.com/Noticias/PlanetaBizarro/0,,MUL592316-6091,00-MELANCIA+DE+CASCA+NEGRA+E+LEILOADA+A+PRECO+RECORDE+DE+US+MIL.html>. (Acesso em agosto de 2015)

Suriemu, <http://blog.suri-emu.co.jp/?p=6011>.(Acesso em agosto de 2015)

Alimentação saudável: Guia de nutrição,

<http://www.alimentacaosaudavel.org/melancia.html>. (Acesso em agosto de 2015)

Forma Saudável, <http://formasaudavel.com.br/nespera/>. (Acesso em setembro de 2015)

Hortipédia, <http://www.hortiescolha.com.br/hortipedia/produto/nespera> .(Acesso em setembro de 2015)

Diário de farmácia, <http://diariodefarmacia2010.blogspot.pt/2012/03/liofilizacao.html>.(Acesso em setembro de 2015)

Flexo Magazine, <http://flexomagazine.blogspot.pt/2010/10/colorimetria-transformando-teoria-em.html>. (Acesso em setembro de 2015)

Extralab, <https://blogextralab.wordpress.com/2014/05/22/texturometro-na-analise-do-salgadinho-extrusado/>.(Acesso em setembro de 2015)

ANEXO 1- Listagem das espécies de melancia cultivadas em Portugal

| MELANCIA | | | | | | |
|--|-------|------|--------------------|-----------------------------------|------------------|------|
| <i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. et Nakai | | | | | | |
| DENOMINAÇÃO | LISTA | TIPO | PROPONENTE | RESPONSÁVEL SELEÇÃO DE MANUTENÇÃO | ANO DE INSCRIÇÃO | OBS. |
| Amazonia | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2014 | |
| Ares | b | H | agro-TIP (91) | agro-Tip (122) | 2015 | PE |
| Blackita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2015 | |
| Brasilian Beauty | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2015 | |
| Calimero | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2013 | |
| Crimara | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2006 | |
| Crimson Giant | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 1996 | |
| Dollarita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2015 | |
| Early Scarlet | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2014 | |
| Emerita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2012 | |
| Esaloque | b | - | Fátima Quedas (68) | Fátima Quedas (21) | 2008 | T |
| Esmeralda | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2009 | |
| Esmeraldita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2011 | |
| Fortuna | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2014 | |
| Giant Flesh | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 1996 | |
| Karnakata | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2006 | |
| La Bestia | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2011 | |
| Long Crimson | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 1996 | |
| Lord | b | H | agro-TIP (91) | agro-Tip (122) | 2013 | |
| Magia Negra | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 1996 | |
| Marbella | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2011 | |
| Marianita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2012 | |
| Mega 4color | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2013 | |
| Megacrimson | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2012 | |
| Midi 4color | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2013 | |
| Mini Blue | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2011 | |
| Palatina | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2013 | |
| Prismatica | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2007 | |
| Rambla | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 1998 | |
| Revelation | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2007 | |
| Romeria | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2006 | |
| Royal Peacock | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2006 | |
| Ruby Density | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2013 | |
| Saint Tropez | b | H | Fenix (103) | Fenix (841) | 2015 | |
| Santa Nella | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2014 | |
| Saporita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2015 | |
| Sinrubita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2006 | |
| Super Gun | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2013 | |
| Texanita | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2010 | |
| Topmara | b | H | Alípio Dias (11) | United Genetics (462) | 2012 | |

H – variedade híbrida
 OBS.: T- variedade tradicional
 PE – Porta-Enxerto

Fonte: (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2014)

ANEXO 2 – Tabelas dos resultados dos parâmetros relativo à desidratação da framboesa

Tabela 8:Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da framboesa

| Processo de secagem | Amostras Framboesas | Textura (dureza) | Aw | Humidade (%) | Reidratação | | Brix | ΔE face ao controlo |
|---------------------|----------------------------------|------------------|--------|--------------|-------------|------|-----------|-----------------------------|
| | | | | | 1min | 5min | Após 1min | |
| - | Controlo nº1 | 472,3 | 0,9882 | 87,6 | - | - | - | - |
| | Tratamento com NaOH | 139,3 | 0,9921 | 86,1 | - | - | - | 6,9 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 203,5 | 0,9911 | 86,7 | - | - | - | 4,8 |
| | Tratamento com Ácido Ascórbico | 384,7 | 0,9905 | 88,3 | - | - | - | 1,8 |
| Liofilização | Sem tratamento | 4129,0 | 0,2376 | 14,0 | 2,33 | 2,55 | 30,50 | 8,1 |
| | Tratamento com NaOH | 1860,1 | 0,2915 | 11,7 | 3,42 | 2,36 | 23,63 | 6,5 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 1518,8 | 0,0958 | 11,6 | 2,38 | 2,07 | 19,36 | 11,8 |
| | Tratamento com Ácido Ascórbico | 1571,8 | 0,2750 | 11,8 | 2,16 | 2,23 | 28,50 | 5,3 |

Tabela 9: Tabela de resultados dos parâmetros para a secagem convencional da framboesa

| Processo de secagem | Amostras Framboesas | Textura (dureza) | Aw | Humidade (%) | Reidratação | | Brix | ΔE face ao controlo |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|--------|-----------------|-------------|------|--------------|-----------------------------------|
| | | | | | 1min | 5min | Após 1min | |
| - | Controlo nº2 | 243,0 | 0,9949 | 85,5 | - | - | - | - |
| | Tratamento com NaOH | 223,2 | 0,9932 | 85,6 | - | - | - | 6,56 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 235,4 | 0,9929 | 85,6 | - | - | - | 10,35 |
| | Tratamento com Ácido Ascórbico | 285,4 | 0,9916 | 85,4 | - | - | - | 2,92 |
| Secagem Convencional | sem tratamento | 1710,1 | 0,7027 | 35,8 | 1,03 | 1,05 | 59,13 | 5,12 |
| | Tratamento com NaOH | 4012,5 | 0,4839 | 21,1 | 1,05 | 1,11 | - | 3,82 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 4593,4 | 0,5997 | 20,7 | 1,04 | 1,04 | - | 2,42 |
| | Tratamento com Ácido Ascórbico | 2194,8 | 0,6151 | 27,4 | 1,02 | 1,06 | 69,27 | 2,07 |

ANEXO 3- Resultados da estatística da framboesa relativa à desidratação

DUREZA

Tabela 10: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da dureza, para a framboesa relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 9 | 62262254,12 | 6918028,236 | 2,0337817 | 0,089 |
| Resíduos | 20 | 68031178,25 | 3401558,913 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|---|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Ác. Asc. Sec conv-Ác. Asc. Liof | 622,97 | -4709,547938 | 5955,492605 | 0,9999895 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Liof | -53,04 | -5385,561272 | 5279,479272 | 1 |
| CaCl2 sec conv-Ác. Asc. Liof | 3021,6 | -2310,923938 | 8354,116605 | 0,6044177 |
| Controlo 1-Ác. Asc. Liof | -1099 | -6432,008605 | 4233,031938 | 0,9988798 |
| Controlo 2-Ác. Asc. Liof | -1329 | -6661,370938 | 4003,669605 | 0,9953651 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | 288,27 | -5044,253938 | 5620,786605 | 1 |
| NaOH sec conv-Ác. Asc. Liof | 2440,7 | -2891,846272 | 7773,194272 | 0,8235302 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. Liof | 2557,1 | -2775,402938 | 7889,637605 | 0,7843871 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. Asc. Liof | 138,27 | -5194,246605 | 5470,793938 | 1 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Sec conv | -676 | -6008,533605 | 4656,506938 | 0,9999789 |
| CaCl2 sec conv-Ác. Asc. Sec conv | 2398,6 | -2933,896272 | 7731,144272 | 0,8367799 |
| Controlo 1-Ác. Asc. Sec conv | -1722 | -7054,980938 | 3610,059605 | 0,9731225 |
| Controlo 2-Ác. Asc. Sec conv | -1952 | -7284,343272 | 3380,697272 | 0,9432564 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Sec conv | -334,7 | -5667,226272 | 4997,814272 | 1 |
| NaOH sec conv-Ác. Asc. Sec conv | 1817,7 | -3514,818605 | 7150,221938 | 0,9625887 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. Sec conv | 1934,1 | -3398,375272 | 7266,665272 | 0,946124 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. Asc. Sec conv | -484,7 | -5817,218938 | 4847,821605 | 0,9999988 |

