

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

***ESTUDO EXPERIMENTAL DA OBTENÇÃO DE PÊSSEGO DESIDRATADO (VAR. MARLI  
E SPRINGCREST) POR DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM COMPLEMENTAR.***

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos. Área de concentração: Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos

*Orientador: Profº Dr. João Borges Laurindo*

**JANESSA BUAES BOEIRA**

Eng<sup>a</sup> de Alimentos

Florianópolis, 30 de setembro de 2005.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a minha família, em especial a meu pai, minha mãe e meu irmão, que estiveram sempre ao meu lado, dando apoio, força, carinho e incentivo para vencer as dificuldades e alcançar mais este objetivo. Ao meu namorado pela paciência e carinho dispensados.

Agradeço ao meu orientador professor João Borges Laurindo, que com paciência e carinho me orientou, sendo compreensivo, dedicado e competente.

Aos meus colegas de turma, pela amizade e companheirismo. Aos colegas do PROFI, que estavam sempre à disposição, sendo atenciosos e dedicados.

Agradeço principalmente ao colega Gustavo, que esteve sempre presente, colaborando com seu trabalho, conhecimento e companheirismo, indispensáveis na realização do trabalho.

A Deus pela oportunidade de concluir mais uma etapa da minha vida.

## RESUMO

O pêssego é uma fruta altamente perecível, com grandes perdas entre a colheita, comercialização e consumo. A desidratação osmótica (DO) como técnica de pré-tratamento para a obtenção de frutas desidratadas (“passa”) pode ser uma alternativa viável e inovadora para a diminuição dessas perdas e para agregação de valor a esse produto. A desidratação osmótica de alimentos consiste na imersão de um produto em uma solução hipertônica, onde ocorre simultaneamente perda de água e ganho de sólidos pelo mesmo. Neste trabalho, estudou-se o uso da DO como método de pré-tratamento, para desidratação de pêssegos. Estudou-se a influência da concentração da solução hipertônica, da temperatura da solução, do tempo de tratamento, da agitação e da aplicação de vácuo na desidratação e ganho de sólidos pelo pêssego. Também foram estudados dois processos complementares de secagem, através da estufa e aquecimento em forno de microondas seguido por pulsos de vácuo. As frutas desidratadas foram avaliadas sensorialmente através do teste de aceitação. A utilização de vácuo intensificou o ganho de sólidos pelo pêssego, porém diminuiu a perda de água. A elevação da temperatura da solução aumentou a perda de água, mas não influenciou no ganho de sólidos. No entanto, quando agitada, a solução aumentou tanto a perda de água quanto o ganho de sólidos pela amostra. A cinética de DO mostrou que a maior parte do ganho de sólidos (SG) ocorreu nos primeiros trinta minutos, atingindo um valor máximo no tempo de 6 horas. A perda de água (WL) ocorreu de maneira progressiva. Comparando-se com a perda de água total em 48 horas, verificou-se que 77,3 % da água foi perdida nas primeiras 10 horas, enquanto 90,6 % da água foi perdida no primeiro dia (24 h). A análise da variância aplicada aos resultados das análises sensoriais mostrou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os pêssegos submetidos a uma secagem complementar em estufa e a uma secagem complementar com pulsos de vácuo. Quanto à influência da secagem das frutas pré-tratadas por DO na aceitação das mesmas obteve-se os seguintes resultados: amostras nas quais se aplicou pulsos de vácuo foram melhor avaliadas quanto a aparência enquanto as amostras submetidas unicamente à estufa apresentaram melhor textura, sabor e aceitação. Portanto, é possível obter pêssegos desidratados de boa qualidade pela combinação da aplicação de DO e processos de secagem complementares.

Palavras-chave: *prunus persica*, passa de pêssego, pulso de vácuo.

