

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

FELIPE RODOLFO PEREIRA DA SILVA

**CINÉTICA DE LIOFILIZAÇÃO/REIDRATAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE
UVA ITÁLIA E TANGERINA PROCESSADAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MEDIANEIRA
2017**

FELIPE RODOLFO PEREIRA DA SILVA

**CINÉTICA DE LIOFILIZAÇÃO/REIDRATAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE
UVA ITÁLIA E TANGERINA PROCESSADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentada
à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2
da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Carolina Castilho
Garcia

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Saraspathy N. T. G.
de Mendonça

MEDIANEIRA
2017



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Câmpus Medianeira

Diretoria de Graduação e Educação Profissional

Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos

FELIPE RODOLFO PEREIRA DA SILVA

Cinética de liofilização/reidratação e avaliação sensorial de uva Itália e tangerina processadas

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Engenheiro de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira, avaliado pela banca formada pelos professores:

Prof^a. Dr^a. Carolina Castilho Garcia
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Saraspathy N. T. G. de Mendonça
Co-orientadora

Prof. Dr. Ilton José Baraldi
Membro da banca

Prof. Dr. William A. P. L. N. T. de M. Brandão
Membro da Banca

Felipe Rodolfo Pereira da Silva
Aluno

Medianeira, 09 de fevereiro de 2018.

“A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso”

Ao meu pai e grande amigo Luiz Pereira da Silva.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A minha família, que sempre me ajudou em todos os momentos. Especialmente ao meu pai, que sempre acreditou em mim e me deu forças e condições para realizar meus sonhos.

As minhas grandes amigas Janaína, Sabrina e Japa que fizeram desta jornada algo muito prazeroso, muito obrigado.

A minha companheira Taisi que me dá forças e me apoia a todo instante, te agradeço por fazer dos meus dias aqui em Medianeira muito melhores.

A todos os professores, que transmitiram a mim um conhecimento inestimável, que vai além das salas de aula e serve como apoio para minha vida. Especialmente a Carolina Garcia, Daiane Lenhard, Elciane e o Ilton Baraldi.

“Só sei que nada sei.” frase atribuída ao filósofo grego Sócrates.

RESUMO

SILVA, F.R.P. **Cinética de liofilização/reidratação e avaliação sensorial de uva Itália e tangerina processadas**. 2017. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.

A fruticultura é responsável por mais de 40 % da produção agrícola brasileira. A desidratação de alimentos é uma operação que contribui para o aumento da vida útil do alimento, pela diminuição de sua atividade de água. Dentre essas operações, a liofilização vem recebendo destaque, já que os produtos não são submetidos a altas temperaturas. Muitas vezes, previamente ao uso dos produtos desidratados é realizada a sua reidratação. A reidratação de alimentos é uma operação unitária complexa que tem por objetivo restaurar as características do produto *in natura* através da imersão do produto desidratado em um meio líquido. A análise sensorial possibilita caracterização completa dos alimentos, sendo o teste da escala hedônica um dos mais utilizados. Este trabalho teve como objetivos a modelagem da liofilização e da reidratação de tangerinas e uvas e a avaliação sensorial das frutas desidratadas. A liofilização foi realizada com frutas congeladas em freezer convencional ($T \approx -18\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 24 h em equipamento Labconco Free Zone 6 à pressão de 70 Pa e aquecimento a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h. A reidratação foi realizada em triplicata em água à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. As frutas foram periodicamente pesadas ao longo das operações de liofilização e reidratação e os dados experimentais foram ajustados à lei de Fick, possibilitando o cálculo do coeficiente efetivo de difusão da água, e a nove modelos empíricos/semi empíricos. A avaliação sensorial das frutas liofilizadas (gomos ou bagas inteiras) foi realizada com 117 provadores não treinados com idade entre 18 e 65 anos, em duas academias da cidade de Medianeira, PR, tendo sido avaliados a cor, o sabor, o aroma, a textura, a impressão global e a intenção de compra; bem como a relação do consumo desse tipo de alimento com a escolaridade, a renda, o consumo de frutas *in natura* e desidratadas. Para avaliar a aceitação das frutas desidratadas foi utilizada escala hedônica de nove pontos e os julgadores foram questionados quanto à intenção de compra dos alimentos. A lei de Fick representou satisfatoriamente os dados experimentais de desidratação e reidratação das uvas ($R^2 > 0,97$, $P < 10\%$, SE próximo de zero), sendo que os coeficientes de difusão da água durante as operações foram, respectivamente, $2,14 \cdot 10^{-6}$ e $6,33 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Para as tangerinas esses coeficientes foram $1,01 \cdot 10^{-6}$ e $3,15 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para a liofilização e reidratação, respectivamente. Dentre os modelos empíricos/semi empíricos, o de Page foi o que melhor representou a liofilização das uvas, o Dois Termos, a das tangerinas; enquanto que o modelo de Handerson e Pabis Modificado foi o que gerou melhores ajustes para a reidratação de ambas frutas. Aproximadamente 65 % das notas situaram-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei muito” para todos os quesitos avaliados para ambas frutas. A textura das frutas desidratadas apresentou média superior a 7,0. A cor das tangerinas também apresentou média acima de 7,0, porém esse resultado não foi alcançado pelas uvas, devido à ruptura realizada nas cascas. Para os demais quesitos avaliados as médias foram superiores a 6,5. Os resultados mostraram que há mercado para produtos inovadores, como uvas e tangerinas liofilizadas.

Palavras-chave: Modelagem matemática. Coeficiente de difusão. Escala hedônica.

ABSTRACT

SILVA, F.R.P. 2017. **Freeze drying/rehydration kinetics and sensory evaluation of processed grape of Itália cultivar and tangerine**. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.

The fruitculture is responsible for more than 40% of Brazilian agricultural production. Food dehydration is an operation that contributes to the increase of the shelf life's food and the decrease of its water activity. Among these operations, freeze drying has been highlighted, since the products are not submitted to high temperatures. Often, prior to the use of dehydrated products, rehydration is performed. Food rehydration is a complex unit operation aimed at restoring the characteristics of the *in natura* product by immersing the dehydrated product in a liquid medium. The sensory analysis allows the complete characterization of the foods, being the hedonic scale test one of the most used. The objective of this work was to model the freeze drying and the rehydration of tangerines and grapes and to sensory evaluate the dehydrated fruits. Freeze drying was performed with frozen fruits in a conventional freezer ($T \approx -18 \text{ }^\circ\text{C}$) for 24 h in Labconco Free Zone 6 equipment at a pressure of 70 Pa and heating at $60 \text{ }^\circ\text{C}$ for 48 h. Rehydration was performed in triplicate in water at $25 \text{ }^\circ\text{C}$ for 24 h. The fruits were periodically weighed along the freeze drying and rehydration operations and the experimental data were adjusted to Fick's law, allowing the calculation of the effective coefficient of water diffusion; and to nine empirical/semi-empirical models. The sensory evaluation of freeze dried fruits (buds or whole berries) was performed with 117 untrained tasters aged between 18 and 65 years, in two academies in the city of Medianeira - PR, being evaluated the attributes color, flavor, aroma, texture, overall impression and the buy intention; as well as the relation of the consumption of this type of food with the scholarship, the income, the consumption of *in natura* and dehydrated fruits. In order to evaluate the acceptance of the dehydrated fruits, a hedonic scale of nine points was used and the judges were questioned about their intention to buy the food. Fick's law satisfactorily represented the experimental data on dehydration and rehydration of the grapes ($R^2 > 0.97$, $P < 10 \%$, SE close to zero), being that the water diffusion coefficients during the operations were, respectively, $2.14 \cdot 10^{-6}$ and $6.33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. For the tangerines these coefficients were $1.01 \cdot 10^{-6}$ and $3.15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ for freeze drying and rehydration, respectively. Among the empirical/semi-empirical models, Page was the one that better represented the freeze drying of the grapes, the Two Terms, was the one that better represented the freeze drying of the tangerines; while the Modified Handerson and Pabis model was the one that better adjusted the rehydration of both fruits. Approximately 65 % of the grades were between the "slightly liked" and "highly liked" hedonic terms for all evaluated attributes for both fruits. The texture of dehydrated fruits presented an average grade higher than 7.0. The color of the tangerines also presented average grade higher than 7.0, but this result was not reached by the grapes, due to the rupture in the barks. For the other evaluated items the average grades were higher than 6.5. The results showed that there is a market for innovative products, such as freeze dried grapes and tangerines.