| | | | | |
|--|--------|--------------|-------------|-----------|
| CaCl ₂ sec conv-CaCl ₂ liof | 3074,6 | -2257,882938 | 8407,157605 | 0,582818 |
| Controlo 1-CaCl ₂ liof | -1046 | -6378,967605 | 4286,072938 | 0,9992379 |
| Controlo 2-CaCl ₂ liof | -1276 | -6608,329938 | 4056,710605 | 0,996556 |
| NaOH liof-CaCl ₂ liof | 341,31 | -4991,212938 | 5673,827605 | 0,9999999 |
| NaOH sec conv-CaCl ₂ liof | 2493,7 | -2838,805272 | 7826,235272 | 0,8061277 |
| Sem tratamento liof-CaCl ₂ liof | 2610,2 | -2722,361938 | 7942,678605 | 0,7654835 |
| Sem tratamento sec conv-CaCl ₂ liof | 191,31 | -5141,205605 | 5523,834938 | 1 |
| Controlo 1-CaCl ₂ sec conv | -4121 | -9453,604938 | 1211,435605 | 0,2240986 |
| Controlo 2-CaCl ₂ sec conv | -4350 | -9682,967272 | 982,0732717 | 0,1729437 |
| NaOH liof-CaCl ₂ sec conv | -2733 | -8065,850272 | 2599,190272 | 0,7194495 |
| NaOH sec conv-CaCl ₂ sec conv | -580,9 | -5913,442605 | 4751,597938 | 0,9999942 |
| Sem tratamento liof-CaCl ₂ sec conv | -464,5 | -5796,999272 | 4868,041272 | 0,9999992 |
| Sem tratamento sec conv-CaCl ₂ sec conv | -2883 | -8215,842938 | 2449,197605 | 0,6604105 |
| Controlo 2-Controlo 1 | -229,4 | -5561,882605 | 5103,157938 | 1 |
| NaOH liof-Controlo 1 | 1387,8 | -3944,765605 | 6720,274938 | 0,993677 |
| NaOH sec conv-Controlo 1 | 3540,2 | -1792,357938 | 8872,682605 | 0,4013274 |
| Sem tratamento liof-Controlo 1 | 3656,6 | -1675,914605 | 8989,125938 | 0,360504 |
| Sem tratamento sec conv-Controlo 1 | 1237,8 | -4094,758272 | 6570,282272 | 0,9972468 |
| NaOH liof-Controlo 2 | 1617,1 | -3715,403272 | 6949,637272 | 0,9820528 |
| NaOH sec conv-Controlo 2 | 3769,5 | -1562,995605 | 9102,044938 | 0,3233229 |
| Sem tratamento liof-Controlo 2 | 3886 | -1446,552272 | 9218,488272 | 0,2876361 |
| Sem tratamento sec conv-Controlo 2 | 1467,1 | -3865,395938 | 6799,644605 | 0,9906689 |
| NaOH sec conv-NaOH liof | 2152,4 | -3180,112605 | 7484,927938 | 0,9035435 |
| Sem tratamento liof-NaOH liof | 2268,9 | -3063,669272 | 7601,371272 | 0,8743687 |
| Sem tratamento sec conv-NaOH liof | -150 | -5482,512938 | 5182,527605 | 1 |
| Sem tratamento liof-NaOH sec conv | 116,44 | -5216,076938 | 5448,963605 | 1 |
| Sem tratamento sec conv-NaOH sec conv | -2302 | -7634,920605 | 3030,119938 | 0,8651486 |
| Sem tratamento sec conv-Sem tratamento liof | -2419 | -7751,363938 | 2913,676605 | 0,830471 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|----------------------------|---------------|---------------|
| CaCl ₂ sec conv | 4593,4 | a |
| Sem tratamento liof | 4129 | a |
| NaOH sec conv | 4012,5 | a |
| Ác. Asc. Sec conv | 2194,8 | a |
| NaOH liof | 1860,1 | a |
| Sem tratamento sec conv | 1710,1 | a |
| Ác. Asc. Liof | 1571,8 | a |
| CaCl ₂ liof | 1518,8 | a |
| Controlo 1 | 472,35 | a |
| Controlo 2 | 242,99 | a |

HUMIDADE

Tabela 11: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da humidade, para a framboesa relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 9 | 23350,68191 | 2594,520212 | 231,472 | 3,2E-18 |
| Resíduos | 20 | 224,1757916 | 11,20878958 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|--|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Ác. Asc. Sec conv-Ác. Asc. Liof | 15,565 | 5,884740212 | 25,24462955 | 0,00048 |
| CaCl ₂ liof-Ác. Asc. Liof | -0,251 | -9,930737867 | 9,429151466 | 1 |
| CaCl ₂ sec conv-Ác. Asc. Liof | 8,9132 | -0,766726315 | 18,59316302 | 0,08715 |
| Controlo 1-Ác. Asc. Liof | 74,872 | 65,19182648 | 84,55171582 | 2,1E-14 |
| Controlo 2-Ác. Asc. Liof | 73,65 | 63,97051208 | 83,33040141 | 2,1E-14 |

| | | | | |
|--|--------|--------------|--------------|---------|
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | -0,079 | -9,75849685 | 9,601392483 | 1 |
| NaOH sec conv-Ác. Asc. Liof | 9,2523 | -0,427664915 | 18,93222442 | 0,0684 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. Liof | -0,251 | -9,930737867 | 9,429151466 | 1 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. Asc. Liof | 24,008 | 14,32814218 | 33,68803151 | 1E-06 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Sec conv | -15,82 | -25,49542275 | -6,135533413 | 0,0004 |
| CaCl2 sec conv-Ác. Asc. Sec conv | -6,651 | -16,33141119 | 3,028478139 | 0,35793 |
| Controlo 1-Ác. Asc. Sec conv | 59,307 | 49,62714161 | 68,98703094 | 1,1E-13 |
| Controlo 2-Ác. Asc. Sec conv | 58,086 | 48,4058272 | 67,76571653 | 1,4E-13 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Sec conv | -15,64 | -25,32318173 | -5,963292396 | 0,00045 |
| NaOH sec conv-Ác. Asc. Sec conv | -6,312 | -15,99234979 | 3,36753954 | 0,42429 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. Sec conv | -15,82 | -25,49542275 | -6,135533413 | 0,0004 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. Asc. Sec conv | 8,4434 | -1,236542697 | 18,12334664 | 0,12065 |
| CaCl2 sec conv-CaCl2 liof | 9,164 | -0,515933114 | 18,84395622 | 0,07289 |
| Controlo 1-CaCl2 liof | 75,123 | 65,44261969 | 84,80250902 | 2E-14 |
| Controlo 2-CaCl2 liof | 73,901 | 64,22130528 | 83,58119461 | 2,1E-14 |
| NaOH liof-CaCl2 liof | 0,1722 | -9,507703649 | 9,852185684 | 1 |
| NaOH sec conv-CaCl2 liof | 9,5031 | -0,176871714 | 19,18301762 | 0,05697 |
| Sem tratamento liof-CaCl2 liof | -9E-15 | -9,679944667 | 9,679944667 | 1 |
| Sem tratamento sec conv-CaCl2 liof | 24,259 | 14,57893538 | 33,93882472 | 8,6E-07 |
| Controlo 1-CaCl2 sec conv | 65,959 | 56,27860813 | 75,63849747 | 3,5E-14 |
| Controlo 2-CaCl2 sec conv | 64,737 | 55,05729373 | 74,41718306 | 4E-14 |
| NaOH liof-CaCl2 sec conv | -8,992 | -18,6717152 | 0,688174131 | 0,08243 |
| NaOH sec conv-CaCl2 sec conv | 0,3391 | -9,340883266 | 10,01900607 | 1 |
| Sem tratamento liof-CaCl2 sec conv | -9,164 | -18,84395622 | 0,515933114 | 0,07289 |
| Sem tratamento sec conv-CaCl2 sec conv | 15,095 | 5,41492383 | 24,77481316 | 0,0007 |
| Controlo 2-Controlo 1 | -1,221 | -10,90125907 | 8,458630259 | 0,99998 |

| | | | | |
|--|--------|--------------|--------------|---------|
| NaOH liof-Controlo 1 | -74,95 | -84,630268 | -65,27037867 | 2,1E-14 |
| NaOH sec conv-Controlo 1 | -65,62 | -75,29943607 | -55,93954673 | 3,6E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 1 | -75,12 | -84,80250902 | -65,44261969 | 2E-14 |
| Sem tratamento sec conv- Controlo 1 | -50,86 | -60,54362897 | -41,18373964 | 1,6E-12 |
| NaOH liof-Controlo 2 | -73,73 | -83,40895359 | -64,04906426 | 2,1E-14 |
| NaOH sec conv-Controlo 2 | -64,4 | -74,07812166 | -54,71823233 | 4,2E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 2 | -73,9 | -83,58119461 | -64,22130528 | 2,1E-14 |
| Sem tratamento sec conv- Controlo 2 | -49,64 | -59,32231456 | -39,96242523 | 2,6E-12 |
| NaOH sec conv-NaOH liof | 9,3308 | -0,349112731 | 19,0107766 | 0,06461 |
| Sem tratamento liof-NaOH liof | -0,172 | -9,852185684 | 9,507703649 | 1 |
| Sem tratamento sec conv-NaOH liof | 24,087 | 14,40669437 | 33,7665837 | 9,6E-07 |
| Sem tratamento liof-NaOH sec conv | -9,503 | -19,18301762 | 0,176871714 | 0,05697 |
| Sem tratamento sec conv-NaOH sec conv | 14,756 | 5,07586243 | 24,43575176 | 0,00092 |
| Sem tratamento sec conv-Sem tratamento liof | 24,259 | 14,57893538 | 33,93882472 | 8,6E-07 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|----------------------------|---------------|---------------|
| Controlo 1 | 86,676 | a |
| Controlo 2 | 85,455 | a |
| Sem tratamento sec conv | 35,813 | b |
| Ác. Asc. Sec conv | 27,369 | bc |
| NaOH sec conv | 21,057 | cd |
| CaCl ₂ sec conv | 20,718 | cd |
| Ác. Asc. Liof | 11,805 | d |
| NaOH liof | 11,726 | d |
| CaCl ₂ liof | 11,554 | d |
| Sem tratamento liof | 11,554 | d |

AW

Tabela 12: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro aw, para a framboesa relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY**DADOS DO PROCESSO**