## ABSTRACT

Peach is a highly perishable fruit, with many lost between harvest, commercialization and consumption. The use of osmotic dehydration technique (OD) to obtain dehydrated fruits can be a real and innovative alternative to reduce these lost and to aggregate value of these products. Osmotic dehydration of foods consists in immersing a product in a hypertonic solution, which promotes water loss and solid gain simultaneously. In this work, the use of OD to perform a pre-treatment (pre-dehydration) of peaches was studied. The influence of hypertonic solution concentration, solution temperature, treatment time, stirring and vacuum application in the osmotic dehydration were studied, besides two complementary drying processes. The complementary drying processes investigated were the application of microwave oven heating followed by intermittent vacuum and the classical convective drying in an oven. The dehydrated fruits were evaluated by sensorial analyses through acceptance test. The use of vacuum intensified the solid gain by peaches, but decreased the water loss. The increase of solution temperature increased the water loss, but didn't have influence in solids gain. The stirring of the osmotic solution increased water loss and solid gain by sample. The kinetic of osmotic dehydration data showed that major part of solid gain (SG) occurred in the first thirty minutes, reaching a maximum value after six hours. The water loss occurred progressively during the OD experiments. Comparing with the total water loss in 48 hours, 77,3% of the water was lost in the first 10 hours, while 90,6% of water was lost in the first day (24h). The variance analysis applied to sensorial tests showed significant difference ( $p \leq 0.05$ ) between the peaches dried in the oven and those dried by the application of microwave oven and intermittent vacuum. About the influence of the drying procedures of fruits pre-treated by osmotic dehydration, the acceptance tests showed that samples dried by intermittent vacuum were better accepted with respect to the global appearance, while the samples dried in the oven presented a better global acceptance and, particularly, in respect to texture and flavor. Therefore, it is possible to obtain dehydrated peach by combining OD and drying process to achieve good quality products.

Keywords: *prunus persica*, raisin peach, intermittent vacuum.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
1.1 - DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (DO).....	4
1.1.1 – Aplicações da Desidratação Osmótica .....	7
1.2 – IMPREGNAÇÃO A VÁCUO .....	9
1.2.1 – Aplicações da Impregnação a Vácuo.....	10
1.3 – RELAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE MASSA COM A ESTRUTURA DO TECIDO VEGETAL .....	11
1.4 – SECAGEM COMPLEMENTAR .....	12
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 – PROCESSO PARA OBTENÇÃO DA PASSA DE PÊSSEGO .....	15
2.2 – MATERIAIS UTILIZADOS.....	16
2.2.1 – Preparo das amostras .....	16
2.2.1.1 – Pêssego Marli .....	17
2.2.1.2 – Pêssego Springcrest .....	17
2.2.2 – Determinação das propriedades físico-químicas do pêssego in natura.....	18
2.3 – ANÁLISES REALIZADAS NOS PÊSSEGOS TRATADOS OSMOTICAMENTE .....	19
2.3.1 - Determinação dos parâmetros WL, SG e WG. ....	19
2.4 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (DO).....	20
2.4.1 – Dispositivo Experimental para DO a vácuo e pressão atmosférica.....	20
2.4.2 – Dispositivo experimental para avaliar o tempo de vácuo.....	21
2.5 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA SECAGEM COMPLEMENTAR DAS AMOSTRAS.....	22
2.5.1 – Dispositivo Experimental usado para Aplicação de Pulsos de Vácuo.....	22
2.5.2 – Estufa utilizada na secagem das amostras desidratadas osmoticamente.....	23
2.6 – ESTUDO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA A VÁCUO (IV) .....	24
2.6.1 – Determinação do tempo de vácuo para IV de pêssegos.....	24
2.6.2 - Influência da concentração de sacarose na IV.....	24
2.6.3 – Estudo da Efetividade do uso de vácuo.....	25
2.7 – ESTUDO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA A PRESSÃO ATMOSFÉRICA (DO).....	25
2.7.1 – Influência da temperatura na DO .....	25
2.7.2 – Cinética da Desidratação Osmótica .....	26