Keywords: Mathematical modelling. Diffusion coefficient. Hedonic

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| FIGURA 1: FRASCO ACOPLADO AO LIOFILIZADOR..... | 27 |
| FIGURA 2: VARIAÇÃO DO ADIMENSIONAL DE UMIDADE (R_X) NO TEMPO DURANTE A LIOFILIZAÇÃO DAS UVAS ITÁLIA. OS PONTOS REPRESENTAM OS DADOS EXPERIMENTAIS E A LINHA CHEIA, OS VALORES CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE FICK (EQ. 3). | 31 |
| FIGURA 3: VARIAÇÃO DO ADIMENSIONAL DE UMIDADE (R_X) NO TEMPO DURANTE A LIOFILIZAÇÃO DAS TANGERINAS. OS PONTOS REPRESENTAM OS DADOS EXPERIMENTAIS E A LINHA CHEIA, OS VALORES CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE FICK (EQ. 2). | 32 |
| FIGURA 4: VARIAÇÃO DO ADIMENSIONAL DE UMIDADE (R_X) NO TEMPO DURANTE REIDRATAÇÃO DAS UVAS ITÁLIA. OS PONTOS REPRESENTAM OS DADOS EXPERIMENTAIS E A LINHA CHEIA, OS VALORES CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE FICK (EQ. 3). | 36 |
| FIGURA 5: VARIAÇÃO DO ADIMENSIONAL DE UMIDADE (R_X) NO TEMPO DURANTE REIDRATAÇÃO DAS TANGERINAS. OS PONTOS REPRESENTAM OS DADOS EXPERIMENTAIS E A LINHA CHEIA, OS VALORES CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE FICK (EQ. 2). | 36 |
| FIGURA 6: TANGERINAS IN NATURA (À ESQUERDA) E APÓS A LIOFILIZAÇÃO (À DIREITA)..... | 39 |
| FIGURA 7: UVAS ITÁLIA IN NATURA (À ESQUERDA) E APÓS A LIOFILIZAÇÃO (À DIREITA)..... | 40 |
| FIGURA 8: HISTOGRAMAS DE DISTRIBUIÇÃO DAS NOTAS OBTIDAS PARA OS ATRIBUTOS COR, SABOR, AROMA, TEXTURA E IMPRESSÃO GLOBAL NA AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS UVAS E DAS TANGERINAS LIOFILIZADAS. | 41 |
| FIGURA 9: TANGERINA HÍBRIDA DEKOPON. | 42 |
| FIGURA 10: CULTIVAR BRS VITÓRIA. | 433 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1: MODELOS MATEMÁTICOS PARA DESCREVER O PROCESSO DE SECAGEM. | 23 |
| TABELA 2: COEFICIENTES DE DIFUSÃO EFETIVO DA ÁGUA, DEF , EM $m^2 \cdot s^{-1}$, DURANTE A LIOFILIZAÇÃO DAS FRUTAS E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS PARA AVALIAR O AJUSTE DOS DADOS EXPERIMENTAIS À LEI DE FICK. | 32 |
| TABELA 3: PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA O AJUSTE DOS DADOS EXPERIMENTAIS DE LIOFILIZAÇÃO DA UVA ITÁLIA AOS MODELOS EMPÍRICOS/SEMI EMPÍRICOS. | 34 |
| TABELA 4: PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA O AJUSTE DOS DADOS EXPERIMENTAIS DE LIOFILIZAÇÃO DA TANGERINA AOS MODELOS EMPÍRICOS/SEMI EMPÍRICOS. | 34 |
| TABELA 5: COEFICIENTE DE DIFUSÃO EFETIVO DA ÁGUA, DEF , EM $m^2 \cdot s^{-1}$, DURANTE REIDRATAÇÃO DAS UVAS E DAS TANGERINAS E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS PARA AVALIAR O AJUSTE DOS DADOS EXPERIMENTAIS À LEI DE FICK. | 37 |
| TABELA 6: PARÂMETROS E ESTATÍSTICOS PARA O AJUSTE DOS DADOS EXPERIMENTAIS DE REIDRATAÇÃO DAS UVAS ITÁLIA AOS MODELOS EMPÍRICOS/SEMI EMPÍRICOS. | 38 |
| TABELA 7: PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA O AJUSTE DOS DADOS EXPERIMENTAIS DE REIDRATAÇÃO DAS TANGERINAS AOS MODELOS EMPÍRICOS/SEMI EMPÍRICOS. | 38 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. | OBJETIVOS | 16 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 16 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 3. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 3.1 | TANGERINA | 17 |
| 3.2 | UVA ITÁLIA..... | 18 |
| 3.3 | LIOFILIZAÇÃO..... | 18 |
| 3.4 | MODELAGEM MATEMÁTICA..... | 20 |
| 3.5 | ANÁLISE SENSORIAL | 24 |
| 4. | MATERIAIS E MÉTODOS | 26 |
| 4.1 | MATERIAIS..... | 26 |
| 5. | METODOLOGIAS | 27 |
| 5.1 | PROCESSAMENTO DAS FRUTAS | 27 |
| 5.2 | MODELAGEM MATEMÁTICA..... | 28 |
| 5.3 | ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS | 29 |
| 5.4 | ANÁLISE SENSORIAL | 29 |
| 6. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 6.1 | SECAGEM | 31 |
| 6.2 | REIDRATAÇÃO | 35 |

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| 6.3 | ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS | 39 |
| 6.4 | ANÁLISE SENSORIAL | 39 |
| 7. | CONCLUSÃO | 44 |
| 8. | REFERÊNCIAS | 45 |

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é responsável por mais de 40 % da produção agrícola brasileira. O consumo de frutas é considerado um importante parâmetro na análise de questões sociais, econômicas e alimentares. As modernas técnicas de cultivo, principalmente a produção intensiva, fazem da fruticultura uma prática lucrativa. Por ser uma atividade que necessita de alta demanda de mão-de-obra é responsável direta pela geração de empregos, portanto afeta de forma pertinente diversos setores da economia nacional (MACHADO et al., 2015).

Segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United States, FAOSTAT, 2018), a produção brasileira de frutas ocupou o oitavo lugar no ranking mundial, com uma produção acima de 700 milhões de toneladas, ocupando cerca de 50 milhões de hectares de terra, em 2016. Além disso, sabe-se que, em 2011, para cada 10.000 dólares investidos no setor eram gerados cinco empregos diretos ou indiretos (FACHINELLO et al., 2011).

Em 2016 a fruticultura atingiu produção com valor de R\$ 33,3 bilhões, o maior valor desde 1974. Comparada com 2015, houve um acréscimo de 26,0 %, a maior alta desde 2001. A produção de laranja representou 25,1 % do total produzido, seguida pela banana com (25,0 %), abacaxi (7,3 %), uva (6,4 %), maçã (5,0 %) e mamão (4,4 %). Os produtos com o maior preço médio por unidade foram: noz (R\$ 7,74/kg), castanha-de-caju (R\$ 3,14/kg) e figo (R\$ 2,92/kg) (IBGE, 2017).

Além de contribuir para o aumento da vida útil do alimento, pela diminuição de sua atividade de água, redução de desperdício e facilitar o consumo a secagem vem sendo aplicada com o intuito de agregar valor ao produto. As frutas secas como a banana, a tangerina, a uva o abacaxi, a manga e o mamão são importantes ingredientes para a formulação de diversos alimentos como cereais, panetones, chocolates, entre outros.

Sob essa perspectiva, a liofilização pode conferir aos produtos processados características distintas dos produtos tratados pela secagem convencional. O aroma e a estrutura da fruta após a liofilização são preservados, o que não é observado após a operação convencional.

A reidratação é um processo complexo que tem por objetivo a restauração das propriedades do produto fresco (LEE; FARID; NGUANG, 2006; LEWICKI, 1998). Em produtos desidratados, a água que foi removida do alimento não é substituída da mesma maneira durante sua reidratação, uma vez que ocorrem danos na estrutura (tecidos e células) do alimento durante a desidratação (FELLOWS, 2009).

A desidratação e a reidratação de alimentos são operações cujo tempo pode variar de minutos a dias, dependendo dos parâmetros e técnicas abordadas. Estudos empíricos para avaliar esses parâmetros, podem requerer longos tempos de análises e também podem gerar grande desperdício financeiro (TERRONI et al., 2013).

Na tentativa de evitar essas situações, a simulação matemática dos processos vem sendo muito utilizada. Diversos modelos matemáticos podem ser utilizados para descrever/simular os processos industriais, muitos parâmetros podem ser avaliados ao mesmo tempo, tornando a operação de simulação muito próxima da situação real e apresentado, portanto, resultados bastante eficientes (FERREIRA et al., 2012).

São usadas diversas análises para avaliar o sucesso do lançamento de um novo produto no mercado, dentre elas os testes sensoriais. Essa ferramenta pode ser aplicada nas mais variadas fases do projeto de um novo produto: em seu desenvolvimento, melhoramento, controle de qualidade, entre outros. O sucesso obtido nos testes de aceitabilidade demonstra um possível interesse dos consumidores com o novo produto, podendo confirmar sua comercialização.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi modelar a cinética de liofilização e de reidratação da uva Itália e da tangerina, utilizando modelos matemáticos que possibilitem o estudo/implantação/otimização da operação. Além disso, os produtos desidratados foram avaliados sensorialmente, de maneira a verificar sua aceitação e a intenção de seu consumo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a cinética de liofilização e reidratação da Uva Itália e da Tangerina e a aceitação das frutas pelos consumidores.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar a cinética de liofilização da Uva Itália e da Tangerina.

Estudar a cinética de reidratação das frutas liofilizadas;

Aplicar teste sensorial para verificar a aceitação e a intenção de compra das frutas pelos consumidores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FRUTAS LIOFILIZADAS

Segundo a Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 frutas liofilizadas possuem umidade máxima 5 % p/p e devem ser obtidas através do processamento de frutas maduras, sãs e limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitos e de detritos animais ou vegetais. Não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal.

3.2 TANGERINA

O Brasil é o terceiro maior produtor de tangerina no mundo superado apenas pela China e pela Espanha. Com uma produção com 308.966 toneladas, o Estado de São Paulo é o que mais se destaca no país (MOREIRA et al., 2012).

A aceitação da tangerina pelos consumidores está associada a parâmetros como o tamanho, a coloração, a quantidade de suco produzido e a relação sólidos solúveis/acidez titulável (MOREIRA et al., 2012).

As frutas cítricas geralmente são não climatéricas e possuem baixa reserva de amido. No armazenamento ocorre conversão dos ácidos acumulados em açúcares e gás carbônico (DINIZ, OLIVEIRA, 2015).

A qualidade das frutas deve ser também analisada levando-se em consideração seu valor nutritivo, pois essas são a fonte de 90 % da vitamina C necessária ao bom funcionamento do corpo humano. Os teores de ácido ascórbico são variáveis entre os frutos cítricos e normalmente diminuem com o armazenamento (LIMA et al., 1999).

As plantas das tangerinas são pouco influenciadas pela variação da temperatura ambiente. A casca das tangerinas é frágil, com isso, as frutas são altamente susceptíveis a injúrias no armazenamento, na colheita e no transporte. Isso ocasiona a flacidez das tangerinas e a perda de acidez e suculência da polpa (LIMA et al., 1999).

3.3 UVA ITÁLIA

Em 2015 a produção brasileira de uvas de mesa foi de, aproximadamente, 717.941. Os estados do Sul e São Paulo são os maiores produtores de uva, sendo essas uvas classificadas como comuns e destinadas ao mercado interno. As uvas produzidas na Bahia e em Pernambuco são voltadas para o mercado externo (MACHADO, SOUZA, NOVAES, 2015).

A Uva Itália é a principal variedade de uva fina de mesa do país, sua produção pode alcançar $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Entretanto, são produzidas cerca de 5 a 15 % de frutas com alguma inadequação para a comercialização, pois os cachos podem apresentar bagas murchas ou ainda com tamanho reduzido (COSTA et al., 2015).

Com o intuito de aumentar a vida de prateleira das frutas, recomenda-se proceder o pré-resfriamento a $4 - 5 \text{ }^\circ\text{C}$ logo após a colheita e depois mantê-las à temperatura de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $90 - 95 \%$. O monitoramento da temperatura não é capaz de controlar doenças, diminuindo a eficiência da cadeia do frio na comercialização dos frutos (BENATO et al., 1998) e abrindo opção para reduzir o desperdício e também obter um novo produto ao processar as bagas com boa qualidade para a obtenção de frutas desidratadas, por exemplo (COSTA et al., 2015).

3.4 LIOFILIZAÇÃO

A operação unitária de liofilização é um processo de desidratação, no qual ocorre o congelamento e a remoção de determinado solvente, primeiramente por sublimação e a *posteriori* por dessorção. Usualmente, a perda de solvente deve ocorrer até que os valores de atividade de água impeçam a atividade biológica e/ou microbiológica no produto seco (VIEIRA et al., 2012).

O congelamento realizado no primeiro estágio da liofilização é uma etapa que interfere diretamente no desempenho da operação, em consequência da formação de cristais de gelo. Nesta etapa as temperaturas devem ser inferiores ao ponto de congelamento do produto (TERRONI et al., 2013).