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 9 | 2,597934414 | 0,288659379 | 118,4 | 2,3E-15 |
| Resíduos | 20 | 0,04875994 | 0,002437997 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|----------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Ác. Asc. Sec conv-Ác. Asc. | | | | |
| Liof | 0,34007 | 0,197305496 | 0,482827837 | 2E-06 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Liof | -0,1792 | -0,32196117 | -0,03643883 | 0,007 |
| CaCl2 sec conv-Ác. Asc. Liof | 0,3247 | 0,18193883 | 0,46746117 | 4E-06 |
| Controlo 1-Ác. Asc. Liof | 0,7132 | 0,57043883 | 0,85596117 | 4E-12 |
| Controlo 2-Ác. Asc. Liof | 0,71983 | 0,577072163 | 0,862594504 | 4E-12 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | 0,0165 | -0,12626117 | 0,15926117 | 1 |
| NaOH sec conv-Ác. Asc. Liof | 0,20883 | 0,066072163 | 0,351594504 | 0,001 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. | | | | |
| Liof | -0,0374 | -0,18016117 | 0,10536117 | 0,993 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. | | | | |
| Asc. Liof | 0,4277 | 0,28493883 | 0,57046117 | 5E-08 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Sec conv | -0,5193 | -0,662027837 | -0,376505496 | 2E-09 |
| CaCl2 sec conv-Ác. Asc. Sec conv | -0,0154 | -0,158127837 | 0,127394504 | 1 |
| Controlo 1-Ác. Asc. Sec conv | 0,37313 | 0,230372163 | 0,515894504 | 4E-07 |
| Controlo 2-Ác. Asc. Sec conv | 0,37977 | 0,237005496 | 0,522527837 | 3E-07 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Sec conv | -0,3236 | -0,466327837 | -0,180805496 | 4E-06 |
| NaOH sec conv-Ác. Asc. Sec conv | -0,1312 | -0,273994504 | 0,011527837 | 0,088 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. | | | | |
| Sec conv | -0,3775 | -0,520227837 | -0,234705496 | 4E-07 |

| | | | | |
|---|---------|--------------|--------------|-------|
| Sem tratamento sec conv-Ác. | | | | |
| Asc. Sec conv | 0,08763 | -0,055127837 | 0,230394504 | 0,503 |
| CaCl ₂ sec conv-CaCl ₂ liof | 0,5039 | 0,36113883 | 0,64666117 | 3E-09 |
| Controlo 1-CaCl ₂ liof | 0,8924 | 0,74963883 | 1,03516117 | 8E-14 |
| Controlo 2-CaCl ₂ liof | 0,89903 | 0,756272163 | 1,041794504 | 7E-14 |
| NaOH liof-CaCl ₂ liof | 0,1957 | 0,05293883 | 0,33846117 | 0,003 |
| NaOH sec conv-CaCl ₂ liof | 0,38803 | 0,245272163 | 0,530794504 | 2E-07 |
| Sem tratamento liof-CaCl ₂ | | | | |
| liof | 0,1418 | -0,00096117 | 0,28456117 | 0,052 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| CaCl ₂ liof | 0,6069 | 0,46413883 | 0,74966117 | 9E-11 |
| Controlo 1-CaCl ₂ sec conv | 0,3885 | 0,24573883 | 0,53126117 | 2E-07 |
| Controlo 2-CaCl ₂ sec conv | 0,39513 | 0,252372163 | 0,537894504 | 2E-07 |
| NaOH liof-CaCl ₂ sec conv | -0,3082 | -0,45096117 | -0,16543883 | 9E-06 |
| NaOH sec conv-CaCl ₂ sec | | | | |
| conv | -0,1159 | -0,258627837 | 0,026894504 | 0,178 |
| Sem tratamento liof-CaCl ₂ sec | | | | |
| conv | -0,3621 | -0,50486117 | -0,21933883 | 7E-07 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| CaCl ₂ sec conv | 0,103 | -0,03976117 | 0,24576117 | 0,299 |
| Controlo 2-Controlo 1 | 0,00663 | -0,136127837 | 0,149394504 | 1 |
| NaOH liof-Controlo 1 | -0,6967 | -0,83946117 | -0,55393883 | 7E-12 |
| NaOH sec conv-Controlo 1 | -0,5044 | -0,647127837 | -0,361605496 | 3E-09 |
| Sem tratamento liof-Controlo | | | | |
| 1 | -0,7506 | -0,89336117 | -0,60783883 | 2E-12 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Controlo 1 | -0,2855 | -0,42826117 | -0,14273883 | 3E-05 |
| NaOH liof-Controlo 2 | -0,7033 | -0,846094504 | -0,560572163 | 6E-12 |
| NaOH sec conv-Controlo 2 | -0,511 | -0,65376117 | -0,36823883 | 2E-09 |
| Sem tratamento liof-Controlo | | | | |
| 2 | -0,7572 | -0,899994504 | -0,614472163 | 1E-12 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Controlo 2 | -0,2921 | -0,434894504 | -0,149372163 | 2E-05 |
| NaOH sec conv-NaOH liof | 0,19233 | 0,049572163 | 0,335094504 | 0,004 |
| Sem tratamento liof-NaOH | | | | |
| liof | -0,0539 | -0,19666117 | 0,08886117 | 0,932 |

| | | | | |
|--|---------|--------------|--------------|-------|
| Sem tratamento sec conv- NaOH liof | 0,4112 | 0,26843883 | 0,55396117 | 9E-08 |
| Sem tratamento liof-NaOH sec conv | -0,2462 | -0,388994504 | -0,103472163 | 2E-04 |
| Sem tratamento sec conv- NaOH sec conv | 0,21887 | 0,076105496 | 0,361627837 | 9E-04 |
| Sem tratamento sec conv-Sem tratamento liof | 0,4651 | 0,32233883 | 0,60786117 | 1E-08 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|----------------------------|---------------|---------------|
| Controlo 2 | 0,99487 | a |
| Controlo 1 | 0,98823 | a |
| Sem tratamento sec conv | 0,70273 | b |
| Ác. Asc. Sec conv | 0,6151 | bc |
| CaCl ₂ sec conv | 0,59973 | bc |
| NaOH sec conv | 0,48387 | c |
| NaOH liof | 0,29153 | d |
| Ác. Asc. Liof | 0,27503 | d |
| Sem tratamento liof | 0,23763 | de |
| CaCl ₂ liof | 0,09583 | e |

BRIX DEPOIS DA SECAGEM

Tabela 13: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro brix, para a framboesa relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 5 | 6371,235583 | 1274,247117 | 305,3 | 3,3E- |
| Resíduos | 12 | 50,08526667 | 4,173772222 | | 12 |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|--|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Ác. Asc. Sec conv-Ác. Asc. Liof | 40,767 | 35,16369385 | 46,36963948 | 1E-10 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Liof | -9,1433 | -14,74630615 | -3,54036052 | 0,0015 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | -4,8667 | -10,46963948 | 0,736306147 | 0,1035 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. Liof | 2 | -3,602972813 | 7,602972813 | 0,8293 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. Asc. Liof | 30,633 | 25,03036052 | 36,23630615 | 5E-09 |
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Sec conv | -49,91 | -55,51297281 | -44,30702719 | 7E-12 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Sec conv | -45,633 | -51,23630615 | -40,03036052 | 2E-11 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. Sec conv | -38,767 | -44,36963948 | -33,16369385 | 3E-10 |
| Sem tratamento sec conv-Ác. Asc. Sec conv | -10,133 | -15,73630615 | -4,53036052 | 0,0006 |
| NaOH liof-CaCl2 liof | 4,2767 | -1,326306147 | 9,87963948 | 0,1803 |
| Sem tratamento liof-CaCl2 liof | 11,143 | 5,54036052 | 16,74630615 | 0,0003 |
| Sem tratamento sec conv-CaCl2 liof | 39,777 | 34,17369385 | 45,37963948 | 2E-10 |
| Sem tratamento liof-NaOH liof | 6,8667 | 1,263693853 | 12,46963948 | 0,0139 |
| Sem tratamento sec conv-NaOH liof | 35,5 | 29,89702719 | 41,10297281 | 9E-10 |
| Sem tratamento sec conv-Sem tratamento liof | 28,633 | 23,03036052 | 34,23630615 | 1E-08 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Ác. Asc. Sec conv | 69,267 | a |
| Sem tratamento sec conv | 59,133 | b |
| Sem tratamento liof | 30,5 | c |
| Ác. Asc. Liof | 28,5 | cd |
| NaOH liof | 23,633 | de |
| CaCl2 liof | 19,357 | e |

ANEXO 4- Tabelas dos resultados dos parâmetros relativo à desidratação da melancia

Tabela 14: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da melancia

| Processo de Secagem | Amostras Melancia | Textura (dureza) | Aw | Humidade (%) | Reidratação | | Brix | ΔE |
|---------------------|---------------------|------------------|--------|--------------|-------------|------|-----------|-------|
| | | | | | 1min | 5min | Após 1min | |
| - | Controlo | 2803,0 | 0,9944 | 91,3 | - | - | - | - |
| Liofilização | Sem tratamento | 2320,2 | 0,1414 | 11,8 | 1,84 | 2,48 | 18,47 | 21,77 |
| | Tratamento osmótico | 2712,8 | 0,1956 | 11,4 | 1,88 | 2,72 | 20,07 | 4,59 |

Tabela 15: Tabela de resultados dos parâmetros para a secagem convencional da melancia

| Processo de Secagem | Amostras Melancia | Textura (dureza) | Aw | Humidade (%) | Reidratação | | Brix | ΔE |
|----------------------|---------------------|------------------|--------|--------------|-------------|------|-----------|-------|
| | | | | | 1min | 5min | Após 1min | |
| - | Controlo | 5788,2 | 0,9921 | 90,6 | - | - | - | - |
| | Tratamento osmótico | 2434,2 | 0,9510 | 63,4 | - | - | - | 16,38 |
| Secagem Convencional | Sem tratamento | 200,6 | 0,4794 | 15,3 | 1,15 | 1,50 | 80,57 | 19,08 |
| | Tratamento osmótico | 415,4 | 0,5374 | 15,9 | 1,03 | 1,12 | 84,93 | 8,00 |