2.7.3 – <i>Influência do grau de maturação na DO</i> .....	26
2.7.4 – <i>Influência da agitação na desidratação osmótica (DO)</i> .....	26
2.8 – SECAGEM DAS AMOSTRAS PREVIAMENTE TRATADAS POR DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA .....	27
2.8.1 – <i>Secagem por aplicação de pulsos de vácuo</i> .....	27
2.8.2 – <i>Curva de Secagem</i> .....	27
2.9 – ANÁLISE SENSORIAL APLICADA AO PRODUTO FINAL .....	28
2.9.1 – <i>Análise sensorial de aceitação aplicada às passas de pêssego nacional</i> .....	29
2.9.2 – <i>Análise sensorial de aceitação aplicada à passa de pêssego importado</i> .....	30
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO PÊSSEGO IN NATURA .....	31
3.1.1 – <i>Pêssego Marli in natura</i> .....	31
3.1.2 – <i>Pêssego Sprincrest in natura</i> .....	32
3.2 – PARÂMETRO FÍSICO-QUÍMICO DAS SOLUÇÕES DE SACAROSE.....	33
3.3 – EFEITO DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NOS PARÂMETROS WL, SG PARA IV .....	34
3.3.1 - <i>Estimativa do tempo de vácuo</i> .....	34
3.3.2 – <i>Influência da concentração de sacarose na IV</i> .....	35
3.3.3 – <i>Influência da utilização de vácuo</i> .....	36
3.4 – EFEITO DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NOS PARÂMETROS WL, SG PARA DO. ....	37
3.4.1 – <i>Influência da temperatura na DO</i> .....	37
3.4.2 – <i>Cinética da Desidratação Osmótica (DO)</i> .....	39
3.4.3 – <i>Influência do grau de maturação</i> .....	40
3.4.4 – <i>Influência da agitação na DO</i> .....	41
3.5 – SECAGEM DAS AMOSTRAS TRATADAS POR DO .....	43
3.5.1 – <i>Desidratação das amostras pela aplicação de pulsos de vácuo</i> .....	43
3.5.2 – <i>Curva de Secagem em estufa</i> .....	45
3.6 – TESTE SENSORIAL DE ACEITAÇÃO .....	47
3.6.1 - <i>Aparência</i> .....	47
3.6.2 – <i>Textura</i> .....	51
3.6.3 – <i>Sabor</i> .....	53
3.6.4 – <i>Aceitação do produto</i> .....	55
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>

## LISTA DE FIGURAS

### *CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

<b>FIGURA 1.1 a</b> – Esquema da atuação dos fluxos de massa no tecido da fruta .....	5
<b>FIGURA 1.1 b</b> – Fluxos mássicos durante a desidratação osmótica .....	6

### *CAPÍTULO II – MATERIAL E MÉTODOS*

<b>FIGURA 2.1</b> – Fotografia do corte das amostras de pêssegos .....	16
<b>FIGURA 2.2</b> – Pêssegos <i>MARLI</i> utilizados nos experimentos de desidratação osmótica .....	17
<b>FIGURA 2.3</b> - Pêssegos <i>SPRINGCREST</i> utilizados nos experimentos de desidratação osmótica .....	17
<b>FIGURA 2.4</b> - Dispositivo experimental de desidratação osmótica a vácuo e desidratação osmótica a pressão atmosférica .....	21
<b>FIGURA 2.5</b> - Equipamento utilizado para avaliar o tempo de vácuo do processo .....	22
<b>FIGURA 2.6</b> - Dispositivo experimental utilizado na secagem, das amostras tratadas (DO), com aplicação de pulsos de vácuo .....	23
<b>FIGURA 2.7</b> - Estufa com renovação e circulação de ar utilizada para secagem das amostras desidratadas. ....	24
<b>FIGURA 2.8</b> – Ficha aplicada à análise sensorial .....	29

### *CAPÍTULO III – REESULTADOS E DISCUSSÃO*

<b>FIGURA 3.1</b> – Atividade de água das soluções de sacarose em concentrações de 0-60° Brix, temperatura de leitura: 25°C .....	34
<b>FIGURA 3.2</b> - Influência da concentração da solução de sacarose na IV de amostras de pêssegos com e sem caroço. Condições do ensaio: temperatura = 30 °C, 20 min de vácuo e 10 min a pressão atmosférica, relação fruta:solução de 1:30.....	36