Há dois mecanismos que podem resultar em danos à estrutura celular, ocasionando uma diminuição da firmeza do tecido durante o congelamento do produto: a possibilidade de o cristal de gelo intracelular perfurar a membrana celular, alterando a pressão de turgor; e a quebra da estrutura da parede celular, pela formação de cristais no meio extracelular, provocando, com isso, o colapso da célula (TERRONI et al., 2013).

Assim, a primeira etapa da liofilização refere-se ao congelamento do produto, que pode ser realizado em recinto apropriado do liofilizador ou em equipamento à parte. A velocidade com que o alimento é congelado é um parâmetro que afeta diretamente a estrutura do produto final da operação, uma vez que o tamanho dos poros está intimamente relacionado ao tamanho dos cristais formados (VIEIRA et al., 2012).

De acordo com Vieira et al. (2012), o tamanho do cristal de gelo formado na etapa de congelamento interferiu diretamente na quantidade de vitamina C presente em fatias liofilizadas de abacaxi. Os autores argumentaram que nas fatias de menor espessura o congelamento ocorreu de forma mais rápida, formando cristais menores de gelo, e, conseqüentemente, resultando em menor destruição dos tecidos, fato que contribuiu positivamente para a retenção de vitamina C.

Na segunda etapa da liofilização, chamada de secagem primária, ocorre a sublimação da água sob vácuo com a adição de calor. O calor latente é consumido com a mudança de estado, sendo, portanto, necessário o aquecimento do produto. Deve-se ressaltar que as temperaturas

de aquecimento variam, porém, no geral, encontram-se próximas a 40 °C. O término desta etapa é constatado pela mensuração da temperatura do produto, a qual deve estar próxima a do ambiente, e também por observação visual da interface entre a camada seca e congelada (OLIVEIRA et al., 2012).

Após a sublimação do gelo, ocorre a dessorção da água, pois o produto ainda contém uma certa quantidade de água líquida que o impede de atingir a estabilidade, alcançada quando o conteúdo de água for reduzido a cerca de 2 a 8 % de seu valor inicial. Em suma, na terceira etapa da liofilização, a água fortemente ligada deve ser removida por dessorção (OLIVEIRA et al., 2012).

Essa umidade é comumente alcançada após um período de 2 a 6 horas de liofilização, à temperatura de 20 a 60 °C, pois, nas condições de pressão usualmente empregadas na operação, a água residual evapora nessa faixa de temperatura (TERRONI et al., 2013).

3.5 MODELAGEM MATEMÁTICA

Segundo Carlesso et al. (2007) os dois métodos comumente utilizados para modelar os processos de secagem de produtos agrícolas são o empírico e o teórico.

No modo empírico são formados grupos físicos que podem ser facilmente estudados por experimentos laboratoriais, os quais controlam parâmetros como a temperatura, razão da temperatura e a velocidade do ar de secagem. Porém, apesar da construção da curva de secagem, os modelos empíricos não fornecem indicação sobre o transporte de energia e de massa no interior dos produtos (GEANKOPLIS, 1993).

Os modelos fenomenológicos (teóricos), por outro lado, consideram fatores como a transferência de massa no interior do sólido e a transferência de calor. Dessa forma descrevem o perfil da distribuição de água no interior do alimento, desde que seja possível aproximar a sua morfologia à geometria de um sólido perfeito. Esses dados são de grande valia para a elaboração

de projetos mecânicos de equipamentos, como também para potencializar os processos já estabelecidos nas indústrias (GEANKOPLIS, 1993).

Com base na velocidade de secagem, a operação é dividida em três etapas: período de indução, período de taxa constante e período de taxa decrescente (GEANKOPLIS, 1993).

No período de indução quando falamos de liofilização, o produto está a uma temperatura inferior à sublimação da água. (GEANKOPLIS, 1993).

No período de taxa de secagem constante, o estado estacionário é controlado pela manutenção de uma película de água na superfície do produto, que evapora como água livre. Nessa etapa ocorre uma compensação entre a transferência de calor do ar de secagem para o sólido e a transferência de massa do sólido para o ar de secagem. O término do período no qual a taxa de transferência de massa é constante ocorre quando atingida determinada umidade crítica no sólido, não sendo mais possível a manutenção do filme de água superficial. Assim, temperatura superficial do produto aproxima-se da de bulbo seco do ar de secagem. Para alimentos, essa etapa é muito curta, não sendo detectada na maior parte dos estudos de secagem (GEANKOPLIS, 1993).

No período de taxa decrescente de secagem, a difusão da água no interior do sólido até sua superfície é o fenômeno determinante para a velocidade da operação. O alimento perderá, portanto, a água proveniente de seu interior, até que seja alcançado o equilíbrio entre as pressões de vapor na superfície produto e do ar de secagem (GEANKOPLIS, 1993).

No período de taxa decrescente de secagem, a velocidade de secagem é controlada pela difusão da água do interior do sólido para sua superfície. O fenômeno é modelado segundo a lei de Fick (Equação 1).

$$\frac{dx}{dt} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} \quad (1)$$

Em que: X representa a umidade, em kg de água/kg de sólidos secos; z é uma dimensão característica que depende do formato geométrico do sólido, em m; t é o tempo de secagem, em s; D_{ef} é o coeficiente de difusão efetivo da água, em m^2/s , para as condições de secagem testadas.

Para sólidos com formato definido, Crank (1975) solucionou a lei de Fick baseado em condições iniciais e de contorno. Para uma placa infinita e uma esfera, as soluções analíticas de Crank (1975) são dadas pelas Equações 2 e 3.

$$\frac{X_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2 \pi^2} e^{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} \frac{t}{4L^2}} \quad (2)$$

$$\frac{X_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} e^{\left(n^2 \pi^2 \frac{D_{ef} t}{\psi R_{eq}^2} \right)} \quad (3)$$

Em que: X_t representa a umidade média do sólido no tempo t , em base seca; X_{eq} é a umidade de equilíbrio, em base seca; X_0 representa a umidade inicial do sólido, em base seca; D_{ef} representa o coeficiente de difusão efetivo do líquido aplicável ao movimento através do sólido; t é o tempo; L é a meia espessura da placa, ψ representa a esfericidade; R_{eq} é o raio equivalente.

O raio equivalente (R_{eq}) e a esfericidade (ψ) foram determinados segundo Falade e Abbo (2007), Equações 5 e 9, pois, para a difusão da água, a aproximação das formas complexas de determinados alimentos ao formato de esfera gera dados satisfatórios. O maior e o menor eixo de dezoito bagas aleatórias de uva foram medidos usando um paquímetro digital.

$$R_s = \frac{3V}{S_p} = \left(\frac{3V}{S_s} \right) \cdot \left(\frac{S_s}{S_p} \right) = \psi R_{eq} \quad (5)$$

Em que V e S são respectivamente o volume e a área superficial das frutas; S_s é a área da esfera cujo volume é igual ao da amostra; ψ é a esfericidade; R_s é o raio da esfera, R_{eq} é o raio equivalente das frutas.

$$V = \left(\frac{4}{3} \right) \pi a^2 b \quad (6)$$

$$S_p = 2\pi a^2 + \left(\frac{ab^2}{e} \right) \ln \frac{(1+e)}{(1-e)} \quad (7)$$

$$e = \left[1 - \left(\frac{b}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

Em que a e b representam o maior e o menor eixo das frutas, respectivamente.

$$\psi = \left(\frac{S_s}{S_p} \right) \quad (9)$$

Na qual S_s e S_p são as áreas da esfera e da fruta, respectivamente.

De acordo com Ferreira et al. (2012), os modelos empíricos/semi empíricos apresentados na Tabela 1 podem fornecer dados capazes de auxiliar na descrição e estudo de processos de secagem. Através desses modelos, é possível calcular o tempo de operação para que um alimento atinja determinada umidade e então exercer maior controle sobre o procedimento.

Tabela 1: Modelos matemáticos para descrever o processo de secagem.

| Modelo | Equações | |
|-------------------------------------|---|------|
| Newton | $RX = e^{(-kt)}$ | (10) |
| Page | $RX = e^{(-kt)^n}$ | (11) |
| Henderson e Pabis | $RX = a \cdot e^{(-kt)}$ | (12) |
| Logarítmico | $RX = a \cdot e^{(-kt)} + c$ | (13) |
| Dois termos | $RX = a \cdot e^{(-k_0 \cdot t)} + b \cdot e^{(-k_1 \cdot t)}$ | (14) |
| Aproximação da difusão | $RX = a \cdot e^{(-k \cdot t)} + (1 - a) \cdot e^{(-k \cdot b \cdot t)}$ | (15) |
| Verna | $RX = a \cdot e^{(-k \cdot t)} + (1 - a) \cdot e^{(-k_1 \cdot t)}$ | (16) |
| Henderson e Pabis modificado | $RX = a \cdot e^{(-k \cdot t)} + b \cdot e^{(-k_0 \cdot t)} + c \cdot e^{(-k_1 \cdot t)}$ | (17) |
| Dois termos (exponencial) | $RX = a \cdot e^{(-k \cdot t)} + (1 - a) \cdot e^{(-k \cdot a \cdot t)}$ | (18) |

Em que: RX é a razão de umidade, adimensional, calculada segundo a Equação 19; k, k_0, k_1 são as constantes de secagem, em t^{-1} ; a, b, c, n são os coeficientes dos modelos; t é o tempo de secagem.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2011).

O adimensional de umidade (RX) é calculado segundo a Equação 19.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (19)$$

Em que: X é a umidade do sólido em determinado tempo, em base seca; X_e é a umidade de equilíbrio, em base seca; X_0 é a umidade inicial do sólido, em base seca.

Para a reidratação as mesmas considerações podem ser realizadas, pois também se trata de um fenômeno de difusão da água.

3.6 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial permite que sejam avaliados de forma científica os efeitos provocados no consumidor o contato com determinado produto, através de seus órgãos sensoriais (ISAAC et al.,2012).

Essa ferramenta vem sendo amplamente utilizada na indústria alimentícia e cosmética, pois muito contribui para à caracterização completa de determinado produto. A sua ampla aplicação prática permite classifica-la como tecnologia. As técnicas modernas permitem o acompanhamento de praticamente todo o processo produtivo de determinado produto (ISAAC et al., 2012).

A ABNT (1993) definiu a análise sensorial como medida científica utilizada para medir, analisar e interpretar as reações de como o alimento é percebido na visão, olfato, gosto, tato e audição.