ANEXO 5- Resultados da estatística da melancia relativo à desidratação

DUREZA

Tabela 16: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da dureza, para a melancia relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 5 | 23972,25063 | 4794,450126 | 10923,6 | 1,6E-21 |
| Resíduos | 12 | 5,266906291 | 0,438908858 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|-------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Controlo 2-Controlo 1 | -0,77 | -2,589247391 | 1,044638714 | 0,71142 |
| Osmose liof-Controlo 1 | -79,9 | -81,70228661 | -78,06840051 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Controlo 1 | -75,5 | -77,29299222 | -73,65910611 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 1 | | | | |
| 1 | -79,5 | -81,30740304 | -77,67351693 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento sec conv-Controlo 1 | | | | |
| Controlo 1 | -76 | -77,85959784 | -74,22571173 | 2,9E-14 |
| Osmose liof-Controlo 2 | -79,1 | -80,92998228 | -77,29609617 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Controlo 2 | -74,7 | -76,52068788 | -72,88680177 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 2 | | | | |
| 2 | -78,7 | -80,5350987 | -76,90121259 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento sec conv-Controlo 2 | | | | |
| Controlo 2 | -75,3 | -77,0872935 | -73,4534074 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Osmose liof | 4,409 | 2,592351345 | 6,226237451 | 3,6E-05 |
| Sem tratamento liof-Osmose liof | | | | |
| liof | 0,395 | -1,422059475 | 2,21182663 | 0,97415 |
| Sem tratamento sec conv-Osmose liof | | | | |
| Osmose liof | 3,843 | 2,025745722 | 5,659631828 | 0,00014 |
| Sem tratamento liof-Osmose sec conv | | | | |
| sec conv | -4,01 | -5,831353873 | -2,197467768 | 9,2E-05 |

| | | | | |
|-----------------------------|-------|--------------|-------------|---------|
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Osmose sec conv | -0,57 | -2,383548676 | 1,250337429 | 0,89257 |
| Sem tratamento sec conv-Sem | | | | |
| tratamento liof | 3,448 | 1,630862145 | 5,26474825 | 0,00039 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Controlo 1 | 91,33 | a |
| Controlo 2 | 90,55 | a |
| Osmose sec conv | 15,85 | b |
| Sem tratamento sec conv | 15,28 | b |
| Sem tratamento liof | 11,84 | c |
| Osmose liof | 11,44 | c |

HUMIDADE

Tabela 17: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da humidade, para a melancia relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO

PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 5 | 23972,25063 | 4794,450126 | 10923,6 | 1,6E-21 |
| Resíduos | 12 | 5,266906291 | 0,438908858 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|--------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Controlo 2-Controlo 1 | -0,77 | -2,589247391 | 1,044638714 | 0,71142 |
| Osmose liof-Controlo 1 | -79,9 | -81,70228661 | -78,06840051 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Controlo 1 | -75,5 | -77,29299222 | -73,65910611 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 1 | -79,5 | -81,30740304 | -77,67351693 | 2,9E-14 |

| | | | | |
|------------------------------|-------|--------------|--------------|---------|
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Controlo 1 | -76 | -77,85959784 | -74,22571173 | 2,9E-14 |
| Osmose liof-Controlo 2 | -79,1 | -80,92998228 | -77,29609617 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Controlo 2 | -74,7 | -76,52068788 | -72,88680177 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo | | | | |
| 2 | -78,7 | -80,5350987 | -76,90121259 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Controlo 2 | -75,3 | -77,0872935 | -73,4534074 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Osmose liof | 4,409 | 2,592351345 | 6,226237451 | 3,6E-05 |
| Sem tratamento liof-Osmose | | | | |
| liof | 0,395 | -1,422059475 | 2,21182663 | 0,97415 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Osmose liof | 3,843 | 2,025745722 | 5,659631828 | 0,00014 |
| Sem tratamento liof-Osmose | | | | |
| sec conv | -4,01 | -5,831353873 | -2,197467768 | 9,2E-05 |
| Sem tratamento sec conv- | | | | |
| Osmose sec conv | -0,57 | -2,383548676 | 1,250337429 | 0,89257 |
| Sem tratamento sec conv-Sem | | | | |
| tratamento liof | 3,448 | 1,630862145 | 5,26474825 | 0,00039 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Controlo 1 | 91,33 | a |
| Controlo 2 | 90,55 | a |
| Osmose sec conv | 15,85 | b |
| Sem tratamento sec conv | 15,28 | b |
| Sem tratamento liof | 11,84 | c |
| Osmose liof | 11,44 | c |

AW

Tabela 18: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro aw, para a melancia relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

Tabela da Anova

| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
|----------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| Fator | 5 | 2,071032049 | 0,41420641 | 4014,25 | 19 |
| Resíduos | 12 | 0,001238207 | 0,000103184 | | 6,66764E- |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|--|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Controlo 2-Controlo 1 | -0,002 | -0,030091985 | 0,025625318 | 0,99975 |
| Osmose liof-Controlo 1 | -0,799 | -0,826591985 | -0,770874682 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Controlo 1 | -0,457 | -0,484791985 | -0,429074682 | 4,8E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 1 | -0,853 | -0,880825318 | -0,825108015 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento sec conv- Controlo 1 | -0,515 | -0,542825318 | -0,487108015 | 3,1E-14 |
| Osmose liof-Controlo 2 | -0,797 | -0,824358651 | -0,768641349 | 2,9E-14 |
| Osmose sec conv-Controlo 2 | -0,455 | -0,482558651 | -0,426841349 | 4,9E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo 2 | -0,851 | -0,878591985 | -0,822874682 | 2,9E-14 |
| Sem tratamento sec conv- Controlo 2 | -0,513 | -0,540591985 | -0,484874682 | 3,1E-14 |
| Osmose sec conv-Osmose liof | 0,3418 | 0,313941349 | 0,369658651 | 7,2E-13 |
| Sem tratamento liof-Osmose liof | -0,054 | -0,082091985 | -0,026374682 | 0,00031 |
| Sem tratamento sec conv- Osmose liof | 0,2838 | 0,255908015 | 0,311625318 | 2,8E-12 |
| Sem tratamento liof-Osmose sec conv | -0,396 | -0,423891985 | -0,368174682 | 1,7E-13 |
| Sem tratamento sec conv- Osmose sec conv | -0,058 | -0,085891985 | -0,030174682 | 0,00016 |
| Sem tratamento sec conv-Sem tratamento liof | 0,338 | 0,310141349 | 0,365858651 | 7,9E-13 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Controlo 1 | 0,9944 | a |
| Controlo 2 | 0,9921 | a |
| Osmose sec conv | 0,5374 | b |
| Sem tratamento sec conv | 0,4794 | c |
| Osmose liof | 0,1956 | d |
| Sem tratamento liof | 0,1414 | e |

BRIX DEPOIS DA SECAGEM

Tabela 19: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro de brix, para a melancia relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 3 | 12122,8425 | 4040,9475 | 1512,991 | 11 |
| Resíduos | 8 | 21,36666667 | 2,670833333 | | 2,36E- |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|---|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Osmose. Sec conv-Osmose liof | 64,86666667 | 60,59352951 | 69,13980382 | 1,92E-10 |
| Sem tratamento liof-Osmose liof | -1,6 | -5,873137155 | 2,673137155 | 0,644161 |
| Sem tratamento sec conv-Osmose liof | 60,5 | 56,22686284 | 64,77313716 | 4,5E-10 |
| Sem tratamento liof-Osmose. Sec conv | -66,46666667 | -70,73980382 | -62,19352951 | 1,38E-10 |
| Sem tratamento sec conv-Osmose. Sec conv | -4,366666667 | -8,639803822 | -0,093529511 | 0,04531 |
| Sem tratamento sec conv-Sem tratamento liof | 62,1 | 57,82686284 | 66,37313716 | 3,32E-10 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Osmose. Sec conv | 84,93333333 | a |
| Sem tratamento sec conv | 80,56666667 | b |
| Osmose liof | 20,06666667 | c |
| Sem tratamento liof | 18,46666667 | c |

ANEXO 6- Tabelas dos resultados dos parâmetros relativo à desidratação da nêspera

Tabela 20: Tabela de resultados dos parâmetros para a liofilização da nêspera

| Processo de secagem | Amostras Nêspera | Textura (dureza) | Aw | pH | Brix | Humidade (%) | Acidez | Reidratação | | Brix Após 1min | ΔE |
|---------------------|----------------------------------|------------------|--------|------|-------|--------------|--------|-------------|------|----------------|------------|
| | | | | | | | | 1min | 5min | | |
| - | Controlo | 2287,6 | 0,9928 | 3,38 | 6,10 | 89,3 | 1,02 | - | - | - | - |
| | Tratamento com NaOH | 2768,9 | 0,9971 | 3,67 | 9,25 | 89,6 | 0,68 | - | - | - | 6,18 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 1791,5 | 0,9950 | 3,62 | 9,64 | 89,3 | 0,56 | - | - | - | 7,63 |
| | Tratamento com Ácido Ascórbico | 1933,3 | 0,9958 | 3,55 | 10,03 | 90,0 | 0,66 | - | - | - | 51,62 |
| Liofilização | Sem tratamento | 4385,1 | 0,1849 | - | - | 9,9 | 3,81 | 2,36 | 2,31 | 13,93 | - |
| | Tratamento com NaOH | 2508,8 | 0,2335 | - | - | 9,1 | 3,33 | 2,25 | 2,89 | 15,33 | 4,37 |
| | Tratamento com CaCl ₂ | 2427,0 | 0,1782 | - | - | 8,5 | 4,90 | 2,65 | 2,54 | 10,07 | 7,39 |
| | Tratamento com Ácido Ascórbico | 1687,2 | 0,3184 | - | - | 9,9 | 3,84 | 2,12 | 2,49 | 17,50 | 53,89 |