<b>FIGURA 3.3</b> - Ganho de sólidos (SG) e perda de água (WL) na DO (100 min) e IV (20 min de vácuo e 80 min a pressão atmosférica) de pêssegos. Condições do ensaio: temperatura 30°C, concentração da solução 65 ° Brix relação fruta:solução de 1:30.....	37
<b>FIGURA 3.4</b> - Influência da temperatura na perda de água e no ganho de sólidos na DO de pêssegos. Condições de ensaio: 45 min, concentração da solução de 65 °Brix, relação fruta:solução de 1:30.....	39
<b>FIGURA 3.5</b> - Cinética do ganho de sólidos (SG), perda de água (WL) e ganho de peso (WG) na desidratação osmótica de pêssegos. Condições de ensaio: 40°C e concentração da solução 65 °Brix, relação fruta:solução de 1:30.....	40
<b>FIGURA 3.6</b> - Influência do grau de maturação na perda de água e no ganho de sólidos na DO de pêssegos. Condições de ensaio: 40 °C e concentração da solução 65 °Brix, relação fruta:solução de 1:30.....	41
<b>FIGURA 3.7</b> - Influência da agitação da solução na perda de água e no ganho de sólidos. Condição de ensaio: 40 °C, concentração da solução de 65 °Brix. Relação fruta:solução de 1:30.....	42
<b>FIGURA 3.8</b> - Relação entre o número de pulsos (flashes) de vácuo e a umidade da amostra de pêssego (em base úmida), para dois diferentes tempos de aquecimento.....	44
<b>FIGURA 3.9</b> – Perda de massa através da evaporação da água para cada pulso de vácuo, com dois diferentes tempos de aquecimento em forno microondas.....	45
<b>FIGURA 3.10A</b> – Relação entre o tempo de secagem em estufa e a umidade (em base seca), para amostras que sofreram (B1) e que não sofreram (A1) uma secagem anterior com pulsos de vácuo. Condições de ensaio: temperatura secagem: 60°C.....	46
<b>FIGURA 3.10B</b> – Curva da taxa de secagem (g/h) das amostras submetidas aos processos A1 e B1.....	47
<b>FIGURA 3.11</b> - Aceitação da aparência de passas de pêssego caracterizadas por diferentes processos. Escala de pontuação 1 – 5.....	48
<b>FIGURA 3.12</b> - Passa de pêssego nacional – processo B.....	49
<b>FIGURA 3.14</b> - Passa de Pêssego importado, com secagem em estufa.....	50
<b>FIGURA 3.15</b> - Passa de Pêssego importado com aplicação de pulso de vácuo na secagem.....	51
<b>FIGURA 3.16</b> - Aceitação da textura de passas de pêssego caracterizadas por diferentes processos. Escala de pontuação 1 – 5.....	52
<b>FIGURA 3.17</b> - Aceitação da textura de passas de pêssego caracterizadas por dois processos de secagem diferentes. ....	53



<b>FIGURA 3.18</b> - Aceitação do sabor de passas de pêsego caracterizadas por diferentes processos. Escala de pontuação 1 – 5. ....	54
<b>FIGURA 3.19</b> - Aceitação do sabor de passas de pêsego caracterizadas por dois processos de secagem diferentes. Pontuação (1-5).....	55
<b>FIGURA 3.20</b> - Percentual de pessoas que afirmaram que comprariam as passas de pêsego caracterizadas por diferentes processos. ....	56
<b>FIGURA 3.21</b> - Percentual de provadores que afirmaram que comprariam as passas de pêsego caracterizadas por dois processos de secagem distintos. ....	57

**LISTA DE TABELAS*****CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÃO***

<b>TABELA 3.1</b> - Caracterização físico-química do pêssego <i>MARLI IN NATURA</i> .....	32
<b>TABELA 3.2</b> - Caracterização físico-química do pêssego <i>SPRINGCREST IN NATURA</i> .....	32



## **INTRODUÇÃO**

Os pêssegos são frutos climatéricos de clima temperado com maior crescimento e consumo (ARSLANOGLU, KAR e ARSLAN, 2005). A palatabilidade e a qualidade dos pêssegos dependem da variedade e índice de maturação do fruto (DELWICHE & BAUMGARDNER, 1985). O índice de maturação é a fase de desenvolvimento da fruta em que ocorrem diversas mudanças físicas, químicas e fisiológicas.