Dentre os testes de análise sensorial, o da escala hedônica é um dos mais utilizados. Esse teste consiste em apresentar o produto aos provadores, podendo estar a matéria fracionada ou não, e escolhida respeitando uma regra de casualidade. Os avaliadores são abordados buscando a sua opinião quanto a preferência pelo produto. Os dados são quantificados segundo uma escala estabelecida, baseada nos atributos gosta e desgosta. Os pontos da escala são

distinguidos verbalmente, de modo que possam ser associados a valores numéricos, possibilitando análise estatística dos resultados (ISAAC et al., 2012).

Quando se está buscado obter dados referentes a aceitação de algum produto, é comum atualmente o uso da escala, pois ela está intrinsicamente correlacionada ao estado psicológico consciente, com isso, proporciona dados que indicam se o alimento é agradável ou não. Para converter esses dados em algo que possa ser estudado matematicamente, realiza-se a conversão destes para a forma de escores numéricos (ISAAC et al., 2012).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

As frutas foram compradas em mercado local, em Medianeira, PR, nos meses de outubro a dezembro de 2017. As mesmas foram lavadas em água corrente e separadas do engaço, no caso das uvas; e descascadas e separadas em gomos, no caso das tangerinas.

5. METODOLOGIAS

5.1 PROCESSAMENTO DAS FRUTAS

A liofilização das frutas foi realizada nos laboratórios da UTFPR-MD em um liofilizador Labconco Freeze Zone 6 (Labconco Corporation, Kansas City, MO, EUA), sob pressão de 70 Pa e à temperatura de aquecimento de 60 °C, por 48 h. O congelamento das frutas foi realizado em *freezer* doméstico ($T \approx -18$ °C) por 24 h previamente à desidratação. Para acompanhar a cinética da liofilização através de pesagens sucessivas periódicas das amostras, estas foram inseridas em recipientes de vidro acoplados ao equipamento (Figura 1), possibilitando a quebra de vácuo individualmente para cada recipiente em diferentes intervalos de tempo. Dessa forma, as uvas foram pesadas nos tempos 0, 90, 180, 270, 360, 450, 630, 810, 990, 1170 e 2880 minutos; e as tangerinas, nos tempos 0, 90, 180, 270, 360, 450, 630, 810, 990, 1170 e 2880 minutos. O aquecimento das amostras contidas nos recipientes deu-se por convecção natural do ar ambiente.



Figura 1: Frasco acoplado ao liofilizador.
Fonte: Autoria própria (2017).

Previamente à liofilização das uvas, suas cascas foram perfuradas com um palito de dentes para facilitar o transporte de massa, uma vez que estudos preliminares apontaram a inviabilidade da liofilização das frutas inteiras sem a utilização desse artifício, devido ao longo tempo de operação.

A reidratação foi conduzida em triplicata, em béqueres com água à temperatura de 25 °C, utilizando uma incubadora com temperatura controlada (B.O.D. Nt 705, Nova Técnica, Piracicaba, SP, Brasil) por 48 h. Foi utilizada uma razão fruta: solvente de 1:40 e as frutas foram pesadas nos tempos 0, 15, 30, 45, 90, 135, 195, 255, 315, 375 e 1440 minutos.

Antes, após a secagem e após a reidratação das frutas foi avaliada, em triplicata, a umidade das amostras. A umidade das amostras foi determinada gravimetricamente em estufa a 105 °C até peso constante, segundo metodologia proposta pela (AOAC, 1995).

5.2 MODELAGEM MATEMÁTICA

Para o cálculo do coeficiente de difusão da água durante a liofilização e reidratação das frutas, foi utilizada a solução analítica de Crank (1975) apropriada ao seu formato. Para as uvas considerou-se formato próximo de uma esfera, inserindo a esfericidade na solução de Crank, Eq. 3, como proposto por Falade e Abbo (2007). As tangerinas foram consideradas como placas infinitas, Eq. 2, e a sua espessura foi obtida através da média da medida de 18 frutas escolhidas casualmente.

Além disso, os dados experimentais de secagem e reidratação das frutas foram ajustados a nove modelos empíricos ou semi empíricos, Eqs. 10 a 18, apresentados na Tabela 1.

Para avaliar o ajuste dos dados experimentais aos modelos matemáticos foram comparados os coeficientes de determinação (R^2), e os valores dos parâmetros estatísticos: raiz do quadrado médio residual (SE , Equação 20) e erro médio relativo (P , Equação 21). Os maiores

valores de R^2 , os menores valores de SE e erro médio relativo abaixo de 10 % indicam melhores ajustes aos modelos (SOUSA et al., 2011).

$$SE = \left[\left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N (RX_{pre,i} - RX_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

$$P = \left(\frac{100}{N} \right) \sum_{i=1}^N \left(\frac{RX_{exp,i} - RX_{pre,i}}{RX_{exp,i}} \right) \quad (21)$$

Em que: $Rx_{exp,i}$ é a i-ésima razão de umidade experimental; $Rx_{pre,i}$ a i-ésima razão de umidade predita pelo modelo ajustado; N é o número de observações; n representa o número de parâmetros do modelo.

5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram realizadas as seguintes análises microbiológicas das frutas liofilizadas, em duplicatas: coliformes a 45 °C e *Salmonella* sp., de acordo com a Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, que aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001).

As análises de *Salmonella* spp. e contagem de *Coliformes termotolerantes* foram realizadas no Laboratório Central da Lar Cooperativa Agroindustrial, localizado em Medianeira, PR. Para as análises foram usadas as metodologias propostas pela (AOAC, 2013).

5.4 ANÁLISE SENSORIAL

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR, parecer CAAE 72560117.2.0000.5547 foi realizada a análise sensorial em duas academias da cidade de Medianeira, PR, para verificar a aceitação das frutas liofilizadas.

A avaliação sensorial foi realizada com 117 consumidores de ambos sexos, sendo esses alunos e funcionários das Academias de ginástica Superação e Universitária, em Medianeira, PR, com idade entre 18 e 65 anos, os quais foram esclarecidos sobre a pesquisa em questão. Não participaram pessoas com doenças como gastrite, úlcera, diabetes, alérgicos à tangerina e/ou uva, ou com alguma outra restrição a estas frutas, ou que não gostem de tangerina e/ou uva. Os avaliadores foram alertados da importância da leitura e compreensão do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) e todos assinaram o termo.

Foi aplicado teste de aceitação (GUAGLIANONI, FARIA, 2011), sendo servidas duas amostras: um gomo de tangerina e uma unidade da uva, ambas liofilizadas. As amostras foram servidas monadicamente e foram avaliadas com escala hedônica de 9 pontos, na qual 9 corresponde a GOSTEI MUITÍSSIMO e 1, a DESGOSTEI MUITÍSSIMO, obtendo com isso dados referentes a impressão global, cor, aroma, sabor e textura. As amostras foram servidas em pratos plásticos descartáveis codificados com três dígitos escolhidos ao acaso. Foi servida água mineral sem gás para a higienização da boca e do palato entre cada amostra.

Juntamente com o teste de aceitação, foi realizada uma pesquisa de intenção de compra (SILVA, COSTA, NASCIMENTO, 2017) das frutas liofilizadas. Para esse teste foi utilizada uma ficha resposta com escala estruturada em 5 pontos oscilando de certamente não compraria à certamente compraria; e uma pesquisa de mercado com questões sobre idade, sexo (feminino/masculino), escolaridade, renda *per capita* e consumo de frutas *in natura* e de frutas desidratadas.

A ficha utilizada nas análises sensoriais é apresentada no Anexo 2.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o auxílio do software Statistica (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 SECAGEM

A umidade média das uvas e das mexericas *in natura* foram de $89,6 \pm 0,4$ % (b.u.) e $80,2 \pm 0,5$ % (b.u.) e após a liofilização foram $5,0 \pm 2,5$ % (b.u.) e $6,0 \pm 0,3$ % (b.u.), respectivamente.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as curvas de secagem para as uvas e para as mexericas, respectivamente, sendo possível verificar a redução contínua da umidade das amostras no tempo.

É esperado que a umidade das frutas reduza rapidamente no início da secagem e, posteriormente, diminua vagorosamente no decorrer do tempo da operação. Esse comportamento foi observado no presente estudo.

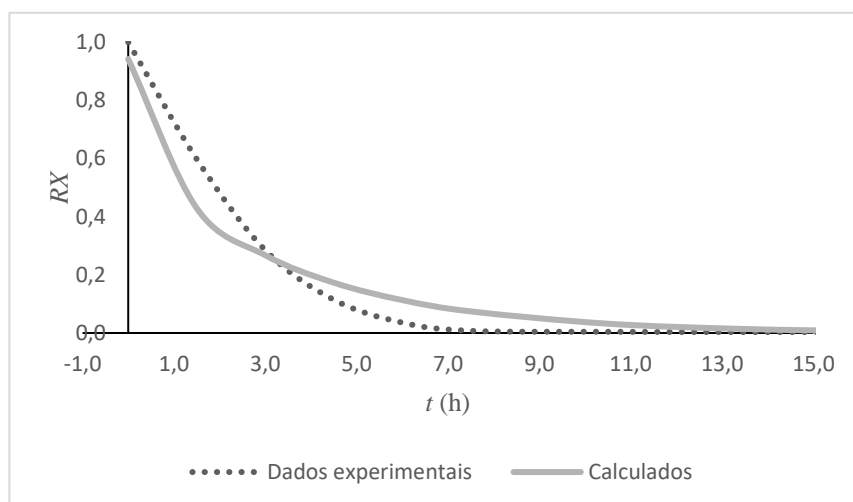


Figura 2: Variação do adimensional de umidade (RX) no tempo durante a liofilização das uvas Itália. Os pontos representam os dados experimentais e a linha cheia, os valores calculados segundo a lei de Fick (Eq. 3).

Fonte: Autoria própria (2017).

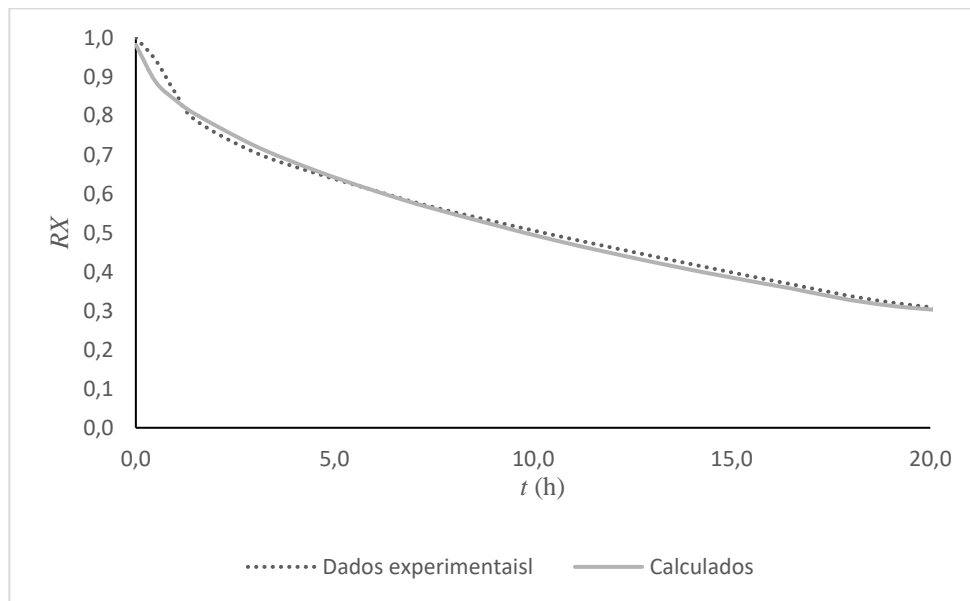


Figura 3: Variação do adimensional de umidade (RX) no tempo durante a liofilização das tangerinas. Os pontos representam os dados experimentais e a linha cheia, os valores calculados segundo a lei de Fick (Eq. 2).