ANEXO 7- Resultados da estatística da nêspera relativo à desidratação

DUREZA

Tabela 21: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da dureza, para a nêspera relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 4 | 11895455,3 | 2973863,824 | 1,5152 | 0,27 |
| Resíduos | 10 | 19626557,44 | 1962655,744 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|--------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Liof | 740,7913333 | -3023,776823 | 4505,35949 | 0,9632 |
| Controlo -Ác. Asc. Liof | 1081,799 | -2682,769157 | 4846,367157 | 0,8726 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | 821,5936667 | -2942,97449 | 4586,161823 | 0,9475 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. | | | | |
| Liof | 2697,894667 | -1066,67349 | 6462,462823 | 0,204 |
| Controlo -CaCl2 liof | 341,0076667 | -3423,56049 | 4105,575823 | 0,998 |
| NaOH liof-CaCl2 liof | 80,80233333 | -3683,765823 | 3845,37049 | 1 |
| Sem tratamento liof-CaCl2 liof | 1957,103333 | -1807,464823 | 5721,67149 | 0,4693 |
| NaOH liof-Controlo | -260,205333 | -4024,77349 | 3504,362823 | 0,9993 |
| Sem tratamento liof-Controlo | 1616,095667 | -2148,47249 | 5380,663823 | 0,6339 |
| Sem tratamento liof-NaOH liof | 1876,301 | -1888,267157 | 5640,869157 | 0,5069 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|---------------------|---------------|---------------|
| Sem tratamento liof | 4385,080667 | a |
| Controlo | 2768,985 | a |
| NaOH liof | 2508,779667 | a |
| CaCl2 liof | 2427,977333 | a |
| Ác. Asc. Liof | 1687,186 | a |

HUMIDADE

Tabela 22: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro da humidade, para a nêspera relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 4 | 15339,07918 | 3834,769795 | 2746,9 | 3,7E-15 |
| Resíduos | 10 | 13,9603593 | 1,39603593 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| CaCl ₂ liof-Ác. Asc. Liof | -1,41649692 | -4,59147987 | 1,758486032 | 0,6025 |
| Controlo -Ác. Asc. Liof | 79,38047977 | 76,20549682 | 82,55546272 | 3E-14 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | -0,78465511 | -3,959638064 | 2,390327837 | 0,9206 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. | | | | |
| Liof | -0,01532847 | -3,19031142 | 3,159654482 | 1 |
| Controlo -CaCl ₂ liof | 80,79697669 | 77,62199374 | 83,97195964 | 3E-14 |
| NaOH liof-CaCl ₂ liof | 0,631841806 | -2,543141145 | 3,806824756 | 0,9617 |
| Sem tratamento liof-CaCl ₂ | | | | |
| liof | 1,40116845 | -1,773814501 | 4,576151401 | 0,6115 |
| NaOH liof-Controlo | -80,1651349 | -83,34011783 | -76,99015193 | 3E-14 |
| Sem tratamento liof-Controlo | -79,3958082 | -82,57079119 | -76,22082529 | 3E-14 |
| Sem tratamento liof-NaOH | | | | |
| liof | 0,769326644 | -2,405656306 | 3,944309595 | 0,9255 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|------------------------|---------------|---------------|
| Controlo | 89,27 | a |
| Ác. Asc. Liof | 9,889520233 | b |
| Sem tratamento liof | 9,874191764 | b |
| NaOH liof | 9,10486512 | b |
| CaCl ₂ liof | 8,473023314 | b |

AW

Tabela 23: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro aw, para a nêspera relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY**DADOS DO PROCESSO**

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 4 | 1,438492993 | 0,359623248 | 105,4 | 3,9E-08 |
| Resíduos | 10 | 0,03410426 | 0,003410426 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| CaCl2 liof-Ác. Asc. Liof | -0,14023333 | -0,29716024 | 0,016693574 | 0,086 |
| Controlo -Ác. Asc. Liof | 0,67433333 | 0,517406426 | 0,83126024 | 5E-07 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | -0,08493333 | -0,24186024 | 0,071993574 | 0,433 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. | | | | |
| Liof | -0,1335 | -0,290426907 | 0,023426907 | 0,106 |
| Controlo -CaCl2 liof | 0,814566667 | 0,65763976 | 0,971493574 | 8E-08 |
| NaOH liof-CaCl2 liof | 0,0553 | -0,101626907 | 0,212226907 | 0,773 |
| Sem tratamento liof-CaCl2 | | | | |
| liof | 0,006733333 | -0,150193574 | 0,16366024 | 1 |
| NaOH liof-Controlo | -0,75926667 | -0,916193574 | -0,60233976 | 2E-07 |
| Sem tratamento liof-Controlo | -0,80783333 | -0,96476024 | -0,650906426 | 9E-08 |
| Sem tratamento liof-NaOH | | | | |
| liof | -0,04856667 | -0,205493574 | 0,10836024 | 0,841 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|---------------------|---------------|---------------|
| Controlo | 0,992766667 | a |
| Ác. Asc. Liof | 0,318433333 | b |
| NaOH liof | 0,2335 | b |
| Sem tratamento liof | 0,184933333 | b |
| CaCl2 liof | 0,1782 | b |

BRIX DEPOIS DA SECAGEM

Tabela 24: Resultado da análise estatística do teste de Tukey, ao parâmetro brix, para a nêspera relativo à desidratação

TESTE DE TUKEY

DADOS DO PROCESSO

| <i>Tabela da Anova</i> | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | <i>G.L.</i> | <i>Soma de Quadrados</i> | <i>Quadrado Médio</i> | <i>Estat. F</i> | <i>P-valor</i> |
| Fator | 3 | 87,98916667 | 29,32972222 | 38,21 | 4,3E-05 |
| Resíduos | 8 | 6,14 | 0,7675 | | |

| <i>Níveis</i> | <i>Centro</i> | <i>Limite.Inferior</i> | <i>Limite.Superior</i> | <i>P-valor</i> |
|--|---------------|------------------------|------------------------|----------------|
| CaCl ₂ liof-Ác. Asc. Liof | -7,43333333 | -9,724003875 | -5,142662792 | 3E-05 |
| NaOH liof-Ác. Asc. Liof | -2,16666667 | -4,457337208 | 0,124003875 | 0,064 |
| Sem tratamento liof-Ác. Asc. | | | | |
| Liof | -3,56666667 | -5,857337208 | -1,275996125 | 0,005 |
| NaOH liof-CaCl ₂ liof | 5,26666667 | 2,975996125 | 7,557337208 | 4E-04 |
| Sem tratamento liof-CaCl ₂ liof | 3,86666667 | 1,575996125 | 6,157337208 | 0,003 |
| Sem tratamento liof-NaOH liof | -1,4 | -3,690670542 | 0,890670542 | 0,279 |

| <i>Fator</i> | <i>Médias</i> | <i>Grupos</i> |
|------------------------|---------------|---------------|
| Ác. Asc. Liof | 17,5 | a |
| NaOH liof | 15,33333333 | ab |
| Sem tratamento liof | 13,93333333 | b |
| CaCl ₂ liof | 10,06666667 | c |