A maturidade fisiológica do pêssego na colheita influencia a qualidade do fruto (SHEWFELT, 1999). Por ser altamente perecível, deve ser processado rapidamente após a colheita, devido à elevada atividade de água e ao acelerado metabolismo. Aspectos relacionados ao manuseio e transporte eficientes também ajudam a manter sua qualidade.

Para uso industrial, é necessário que o pêssego apresente características desejáveis como tamanho uniforme, coloração, aroma, sabor e textura. Um outro aspecto a ser considerado é a sazonalidade de produção (GOTTINARI et al., 1998), já que a safra brasileira do pêssego é de Novembro à Fevereiro.

A cultura do pessegueiro (*Prunus persica*) ocupa uma área de 23.300 hectares no Brasil (SIDRA, 2005), sendo os Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Minas Gerais os maiores produtores (MARODIN, 2000; SIDRA, 2005). No Rio Grande do Sul, principal produtor nacional, o pessegueiro é cultivado comercialmente em três pólos localizados em Pelotas, grande Porto Alegre e Serra Gaúcha que, juntos, somam cerca de 15.000 hectares (SIDRA, 2005).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas frescas, com uma colheita anual de quase 40.000.000 toneladas (SEBRAE, 2005). Apesar disso o Brasil importa a maior parte das frutas desidratadas consumidas no país. Em 2002 o país importou 172.000 toneladas de frutas desidratadas, enquanto exportou somente 12.000 toneladas (FAO, 2005).

Quando tratamos de frutas conservadas por processos de desidratação, podem ser acrescentadas a possibilidade de consumo durante o ano todo (redução da perecibilidade) e a praticidade de comercialização (menor volume a ser transportado), além de facilitar a exportação de alguns produtos que deixam de estar sujeitos a barreiras fito-sanitárias por países importadores.

A demanda por produtos naturais, saudáveis e à base de frutas tem crescido rapidamente, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes a serem incluídos em alimentos mais elaborados, como sorvetes, cereais, laticínios, produtos de confeitaria e panificação. O tratamento osmótico tem se apresentado como uma ferramenta tecnológica importante para o desenvolvimento de novos produtos derivados de frutas, com valor agregado e com propriedades funcionais (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001).

O aumento no interesse em tratamento osmótico vem da necessidade de melhorar a qualidade de produtos alimentícios (ZHAO & XIE, 2004). Compostos ativos, antimicrobiais, ou solutos com uma função particular podem ser incorporados através da impregnação a vácuo, para aumentar a vida de prateleira do produto e/ou características sensoriais e nutricionais (MÚJICA-PAZ, et al., 2003b).

Nos últimos anos, a impregnação a vácuo (IV) tem sido estudada como uma alternativa aos processos osmótico-difusivos. Vários trabalhos têm relatado a aplicação de vácuo em processos de desidratação osmótica de frutas, como uma alternativa para melhorar a impregnação de um soluto e diminuir o tempo de contato necessário entre as fases líquida e sólida (PAES, 2005).

O presente trabalho estudou os processos de desidratação osmótica a pressão atmosférica e a vácuo para produção de passa de pêsego e a influência dos parâmetros de processo nas propriedades da fruta tratada.

### ***Objetivos do Trabalho***

O principal objetivo do trabalho foi realizar estudos comparativos entre os tratamentos osmóticos à pressão atmosférica e a vácuo, como pré-tratamentos para obtenção de frutas desidratadas (“passa de pêsego”). Como um segundo tratamento de desidratação, estudou-se o uso da secagem convectiva em estufa, a secagem pela aplicação de pulsos de vácuo e o aquecimento em forno de microondas.