Fonte: Autoria própria (2017).

É identificado nas Figuras 1 e 2 que os valores obtidos experimentalmente na liofilização das frutas apresentam concordância com os valores calculados segundo a lei de Fick (Eqs. 2 e 3), o que se traduz em um modelo que representa satisfatoriamente a operação.

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de difusão da água durante a liofilização das uvas e das tangerinas, obtidos a partir da Equações 2 e 3, juntamente com os parâmetros estatísticos utilizados para avaliar o ajuste dos dados experimentais à lei de Fick.

Tabela 2: Coeficientes de difusão efetivo da água, D_{ef} , em $m^2 \cdot s^{-1}$, durante a liofilização das frutas e parâmetros estatísticos utilizados para avaliar o ajuste dos dados experimentais à lei de Fick.

| Fruta | D_{ef} | R^2 | P (%) | SE |
|-----------|----------------------|-------|---------|----------------------|
| Uva | $2,4 \cdot 10^{-6}$ | 0,98 | 4,69 | $4,69 \cdot 10^{-3}$ |
| Tangerina | $1,01 \cdot 10^{-6}$ | 0,99 | 1,05 | $8,72 \cdot 10^{-4}$ |

Fonte: Autoria própria (2017).

O coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,90, o erro médio relativo (P) menor que 10 % e o erro médio estimado (SE) próximo de zero, indicam bom ajuste dos dados experimentais ao modelo citado, indicando que o mesmo representa adequadamente o fenômeno de secagem das duas frutas.

Santos et al. (2010) obtiveram coeficientes de difusão efetivos menores que os encontrados no presente estudo, quando estudaram a cinética e a modelagem da secagem convectiva de carambolas em secador de bandejas. O coeficiente de difusão efetivo da água para a temperatura de 50 °C foi de $6,18 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$; para a temperatura de 60 °C, foi de $1,12 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ e para a temperatura de 70 °C, o coeficiente foi igual a $4,57 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Vieira et al., (2012) obtiveram diversos coeficientes de difusão da água ao avaliarem a cinética de secagem e os parâmetros de qualidade – conteúdo de vitamina C, reidratação e textura – de fatias de abacaxi liofilizadas em função da espessura e da temperatura de congelamento. Os coeficientes obtidos foram da ordem de grandeza de 10^{-10} , menores que os obtidos no presente estudo, cujas ordens foram de 10^{-6} . Essa diferença nos resultados está possivelmente relacionada à microestrutura dos alimentos, que influencia consideravelmente a transferência de massa. Considerando que as uvas foram perfuradas previamente à liofilização, certamente os danos causados às cascas facilitaram o transporte de massa. Possivelmente, as tangerinas apresentam estrutura mais porosa que os abacaxis, o que também acelera a desidratação.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os valores de R^2 , P (%) e SE para o ajuste dos dados experimentais aos modelos empíricos/semi empíricos (Eqs. 10 a 18, Tabela 1) avaliados para a operação de secagem das uvas e das tangerinas.

Tabela 3: Parâmetros estatísticos para o ajuste dos dados experimentais de liofilização da uva Itália aos mode-los empíricos/semi empíricos.

| Modelo | R^2 | P (%) | SE |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| Newton | 0,99 | 0,89 | $0,89 \cdot 10^{-3}$ |
| Page | 0,99 | 0,01 | $0,02 \cdot 10^{-3}$ |
| Handerson e Pabis | 0,99 | 0,83 | $0,92 \cdot 10^{-3}$ |
| Logarítmico | 0,99 | 0,74 | $0,93 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos | 0,99 | 0,02 | $0,04 \cdot 10^{-3}$ |
| Aproximação da difusão | 0,99 | 0,45 | $0,56 \cdot 10^{-3}$ |
| Verma | 0,99 | 0,45 | $0,07 \cdot 10^{-3}$ |
| Henderson e Pabis modificado | 0,99 | 0,83 | $1,70 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos (exponencial) | 0,99 | 0,04 | $0,04 \cdot 10^{-3}$ |

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 4: Parâmetros estatísticos para o ajuste dos dados experimentais de liofilização da tangerina aos mode-los empíricos/semi empíricos.

| Modelo | R^2 | P (%) | SE |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| Newton | 0,97 | 4,76 | $4,00 \cdot 10^{-3}$ |
| Page | 0,99 | 1,59 | $1,45 \cdot 10^{-3}$ |
| Handerson e Pabis | 0,99 | 2,39 | $1,22 \cdot 10^{-3}$ |
| Logarítmico | 0,99 | 2,35 | $2,34 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos | 0,99 | 0,7 | $0,70 \cdot 10^{-3}$ |
| Aproximação da difusão | 0,99 | 0,71 | $0,71 \cdot 10^{-3}$ |
| Verma | 0,97 | 4,76 | $4,76 \cdot 10^{-3}$ |
| Henderson e Pabis modificado | 0,99 | 0,85 | $1,22 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos (exponencial) | 0,99 | 1,93 | $1,75 \cdot 10^{-3}$ |

Fonte: Autoria própria (2017).

Foi possível constatar que para a maioria dos modelos o coeficiente de determinação foi elevado, maior que 0,95, o valor de P , inferior a 10 % e o de SE , baixo, próximo de zero. Segundo Sousa et al. (2011), esses valores indicam bom ajuste dos dados experimentais aos modelos, mostrando que os mesmos representam a operação de liofilização. Ao estudarem a cinética da secagem de sementes do nabo forrageiro em um secador convectivo experimental, os autores também obtiveram bons ajustes dos dados a modelos empíricos/semi empíricos.

Avaliando os parâmetros estatísticos foi possível constatar que o modelo de Page foi o que melhor representou a operação de liofilização das uvas, com R^2 igual a 0,99, P igual a 1,38 % e SE igual a 0,00002. Para as tangerinas o modelo que melhor representou a liofilização foi o modelo Dois termos, com R^2 igual a 0,996, P igual a 0,693 % e SE igual a 0,001.

Rudy et al. (2015) estudaram a liofilização de *cranberries* às temperaturas de 30, 50 e 70 °C sob pressão constante e observaram que o modelo Logarítmico foi o que melhor representou os dados experimentais da secagem para frutas secas inteiras; e que os modelos de Wang e Singh e de Page ajustaram melhor os dados de secagem das polpas das frutas.

Sousa et al. (2011) estudaram a operação de secagem convectiva do nabo forrageiro em secador convectivo experimental às temperaturas de 30; 40; 50; 60 e 70 °C e umidades relativas de 47,3; 26,2; 12,0; 10,1 e 5,1%. Os autores utilizaram diversos modelos para ajustar os dados experimentais e verificaram que os modelos de Wang e Singh, de Page, de Midilli, Logarítmico e Aproximação da Difusão foram os que melhor representaram a operação.

6.2 REIDRATAÇÃO

A umidade média das frutas liofilizadas foi $5,0 \pm 2,5$ % (b.u.) para as uvas e $6,0 \pm 0,3$ % (b.u.) para as tangerinas. Após a reidratação a umidade média das uvas foi de $91,2 \pm 0,5$ % e a das mexericas foi de $78,2 \pm 0,3$ %.

Considerando que as uvas *in natura* apresentaram umidade de $89,6 \pm 0,4$ %, verificou-se que, após a reidratação a umidade média foi 1,8 % superior à das frutas frescas. Por outro lado, para as tangerinas a umidade média das frutas frescas foi de $80,2 \pm 0,5$ %, 2,5 % maior que a umidade das frutas reidratadas. Esse fato possivelmente está relacionado à estrutura celular das frutas e aos danos causados pela operação de liofilização.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentadas as curvas de ganho de umidade durante a reidratação das uvas e das mexericas.

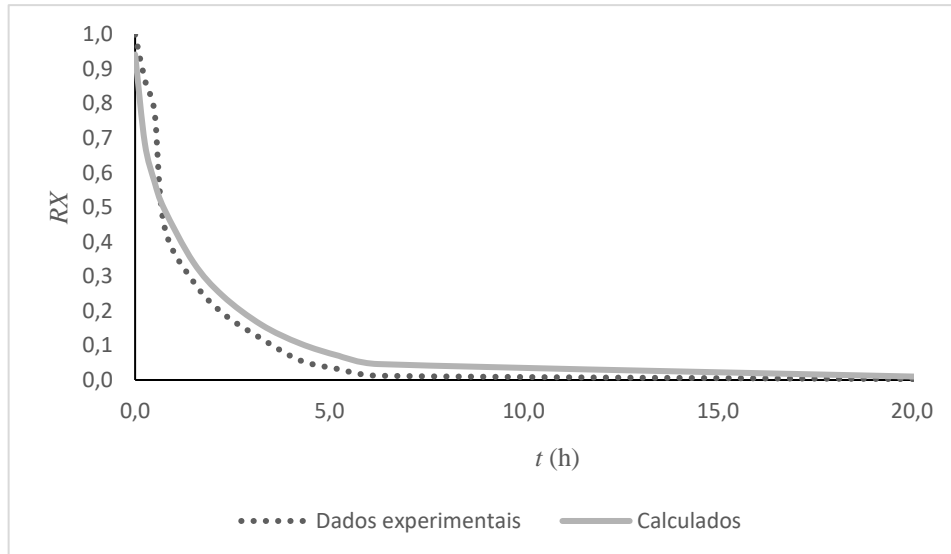


Figura 4: Variação do adimensional de umidade (R_X) no tempo durante reidratação das uvas Itália. Os pontos representam os dados experimentais e a linha cheia, os valores calculados segundo a lei de Fick (Eq. 3).

Fonte: Autoria própria (2017).