ANEXO 8- Cinéticas

Cinéticas da liofilização

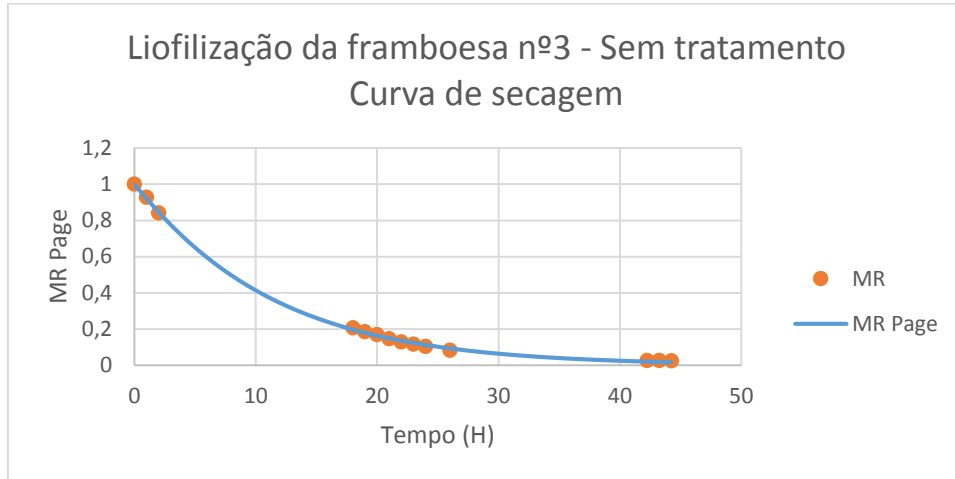


Figura 55: Cinética da liofilização da framboesa sem tratamento

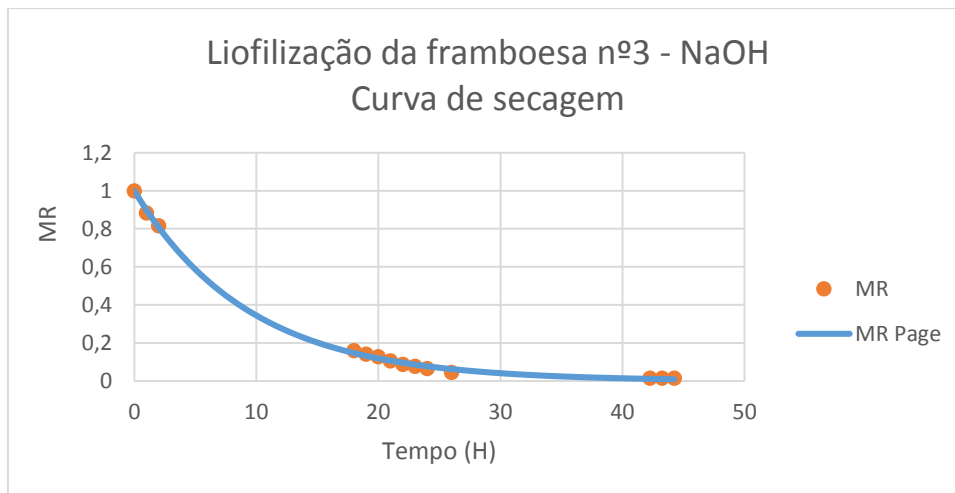


Figura 56: Cinética da liofilização da framboesa com tratamento NaOH

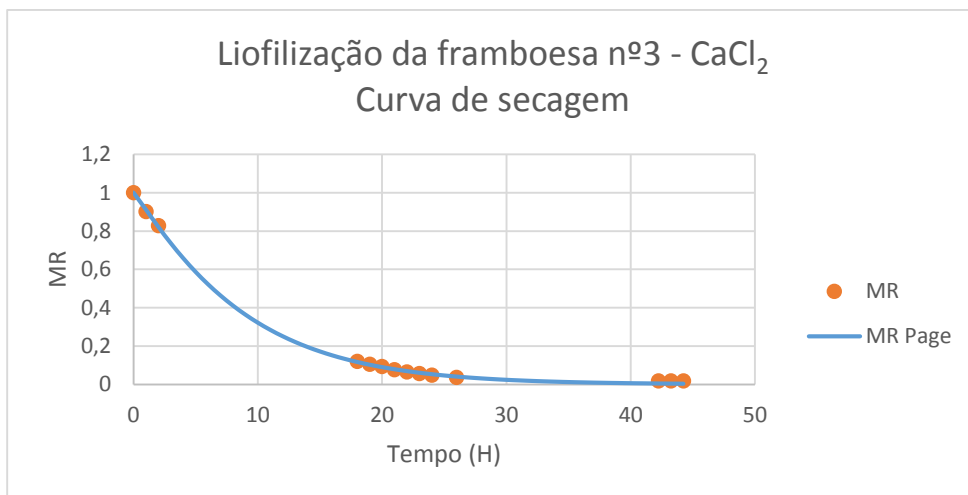


Figura 57: Cinética da liofilização da framboesa com tratamento CaCl_2

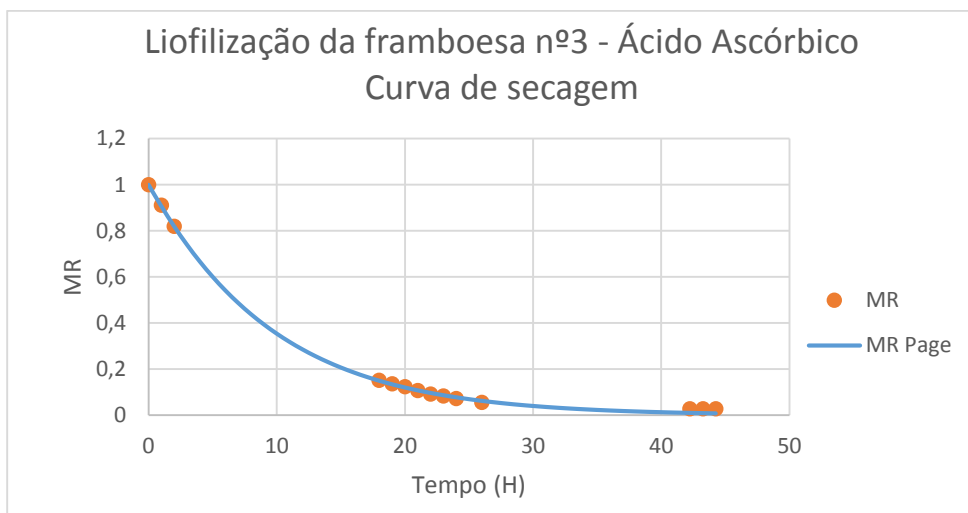


Figura 58: Cinética da liofilização da framboesa com tratamento de ácido ascórbico