Os objetivos específicos foram:

- a) Caracterização físico-química da fruta *in natura*;
- b) Avaliação dos efeitos no ganho de sólidos e perda de água no processo de desidratação osmótica a vácuo e a pressão atmosférica;
- c) Avaliação da cinética de transferência de massa nos dois tratamentos;
- d) Análise da eficiência dos processos de secagem aplicados: secagem com aquecimento em forno de microondas seguido por aplicação de vácuo e secagem em estufa;
- e) Avaliação sensorial de aceitação das passas de pêsego.

### ***Estrutura do Trabalho***

Este trabalho está estruturado em capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica, abordando os assuntos referentes aos processos de desidratação osmótica a pressão atmosférica e a vácuo, assim como os processos complementares de secagem como pulsos de vácuo, aquecimento em forno de microondas e secagem em estufa. O segundo capítulo refere-se aos materiais e métodos. Neste, há uma descrição da montagem dos equipamentos utilizados nos experimentos, bem como a metodologia utilizada para realização dos ensaios e cálculo dos parâmetros de interesse. No terceiro capítulo são apresentados e discutidos os resultados experimentais. As seções seguintes apresentam as conclusões e referências bibliográficas, finalizando o trabalho.

## ***CAPÍTULO I***

### ***REVISÃO BIBLIOGRÁFICA***

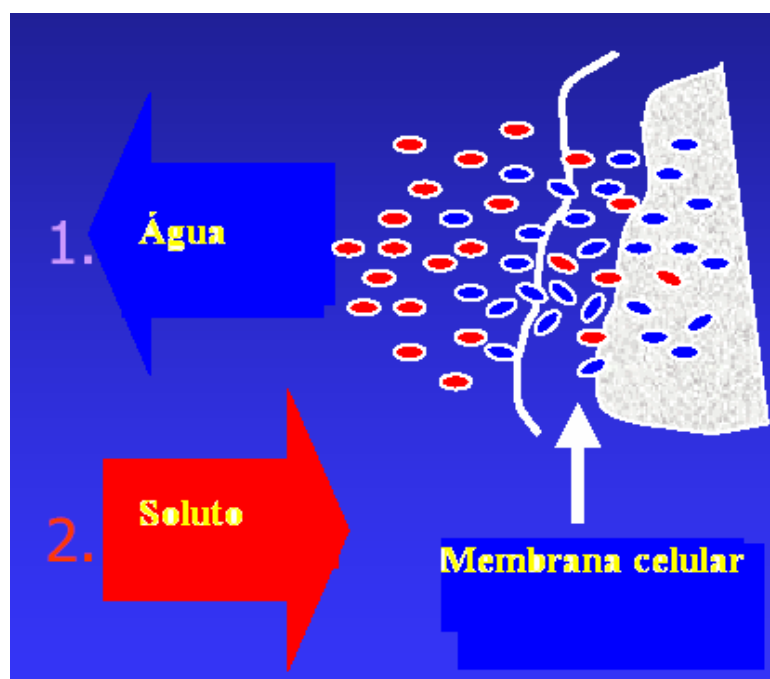
Este capítulo está estruturado em tópicos. No primeiro tópico, apresentam-se uma revisão bibliográfica referente à desidratação osmótica realizada a pressão atmosférica e suas aplicações. O tópico posterior faz uma abordagem sobre os estudos realizados com desidratação osmótica a vácuo e suas aplicações. O terceiro tópico relata a relação da transferência de massa com a estrutura do tecido vegetal. O último tópico aborda processos complementares de secagem, como pulsos de vácuo, aquecimento em forno de microondas e secagem em estufa.

#### **1.1 - DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (DO)**

A qualidade de gêneros alimentícios e o custo de sua manufatura são os fatores mais importantes para serem considerados quando se escolhe o método de preservação de alimentos. A água, sendo um dos principais componentes do alimento, tem uma influência decisiva na qualidade e durabilidade de gêneros alimentícios através do seu efeito em muitas mudanças físico-químicas e biológicas (EL-AOUAR et al., 2003). A desidratação (retirada de água) de um determinado alimento pode reduzir sua atividade microbiológica, reações enzimáticas e não enzimáticas, além de reduzir seu volume, facilitando assim seu transporte, aumentando sua durabilidade e agregando valor ao mesmo.