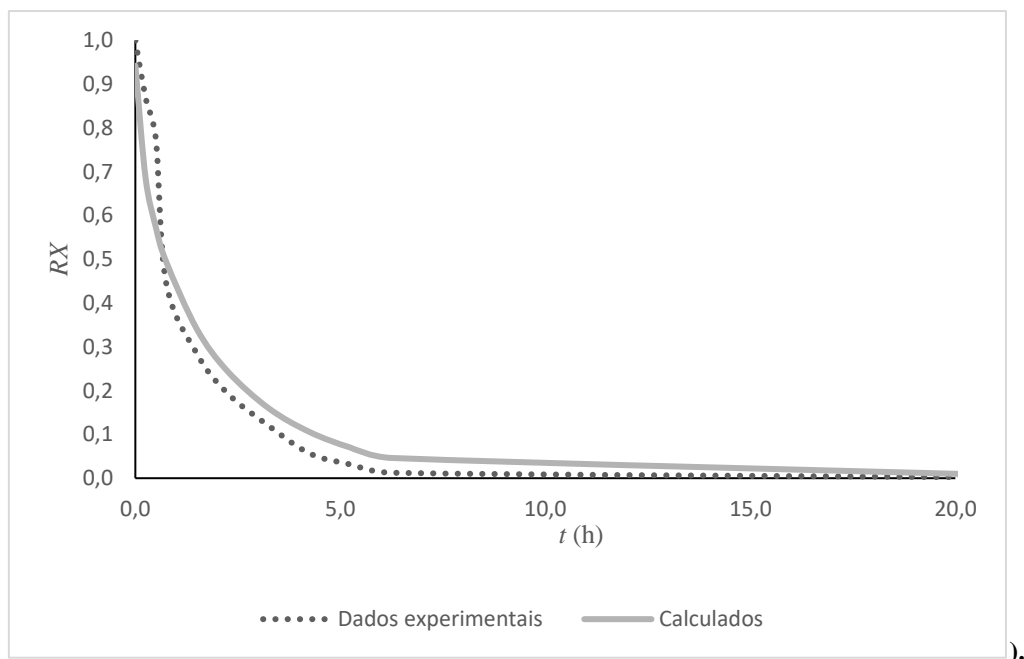


Figura 5: Variação do adimensional de umidade (R_X) no tempo durante reidratação das tangerinas. Os pontos representam os dados experimentais e a linha cheia, os valores calculados segundo a lei de Fick (Eq. 2).

Fonte: Autoria própria (2017).

O comportamento observado nas Figuras 4 e 5 mostrou bom ajuste dos dados experimentais de reidratação à lei de Fick.

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes de difusão da água durante a reidratação das frutas, calculados a partir da segunda lei de Fick (Eqs. 2 e 3). Também estão apresentados os parâmetros estatísticos utilizados para averiguar o ajuste dos dados experimentais a essa lei.

Tabela 5: Coeficiente de difusão efetivo da água, D_{ef} , em $m^2 \cdot s^{-1}$, durante reidratação das uvas e das tangerinas e parâmetros estatísticos utilizados para avaliar o ajuste dos dados experimentais à lei de Fick.

| Fruta | D_{ef} | R^2 | P (%) | SE |
|------------|----------------------|-------|---------|----------------------|
| Uva Itália | $6,33 \cdot 10^{-6}$ | 0,97 | 9,26 | $9,26 \cdot 10^{-3}$ |
| Tangerina | $3,15 \cdot 10^{-6}$ | 0,98 | 4,18 | $4,18 \cdot 10^{-3}$ |

Fonte: Autoria própria (2017).

Verificou-se que a lei de Fick representou de forma satisfatória os dados experimentais de reidratação, pois o coeficiente de determinação (R^2) foi maior que 0,90, o valor de SE foi próximo de zero e o de P foi menor que 10 %.

Falade e Abbo (2007) obtiveram coeficientes de difusão efetivos da água menores que os encontrados no presente trabalho ao realizar a reidratação de tâmaras desidratadas a 15, 30 e 45 °C. Os coeficientes foram $1,80 \cdot 10^{-10}$, $2,69 \cdot 10^{-10}$ e $4,27 \cdot 10^{-10} m^2 \cdot s^{-1}$, respectivamente. Tanto na reidratação das tâmaras como na reidratação das uvas e das mexericas, os dados experimentais ajustaram-se satisfatoriamente à segunda lei de Fick, com valores de $R^2 > 0,95$, $P < 10$ % e SE muito próximo de zero.

Além da análise da difusão da água durante a reidratação das frutas, também foram avaliados nove modelos empíricos/semi empíricos (Eqs. 10 a 18, Tabela 1) frequentemente utilizados para representar a operação de secagem de alimentos. Os parâmetros estatísticos encontrados para esses modelos estão expressos nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Parâmetros estatísticos para o ajuste dos dados experimentais de reidratação das uvas Itália aos modelos empíricos/semi empíricos.

| Modelo | R^2 | P (%) | SE |
|------------------------------|-------|---------|----------------------|
| Newton | 0,99 | 2,74 | $2,74 \cdot 10^{-3}$ |
| Page | 0,99 | 2,74 | $3,05 \cdot 10^{-3}$ |
| Henderson e Pabis | 0,99 | 2,67 | $2,97 \cdot 10^{-3}$ |
| Logarítmico | 0,99 | 2,54 | $3,17 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos | 0,99 | 2,67 | $3,81 \cdot 10^{-3}$ |
| Aproximação da difusão | 0,99 | 2,74 | $3,43 \cdot 10^{-3}$ |
| Verma | 0,99 | 2,61 | $3,28 \cdot 10^{-3}$ |
| Henderson e Pabis modificado | 0,99 | 2,44 | $4,88 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos (exponencial) | 0,99 | 2,67 | $3,81 \cdot 10^{-3}$ |

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 7: Parâmetros estatísticos para o ajuste dos dados experimentais de reidratação das tangerinas aos modelos empíricos/semi empíricos.

| Modelo | R^2 | P (%) | SE |
|------------------------------|-------|---------|----------------------|
| Newton | 0,97 | 6,77 | $3,81 \cdot 10^{-3}$ |
| Page | 0,99 | 3,05 | $3,39 \cdot 10^{-3}$ |
| Handerson e Pabis | 0,97 | 5,73 | $6,37 \cdot 10^{-3}$ |
| Logarítmico | 0,98 | 4,80 | $6,00 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos | 0,97 | 5,73 | $8,19 \cdot 10^{-3}$ |
| Aproximação da difusão | 0,97 | 2,09 | $2,62 \cdot 10^{-3}$ |
| Verma | 0,99 | 2,09 | $2,62 \cdot 10^{-3}$ |
| Henderson e Pabis modificado | 0,99 | 1,94 | $3,88 \cdot 10^{-3}$ |
| Dois termos (exponencial) | 0,98 | 3,69 | $4,11 \cdot 10^{-3}$ |

Fonte: Autoria própria (2017).

Avaliando os parâmetros verificou-se que o melhor ajuste para a reidratação das uvas foi alcançado com o modelo de Handerson e Pabis modificado, pois apresentou R^2 igual a 0,991, P igual a 2,443 % e SE igual a 0,004. Para as mexericas o mesmo modelo foi o que melhor representou a operação, com R^2 igual a 0,991, P igual a 1,942 % e SE igual a 0,004.

Ciolin (2016) ao estudar a cinética da reidratação de *cranberries* desidratadas em diferentes temperaturas (10, 29 e 45 °C) e em leite e em água, verificou que o modelo da Aproximação da Difusão e de Verma apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,95, valores de P inferiores a 10 % e baixos valores de SE , indicando bons ajustes

dos dados experimentais aos modelos. Ainda, para a temperatura de 10 °C o modelo da Aproximação da Difusão e de Verma foram os que representaram melhor a operação, com $R^2 = 0,99$ e baixos valores de P e SE . A 29 °C, os modelos da Aproximação da Difusão e de Verma foram os que melhor representaram os dados experimentais, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 = 0,99$) e os menores valores de P e SE .

6.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As contagens de *coliformes termotolerantes* foram menores que $1,0 \cdot 10^1$ UFC/g para as tangerinas e para as uvas liofilizadas e ambas apresentaram ausência de *Salmonella spp.* em 25 g, o que está de acordo com os valores propostos pela RDC n° 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), revelando que boas práticas de manipulação foram realizadas, garantindo segurança para o consumo dos alimentos.

6.4 ANÁLISE SENSORIAL

Nas Figuras 6 e 7 são apresentadas as uvas e as mexericas *in natura* e liofilizadas, sendo possível observar que a cor e o formato das tangerinas sofreram pouca alteração com a operação de liofilização. Nas uvas desidratadas, é possível observar pontos escurecidos na casca, que foi rompida com o intuito de acelerar a liofilização, resultados dos danos estruturais às frutas, que possivelmente propiciaram a ocorrência da reação de Maillard.



Figura 6: Tangerinas in natura (à esquerda) e após a liofilização (à direita).
Fonte: Autorial própria (2017).



Figura 7: Uvas Itália in natura (à esquerda) e após a liofilização (à direita).
Fonte: Autorial própria (2017).

As Figuras 8 e 9 apresentam a distribuição percentual das notas obtidas para os atributos sensoriais para as uvas e para as tangerinas liofilizadas.

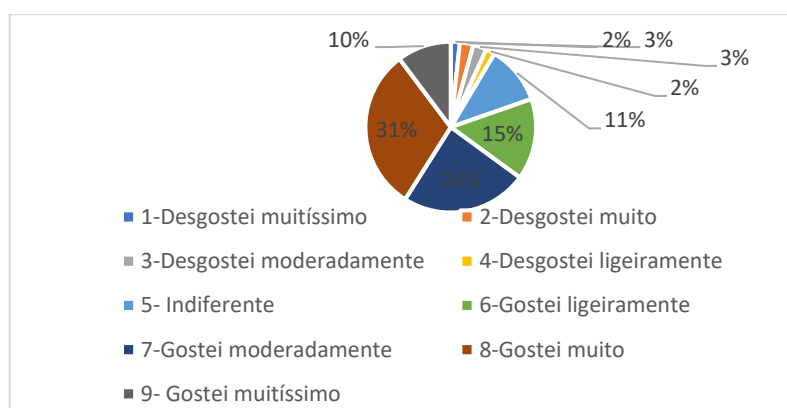


Figura 8: Distribuição das notas obtidas para os atributos cor, sabor, aroma, textura e impressão global na avaliação sensorial das uvas liofilizadas.
Fonte: Autorial própria (2017).