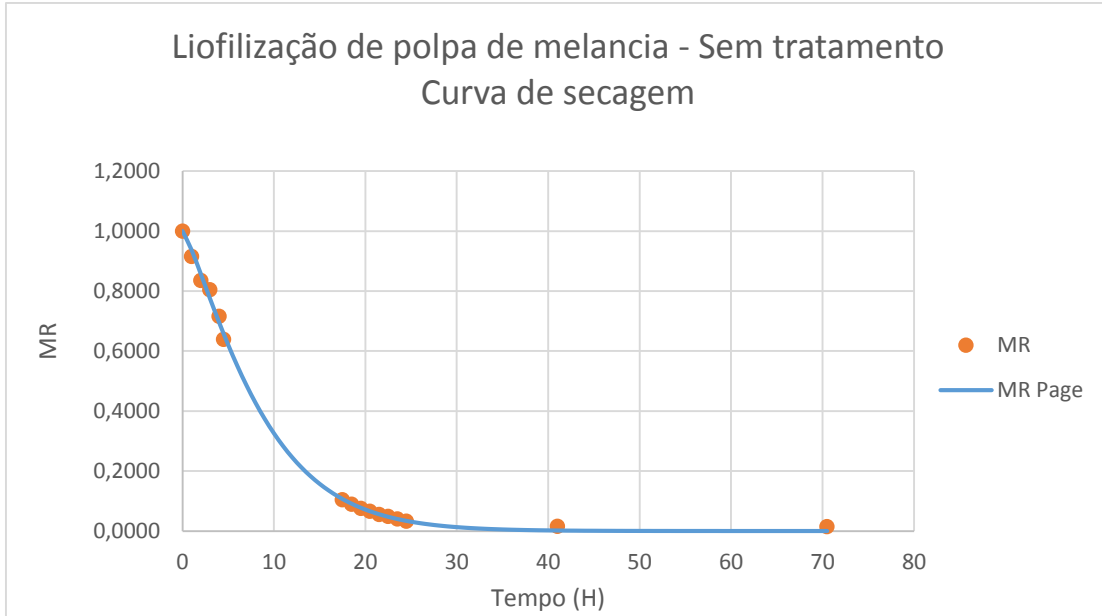


Figura 59: Cinética da liofilização da polpa de melancia sem tratamento

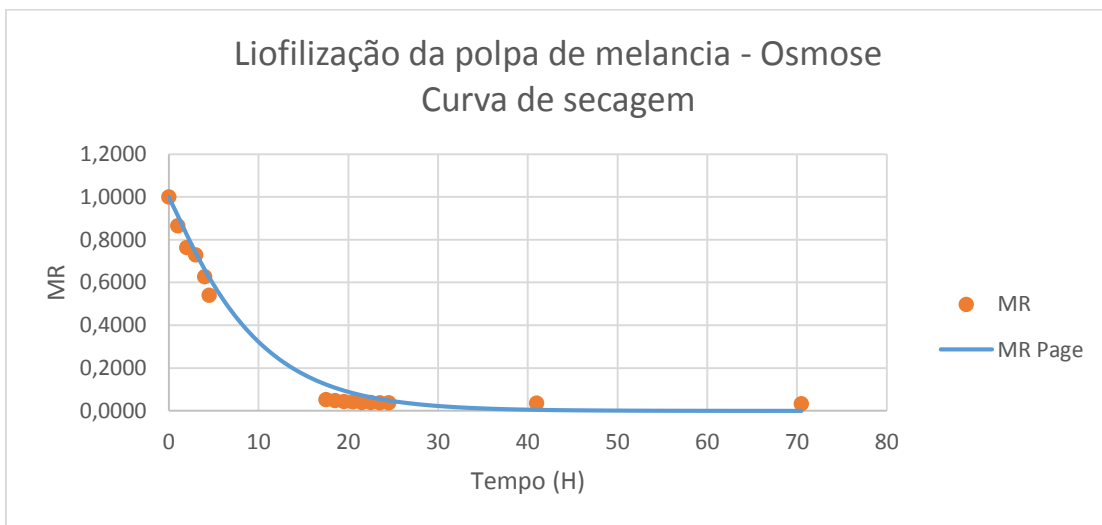


Figura 60: Cinética da liofilização da polpa de melancia com tratamento osmótico

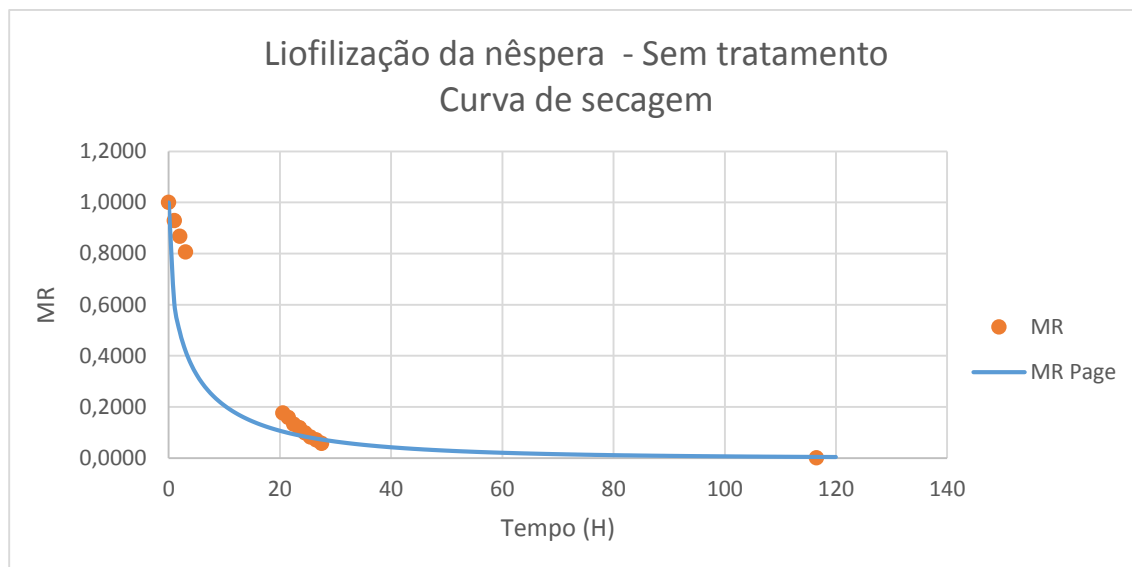


Figura 61: Cinética da liofilização da nêspera sem tratamento

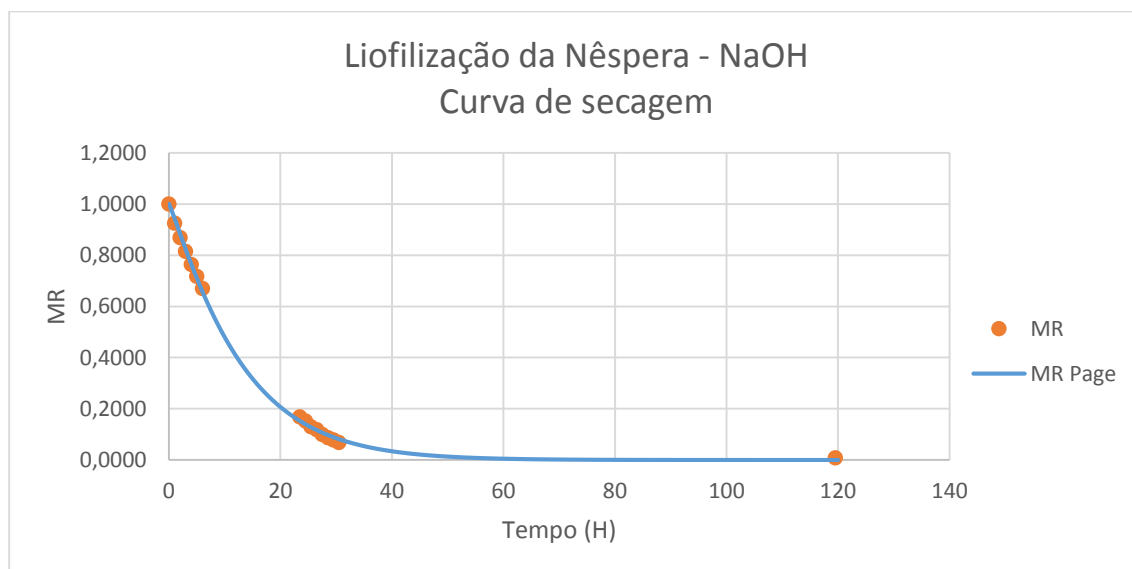


Figura 62: Cinética da liofilização da nêspera com tratamento NaOH

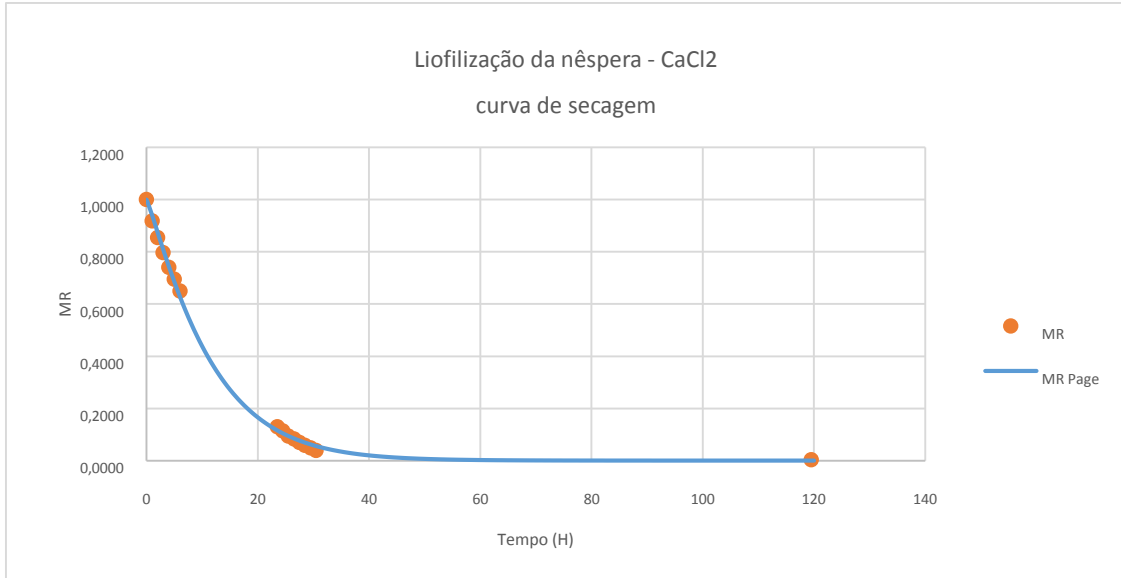


Figura 63: Cinética da liofilização da polpa da nêspera com tratamento CaCl₂

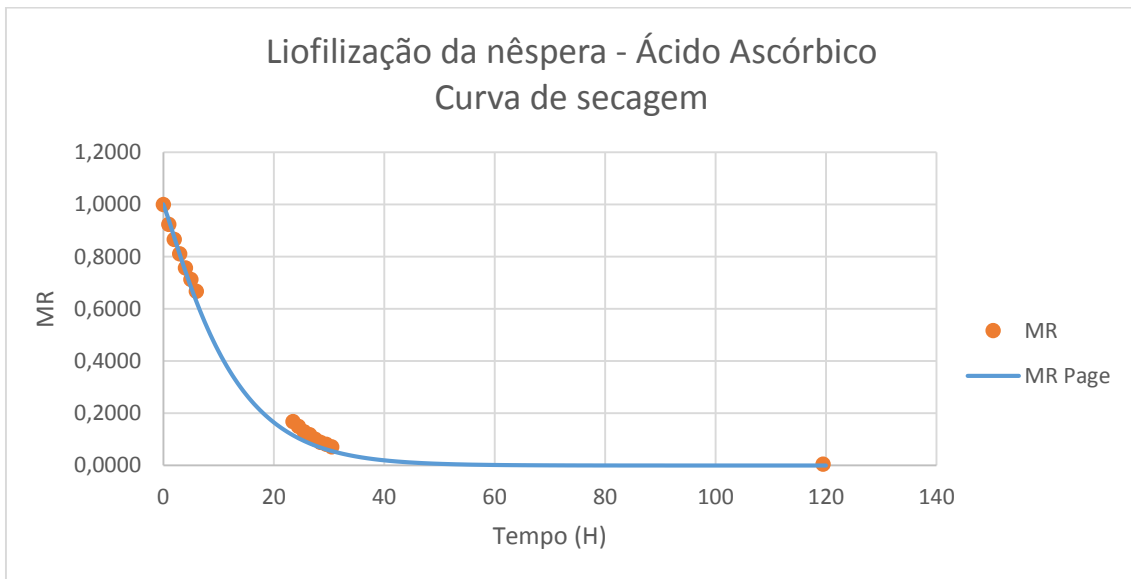


Figura 64: Cinética da liofilização da nêspera com tratamento de ácido ascórbico

Cinéticas da secagem convencional