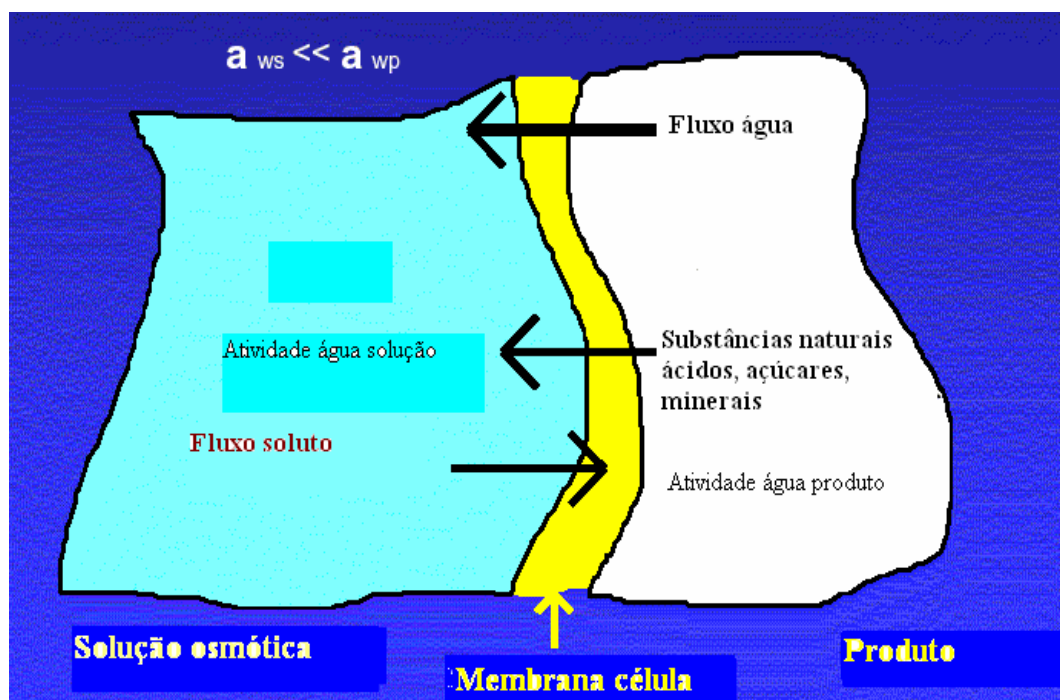
A desidratação osmótica (DO) é um processo aplicado a alimentos, como frutas e vegetais, os quais são imersos em soluções concentradas de açúcar ou sal (NaCl) para promover perda de água nas células devido a diferenças no potencial químico da água entre a solução externa e a fase líquida interna das células (RAOULT-WACK, 1994).

Essa técnica emprega soluções de alta pressão osmótica, em que dois fluxos são estabelecidos: a saída de água do alimento para a solução e a incorporação do soluto pelo alimento, devido aos gradientes de concentração. Além destes, um fluxo de solutos nativos pode ocorrer do alimento para a solução, porém em muito menor intensidade. Nesse sentido, o pré-tratamento osmótico pode melhorar aspectos nutricionais, sensoriais e funcionais dos alimentos, sem comprometer sua integridade, sendo efetivo mesmo a temperatura ambiente, de maneira que o dano térmico à textura, cor e aroma do alimento é minimizado (TORREGGIANI, 1993). Uma ilustração dos fluxos de massa que ocorrem entre a célula e uma solução hipertônica é apresentada na Figura 1.1a e 1.1b, conforme Barbosa-Canovas (1996).