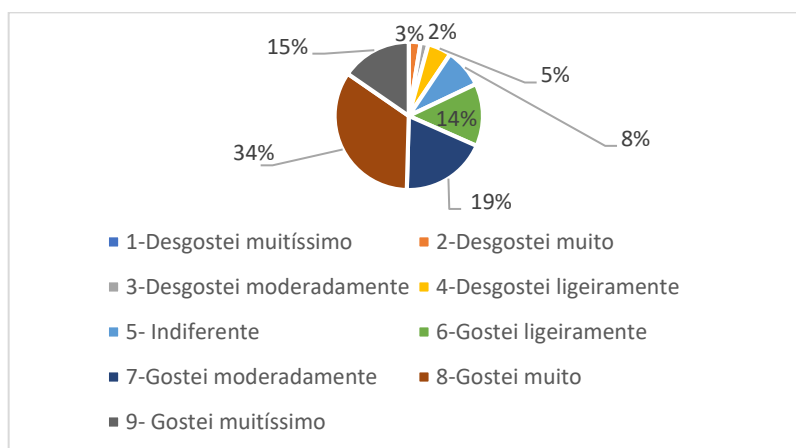


Figura 9: Distribuição das notas obtidas para os atributos cor, sabor, aroma, textura e impressão global na avaliação sensorial das tangerinas liofilizadas.

Fonte: Autoria própria (2017).

É possível verificar através da Figura 8 que para as uvas 63 % das notas para os quesitos analisados situaram-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei muito”. Comportamento semelhante foi observado para as tangerinas, na Figura 9, sendo que 65 % das notas ficaram entre os mesmos termos hedônicos.

Para as uvas, o atributo textura obteve as maiores notas, apresentado média de $7,2 \pm 1,6$. Para as tangerinas, a textura e a cor apresentaram as notas mais elevadas, sendo que os valores médios foram $7,2 \pm 1,7$ para a textura e $7,2 \pm 1,5$ para a cor das frutas desidratadas. Esse fato ressalta que as frutas apresentaram-se bastante crocantes e com boa aparência, como pode ser confirmado na Figura 7, após a liofilização.

Quanto ao sabor, as médias das notas foram de $6,5 \pm 1,7$ para as uvas e $6,5 \pm 1,9$ para as tangerinas, sendo que muitos provadores comentaram que as frutas apresentavam-se azedas, possivelmente devido ao efeito de concentração dos ácidos presentes nas frutas com a remoção da água; ou com amargor residual, em virtude da presença das sementes das frutas. Por esse motivo, os autores sugerem que mais estudos devem ser conduzidos utilizando frutas mais maduras e/ou variedades sem sementes.

A impressão global dos avaliadores com relação à tangerina liofilizada encontrou-se no termo hedônico “gostei muito”, com nota média de 7,0. Para as uvas, a nota média foi de 6,7

para o atributo impressão global, possivelmente afetado pelas notas em torno de 6,5 dos atributos cor e sabor.

Fonseca et al. (2011) afirmam que para um produto ser considerado aceito, a nível de suas propriedades sensoriais, é preciso que os índices de aceitabilidade sejam no mínimo igual a 7,0. Assim, pode-se inferir que a uva e a tangerina liofilizadas apresentaram textura e cor, no caso da tangerina, aceitas pelos consumidores. As médias das notas para o sabor das frutas foi próximo do valor de referência, 6,5, mostrando que, com pequenas modificações, os produtos seriam aceitos pelos consumidores.

Para contornar a insatisfação relacionada ao amargor da semente seria interessante trabalhar com uma variedade híbrida sem sementes (MATSUMOTO, 2001), a tangerina *Dekopon*, apresentada na Figura 10.

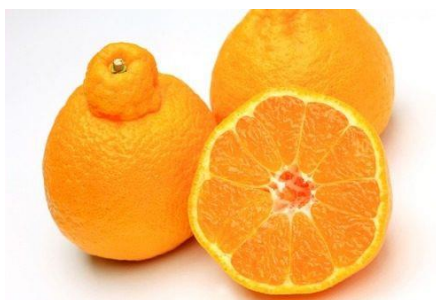


Figura 10: Tangerina híbrida Dekopon.
Fonte: MATSUMOTO (2001).

Para as uvas, seria interessante trabalhar com outra variedade de coloração mais escura, para “mascarar” o escurecimento da casca devido à sua ruptura, necessária para acelerar a transferência de massa e viabilizar a operação de liofilização das frutas. A variedade Benitaka seria uma opção, por apresentar bagas escuras, evitando a perda da qualidade na aparência.

Além da aparência, com o objetivo de evitar o amargor, seria possível trabalhar com frutas sem sementes, sendo a cultivar BRS Vitória, apresentada na Figura 11, interessante para

estudos de liofilização de uvas, por serem de casca escura e não possuírem sementes (RITSCHHEL, 2012).



Figura 9: Cultivar BRS Vitória.
Fonte: RITSCHHEL (2012).

Com relação à intensão de compra das uvas liofilizadas, 35,9 % dos julgadores certamente comprariam, 16,2 %, possivelmente comprariam e 31,6 % talvez comprassem. Para as tangerinas, 31,6 % dos avaliadores certamente comprariam as frutas liofilizadas, 20,5 % possivelmente comprariam e 27,4 % talvez comprassem.

Dentre os entrevistados, constatou-se que apenas 13 % consome frutas *in natura* mais de três vezes por semana, 49 % não consome frutas desidratadas e 29 % consome frutas desidratadas de vez em quando, demonstrando que poucos apresentam hábitos mais saudáveis de alimentação, pois a recomendação de frutas da OMS é de 400 gramas por dia (BRASIL, 2011). É possível que os resultados fossem melhores se o hábito de alimentação dos entrevistados fosse diferente.

7. CONCLUSÃO

Concluiu-se que a lei de Fick foi adequada para representar as operações de liofilização e reidratação das uvas Itália e das tangerinas. Os valores dos coeficientes de difusão efetivos para a liofilização e a reidratação das uvas Itália foram $2,14 \cdot 10^{-6}$ e $6,33 \cdot 10^{-6}$ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente; e para as tangerinas, $1,01 \cdot 10^{-6}$ e $3,15 \cdot 10^{-6}$ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente.

Os modelos empíricos/semi empíricos frequentemente utilizados para representar a desidratação de alimentos representaram adequadamente as operações de liofilização e reidratação das uvas Itália e das tangerinas.

As tangerinas liofilizadas obtiveram boa aceitabilidade por parte dos consumidores para a textura, para a cor e para a impressão global, com médias acima de 7,0, sendo a textura um atributo extremamente relevante para a liofilização de frutas.

As médias das notas para as uvas liofilizadas foram menores do que 7,0, com exceção para a textura, que apresentou média 7,2, revelando que o artifício utilizado para melhorar a transferência de massa, afetou negativamente a cor das frutas.

De maneira geral, os avaliadores comentaram que as frutas apresentavam-se azedas e com sabor amargo, devido a presença das sementes, mostrando a potencialidade de estudar a liofilização de frutas mais maduras e variedades sem sementes. Ainda, como houve comentários negativos com relação à cor das uvas, que, após liofilizadas, apresentaram pontos escuros devido à reação de Maillard, resultado da ruptura das cascas das uvas antes da operação, seria interessante estudar a liofilização de frutas de coloração mais escura, para “mascarar” esse efeito.

Mais de 30 % dos julgadores, certamente comprariam as frutas liofilizadas, mesmo que apenas 13 % deles consuma frutas frescas mais do que três vezes na semana. Os resultados mostraram a relevância deste estudo, que pode originar um produto promissor e inovador, de fácil consumo, transporte e armazenamento e de alta qualidade sensorial

8. .REFERÊNCIAS

.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 1993. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. **Teste de sensibilidade em análise sensorial**. NBR 13172, 1994. 3 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C.). **Official Methods of Analysis**. **16. ed.** v. I e II. Washington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C.). **Official Methods of Analysis**. **18. ed.** v. I e II. Washington, 2013.

BENATO, E. A., SIGRIST, J. M. M., OLIVEIRA, J. J. V., DIAS, M. S. C., CORRÊA, A. C. C. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 01, n. 1-2, p. 107-112, jan./dez., 1998.

BRASIL. ANVISA. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Brasília, 2001.

BRASIL. Consumo de frutas no Brasil está abaixo do recomendado pela OMS, mostra pesquisa. **Brasil.gov.br**, 2011. Disponível em: <
<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/08/consumo-de-frutas-no-brasil-esta-abaixo-do-recomendado-pela-oms-mostra-pesquisa>> Acesso em: 2017, dez. 2017.

CARLESSO, V. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F.; DETMANA, E. Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 29, p. 28-37, 2007.

- CIOLIN, I.H.M.R. **Reidratação e comportamento reológico de *Cranberries* desidratadas**. 2016. 81p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR. 2016.
- COSTA, J. D. D., NETO, A. F.; NUNES, S. M.; RYBKA, A. C. P.; BIASOTO, A. C. T.; FREITA, S. T. Caracterização físico-química de uva Itália desidratada. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**. v. 16, p, 273-280, 2015.
- FACHINELLO, J. C.; PASA, M.S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectiva da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura de Jaboticabal**. v. especial, p. 109-120, 2011.
- FALADE, O. K.; ABBO, S. E. Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera L.*) fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 724-730, 2007.
- FELLOWS, P. J. **Food processing technology: principles and practice**. Elsevier, 2009.
- FONSECA, R.S.; SANTO, F.V.R.D.; SOUZA, G.B.; PEREIRA, C.A.M. Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición**, v. 61, n. 2, p. 216-223, jul./set. 2011.
- FAOSTAT – **Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
Acesso em: 02/02/2018.
- GUAGLIANONI, D.G.; FARIA, J.B. Testes de aceitação em amostras de cachaça: avaliação de métodos estatísticos e de número mínimo de julgadores. **Alimentos e Nutrição**. v. 22, n. 1, p. 21-25, jan./mar. 2011.
- GEANKOPLIS, Christie J. **Transport processes and unit operations**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1993. 921 p.
- ISAAC, V.; CHIARIL, B.G.; MAGNANIL, C.; CORRÊA, M.A. Análise sensorial como ferramenta útil no desenvolvimento de cosméticos. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 33, n. 4, p. 479-488, 2012.

LEE, K. T.; FARID, M.; NGUANG, S. The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 72, n. 1, p. 16-23, 2006.

LIMA, L. C.; BOAS, E. V. B. V.; REIS, J. M. R.; CHITARRA, A. B. Qualidade dos frutos de tangerina ‘ponkan’, armazenamento sob temperatura ambiente. **Revista Científica UNIFENAS**. v. 06, p. 27-31, 1999.

MACHADO, A. V., SOUZA, J. A., NOVAES, R. S. Estudo cinético da secagem da uva isabel para a produção de uva passa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10, p. 47-51, jan./mar., 2015.

MATSUMOTO, R.; ‘Shiranuhi’, A late-maturing Citrus Cultivar. **Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science**. v. 35, n. 7, p. 115-120, jan-mar, 2011.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. R.; SILVA, F. O. R.; COSTA, A. C. Qualidade de tangerina ‘Ponkan’ em função do raleio químico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.42, p. 303-309, 2012.