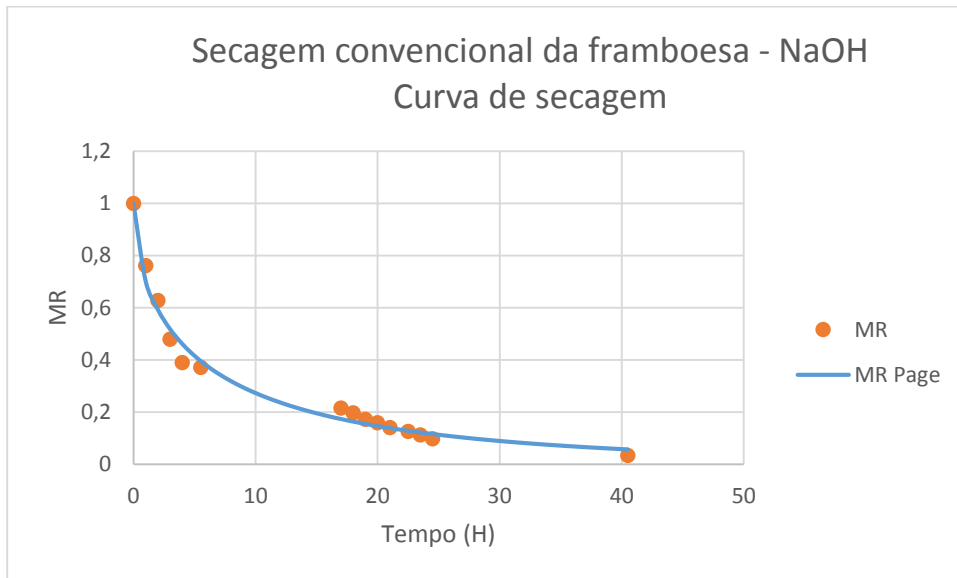


Figura 65: Cinética da secagem convencional da framboesa com tratamento de NaOH

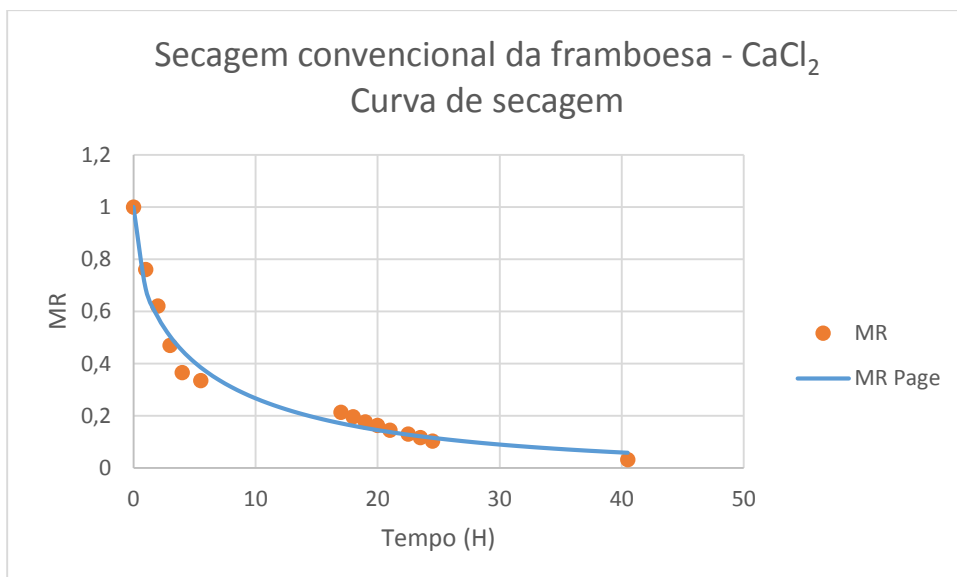


Figura 66: Cinética da secagem convencional da framboesa com tratamento de CaCl₂

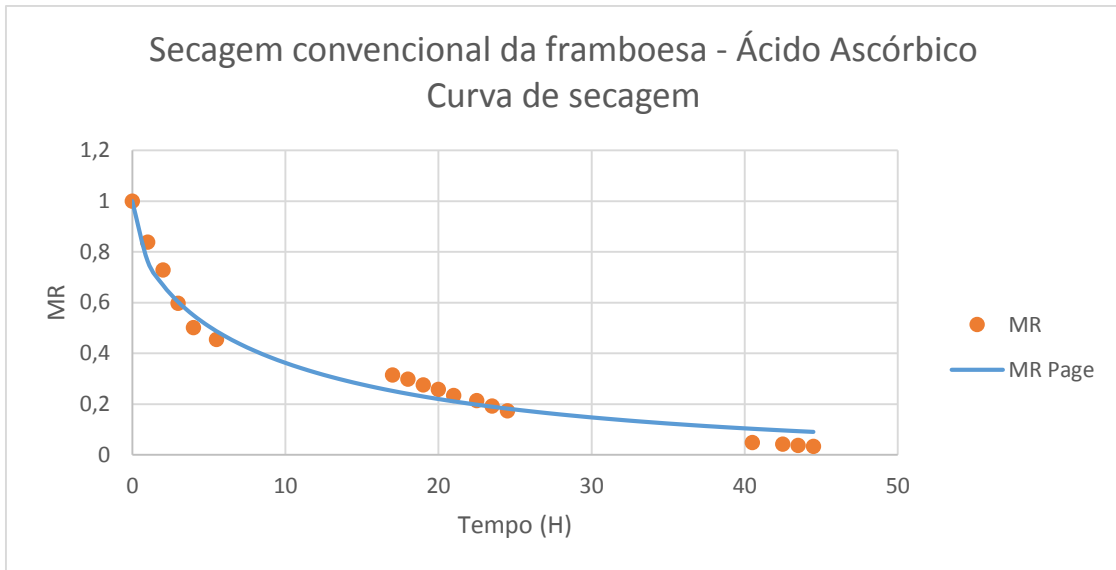


Figura 67: Cinética da secagem convencional da framboesa com tratamento de ácido ascórbico

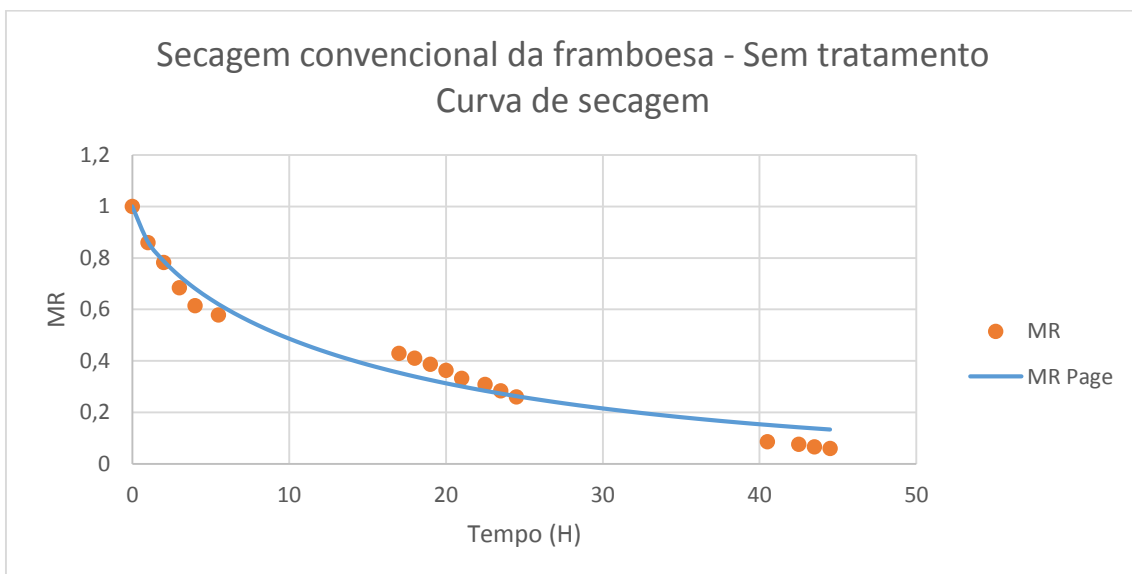


Figura 68: Cinética da secagem convencional da framboesa sem tratamento

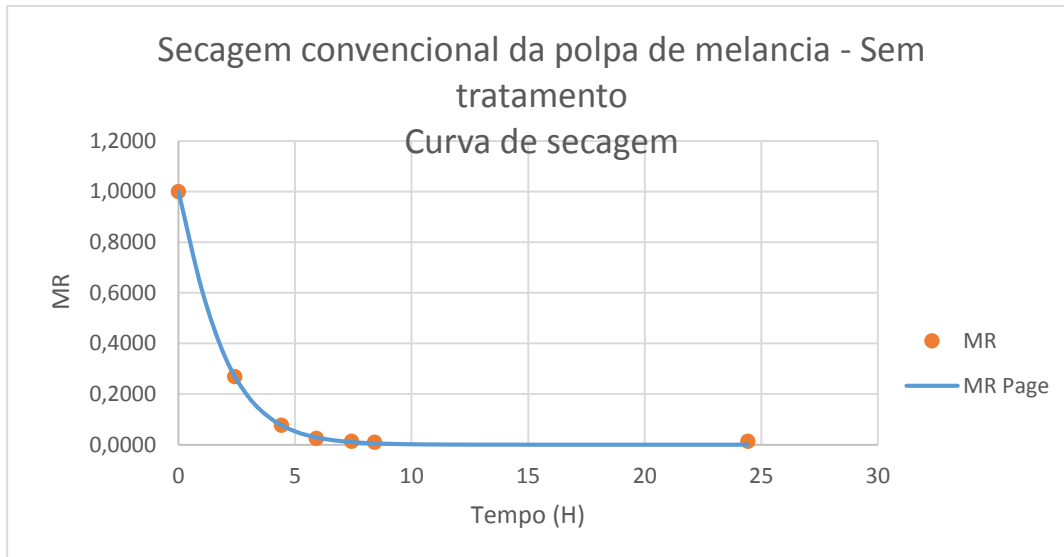


Figura 69: Cinética da secagem convencional da polpa de melancia sem tratamento

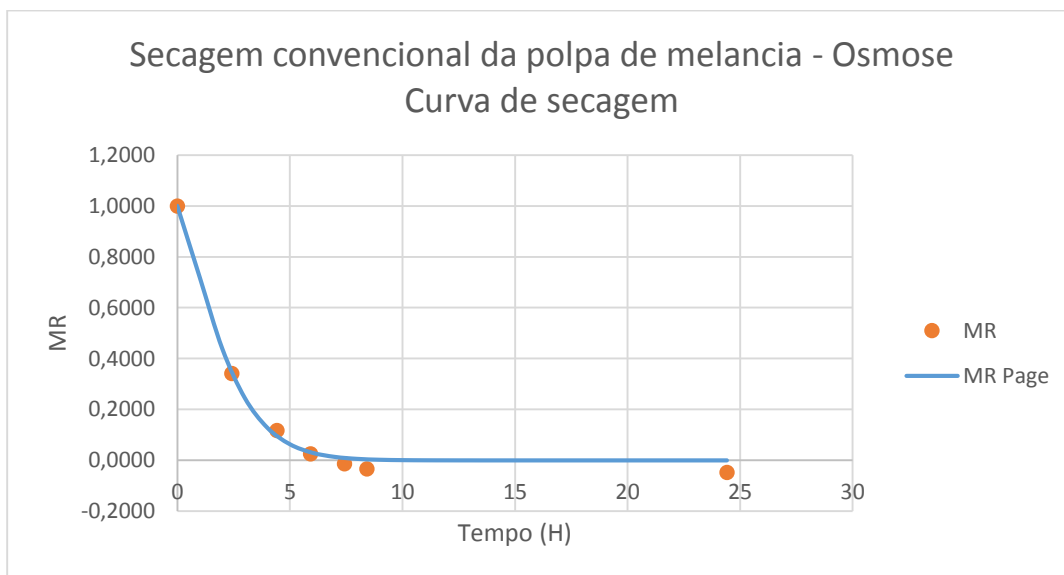


Figura 70: Cinética da secagem convencional da polpa de melancia com tratamento osmótico