OLIVEIRA, G.R.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; NUNES, T. P.; RUSSO, S. L.; JUNIOR, A. M. O. Prospecção tecnológica: processo de liofilização na indústria de alimentos. **Revista Geintec**. v.3, p.92-102, 2012.

RITSCHHEL, Patrícia. Soluções tecnológicas. **Embrapa.br**, 2012. Disponível em: <
<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1163/uva-brs-vitoria>>. Acesso em: 2017, dez. 2017.

SILVA, D. C., COSTA, K. K. B., NASCIMENTO, A. D. P. Elaboração de iogurte sabor goiaba enriquecido com farinha de palma. **Revista Agropecuária Técnica**. v. 1, n. 1, p. 47-51, 2017.

SOUSA, K.A.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H.; COSTA, L.M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, out-dez, 2011.

TERRONI, H.C.; DE JESUS, J.M.; ARTUZO, L.T.; VENTURA, L.V.; SANTOS, R.F.; DAMY-BENEDETTI, P.C. Liofilização. **Revista Científica Unilago**. v. 00, p. 271-284, 2013.

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**. v. 15, n. 1, p. 50-58, jan./mar. 2012.

ANEXO 1 - TCLE

Título da pesquisa: CINÉTICA DE LIOFILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE UVA ITÁLIA E TANGERINA PONKAN

Pesquisador(es), com endereços e telefones:

Felipe Rodolfo Pereira Da Silva, residente à Rua Florianópolis, 1443, Parque Independência, Medianeira - PR, telefone: (45) 99802-31197689.

Engenheiro ou médico ou orientador ou outro profissional responsável:

Carolina Castilho Garcia, residente à Avenida Brasil, 4232, Parque Independência, Medianeira – PR, telefone: (45) 3240-8091.

Saraspathy N.T.G. de Mendonça, residente à Avenida Brasil, 4232, Parque Independência, Medianeira – PR, telefone: (45) 3240-8056.

Local de realização da pesquisa, endereço e telefone:

ACADEMIA ACQUA FORMA, localizada à Rua Riachuelo, 1910, Centro, Medianeira – PR.
Tel.: (45) 3240-3155

ACADEMIA SUPERAÇÃO, localizada à Rua Santa Catarina, 1865, Centro, Medianeira – PR.
Tel.: (45) 3264-3291

ACADEMIA UNIVERSITÁRIA, localizada à Rua das Oliveiras, 1575, Pq. Independência, Medianeira – PR. Tel.: (45) 3240-1583

A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

1. Apresentação da pesquisa.

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa “CINÉTICA DE LIOFILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE UVA ITÁLIA E TANGERINA PONKAN”, realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus

Medianeira. Motivadas pelo fato das frutas possuírem alto grau de perecibilidade e elevados índices de perdas pós colheita, diversas pesquisas buscando aumento na conservação vem sendo realizadas. Dentre as diversas metodologias estudadas tem-se a liofilização. Além de contribuir para o aumento da vida útil do alimento, pela diminuição de sua atividade de água, a desidratação vem sendo aplicada com o intuito de agregar valor ao produto, já que frutas secas como a banana, o abacaxi, a manga e o mamão são importantes ingredientes para a formulação de diversos alimentos como cereais, panetones e chocolates. A liofilização confere aos produtos processados características interessantes, porque seu aroma e estrutura são preservados. Para restaurar as propriedades do produto fresco, a reidratação de desidratados é a prática utilizada. Em produtos desidratados, a água que foi removida do alimento não é substituída da mesma maneira durante sua reidratação, uma vez que ocorrem danos na estrutura (tecidos e células) do alimento durante a desidratação. As amostras serão avaliadas do ponto de vista microbiológico, segundo a Resolução-RDC número 12 (2012) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, quanto às análises de coliformes a 45 °C, e *Salmonella* sp.

Através de sua participação voluntária poderemos obter informações importantes a respeito da aceitabilidade dos produtos desenvolvidos, o que permitirá fornecer subsídios para o aprimoramento das operações envolvidas, de forma a atender as expectativas dos consumidores quanto à palatabilidade e intenção de compra futura.

2. Objetivos da pesquisa.

Os objetivos desta pesquisa são: estudar e modelar a liofilização de uva e tangerina e avaliá-las sensorialmente desidratadas e após a reidratação.

3. Participação na pesquisa.

A sua participação é muito importante para nossa pesquisa. Você degustará quatro amostras de frutas desidratadas e reidratadas como a tangerina e a uva, na quantidade de 1 gomo ou unidade. Estas frutas serão servidas em pratos descartáveis, acompanhadas de uma colher e água mineral sem gás, para que possa remover o gosto residual entre as amostras.

Você participará como integrante de uma equipe que vai consumir as frutas desidratadas e reidratadas e avaliar os atributos impressão global, cor, aroma, sabor e textura, atribuindo um valor numérico para cada requisito seguindo uma escala hedônica de nove pontos, na qual 9 corresponde a GOSTEI MUITÍSSIMO e 1, a DESGOSTEI MUITÍSSIMO. Em seguida, você deverá assinalar sua intenção de compra, utilizando uma escala estruturada de 5 pontos, oscilando de 1 = CERTAMENTE NÃO COMPRARIA a 5 = CERTAMENTE COMPRARIA, e uma pesquisa de mercado com questões sobre idade, sexo (feminino/masculino), escolaridade, renda per capita e consumo de frutas in natura e de frutas desidratadas.

As frutas desidratadas e reidratadas foram preparadas seguindo padrão de qualidade, ou seja, atende aos requisitos da legislação brasileira para produtos desidratados e encontram-se conforme no aspecto microbiológico.

Caso não queira participar desta degustação, poderá desistir em qualquer momento sem nenhum ônus.

4. Confidencialidade.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, porém você concorda que sejam divulgados em publicações científicas e na forma de artigo ou apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios.

5a) Desconfortos e ou Riscos:

Você poderá ter algum desconforto ao degustar o produto ou não gostar deste, no momento da avaliação sensorial. Caso isso ocorra, poderá desistir de sua participação na análise sensorial a qualquer momento.

5b) Benefícios:

Não haverá benefícios diretos, porém, acreditamos ser conveniente estudar a liofilização de frutas, uma vez que estas apresentam alta perecibilidade e, ainda, são disponíveis ao consumidor

apenas em seus períodos de safra. Desta maneira, este estudo poderá contribuir de forma indireta, através deste processo de desidratação, na oferta futura aos consumidores, das frutas como a tangerina e uva, além da época de sua produção. Ainda, considerando o teor de compostos bioativos nas frutas, a pesquisa contribuirá para a oferta de produtos nutritivos e de pronto consumo no mercado. Assim, consideramos valiosa sua contribuição voluntária para a pesquisa.

6. Critérios de inclusão e exclusão.

6a) Inclusão:

Poderão participar pessoas que frequentam academias de Medianeira, por constituírem um público mais voltado à alimentação saudável, com idade acima de 18 anos.

6b) Exclusão:

Não poderão participar pessoas com doenças como gastrite, úlcera, diabetes, alérgicos à tangerina e/ou uva, ou com alguma outra restrição a estas frutas, ou que não gostem de tangerina e/ou uva.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

Você tem o direito de recusar ou desistir de sua participação a qualquer momento em qualquer etapa da pesquisa, não sofrendo, por isso, nenhum prejuízo. Se tiver alguma dúvida, por gentileza, dirija-se aos responsáveis pelo projeto a qualquer momento.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

quero receber os resultados da pesquisa (e-mail para envio: _____)

não quero receber os resultados da pesquisa

8. Ressarcimento ou indenização.

Não haverá ressarcimento de valores decorrentes de sua participação nesse projeto, porém poderá haver indenizações em casos de danos comprovadamente decorrentes de sua participação na pesquisa, conforme previsto pela Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012.

ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR). Endereço: Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Bairro Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, Telefone: (41) 3310-4494, e-mail: coep@utfpr.edu.br.

B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: _____

RG: _____ Data de Nascimento: ____/____/____

Telefone: _____

Endereço: _____

CEP: _____

Cidade: _____ Estado: _____

Assinatura: _____ Data: ___/___/_____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome completo: _____

Assinatura pesquisador (a): _____ Data: ___/___/___

(ou seu representante)

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Carolina Castilho Garcia, via e-mail: carolinacarcia@utfpr.edu.br ou telefone: (45) 32408159.

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.

ANEXO 2 – FICHA PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____ Data: _____

1. SEXO: MASCULINO () SEXO FEMININO ()

2. IDADE: _____

3. PESO: _____ 4. ALTURA: _____

5. A SUA RENDA É DE:

- a) menos de 3 salários mínimos
- b) de 3 a 5 salários mínimos
- c) de 5 a 8 salários mínimos
- d) acima de 8 salários mínimos
- e) Sem resposta

6. A SUA ESCOLARIDADE É:

- a) Ensino Fundamental Incompleto
- b) Ensino Fundamental Completo
- c) Ensino Superior Completo
- d) Ensino Superior Incompleto
- e) Pós-graduação
- f) Sem resposta

7. CONSOME FRUTAS IN NATURA:

- a) 1 vez ao dia
- b) 2 vezes ao dia
- c) 3 vezes ao dia
- d) todos os dias
- e) 1 vez por semana
- f) 2 vezes por semana
- g) 3 vezes por semana
- h) mais de 3 vezes por semana
- i) de vez em quando
- j) Não consome

8) CONSOME FRUTAS
DESIDRATADAS (SECAS)

- a) 1 vez ao dia
- b) 2 vezes ao dia
- c) 3 vezes ao dia
- d) todos os dias
- e) 1 vez por semana
- f) 2 vezes por semana
- g) 3 vezes por semana
- h) mais de 3 vezes por semana
- i) de vez em quando
- j) Não consome

Você receberá duas amostras de frutas liofilizadas e duas de frutas reidratadas. Por favor, avalie cada uma das amostras utilizando a escala de valores abaixo:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| (9) Gostei muitíssimo | (4) Desgostei ligeiramente |
| (8) Gostei muito | (3) Desgostei moderadamente |
| (7) Gostei moderadamente | (2) Desgostei muito |
| (6) Gostei ligeiramente | (1) Desgostei muitíssimo |
| (5) Indiferente | |

Por favor, descreva o quanto você gostou e/ou desgostou, com relação aos atributos:

| Amostra | Impressão global | Cor | Sabor | Aroma | Textura |
|---------|------------------|-----|-------|-------|---------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Comentários: _____

Intenção de compra:

Depois de provar as amostras, por favor, descreva qual seria sua intenção de compra utilizando a escala de valores abaixo:

- | | |
|--|---------------------------------|
| (5) Certamente compraria | (2) Possivelmente não compraria |
| (4) Possivelmente compraria | (1) Certamente não compraria |
| (3) Talvez comprasse; talvez não comprasse | |

| Amostra | Intenção de compra |
|---------|--------------------|
| | |
| | |
| | |

Comentários: _____