**Figura 1.1 a** – Esquema da atuação dos fluxos de massa no tecido da fruta  
(BARBOSA-CANOVAS, 1996)





**Figura 1.1b** – Fluxos mássicos durante a desidratação osmótica.  
(BARBOSA-CANOVAS, 1996)

Na remoção inicial da água, é muito provável ocorrer o encolhimento simultaneamente com o ganho de sólidos, afetando a transferência de massa devido a efeitos de gradientes (LE MAGUER, SHI e FERNANDEZ, 2003). A eventual desidratação celular dependerá fortemente da característica microestrutural biológica inicial da fruta, especialmente o espaço intercelular presente no tecido da fruta. (ISLAM e FLINK, 1982; LENART e FLINK, 1984). Mudanças nas propriedades macroscópicas do alimento, como as propriedades ópticas e mecânicas, relacionadas com a aparência e com a textura, também são conseqüências de processos de desidratação (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001; CHIRALT et al., 2001a; TALENS et al., 2002).

A quantidade e a taxa de água transferida do tecido da fruta durante o processo de desidratação osmótica dependem de muitas variáveis, tais como a concentração do soluto, a composição química da solução osmótica, a temperatura da solução, a natureza das frutas, sua geometria, o tempo de contato e a agitação da solução (HOFMEISTER, 2003).

### 1.1.1 – Aplicações da Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica (DO) tem recebido atenção devido ao seu potencial para processo de alimentos industriais. Tratamentos osmóticos estão sendo usados principalmente como um pré-tratamento introduzido em alguns processos convencionais, tais como secagem a ar convectivo, microondas e liofilização, a fim de melhorar a qualidade do produto final, reduzir custos de energia ou mesmo formular novos produtos (SERENO et al., 2001).

O uso da desidratação osmótica, combinada ou não a outros processos, tem sido efetivo na redução do colapso estrutural de frutos delicados, mesmo quando posteriormente se aplicam processos agressivos, como tratamento térmico (MAESTRELLI et al., 2001). Além disso, o tratamento osmótico, em certas condições, pode favorecer a retenção dos pigmentos da fruta, evitar o escurecimento enzimático e fornecer produtos mais atraentes em termos de aparência para o consumo (KROKIDA, et al., 2000). A maior retenção de componentes voláteis durante subsequente secagem e o baixo consumo de energia também são citados como vantagens em outros estudos (POKHARKAR et al., 1997; MAEDA & LORETO, 1998).

Muitos autores têm estudado os diferentes aspectos da DO, como o soluto a ser impregnado, a influência das variáveis do processo no comportamento da secagem, a oportunidade de combinar osmose com outras técnicas estabilizantes e a qualidade do produto final (ALVES et al., 2005).

Galli et al. (1996), avaliaram a influência da composição da solução nas características físico-químicas de pêssegos (*Magno*) tipo passa, utilizando soluções de sacarose e xarope de glicose de milho. Os resultados não apresentaram significância estatística sobre as características físico-químicas dos pêssegos tipo passa.

Silveira et al. (1996), estudaram a cinética de desidratação osmótica de abacaxi e a aceitabilidade sensorial dos produtos de abacaxi desidratados e seguidos de secagem por ar e vácuo. A solução utilizada foi sacarose, variando temperatura da solução 30 à 60°C. Os resultados indicaram que a perda de água e ganho de sólidos aumentaram com o aumento da concentração e temperatura da solução. A análise sensorial indicou que o abacaxi desidratado e seguido de secagem a ar tiveram aceitação organoléptica após três meses de armazenamento à 25°C

Goularte et al (2000), avaliaram o efeito da sacarose, maltodextrina e glicose de milho como agentes de concentração osmótica no desempenho das características físicas, químicas, sensoriais e rendimento de maçãs desidratadas (cv. *Fuji*). Foram utilizadas maçãs maduras e super maduras. A preferência dos consumidores e rendimento foram maiores para os produtos tratados com sacarose e o estágio de maturação não interferiu nas características finais dos produtos processados.

El-Aouar et al. (2005), estudaram a influência de dois agentes osmóticos (sacarose e glicose de milho) na desidratação osmótica de mamão Formosa, modelaram a influência da concentração e temperatura da solução osmótica e o tempo de imersão nas alterações na redução de peso, perda de água, ganho de sólidos e atividade de água para ambos agentes osmóticos. Os resultados revelaram que a concentração da solução, temperatura e tempo de imersão tem efeitos significativos na redução de peso, perda de água, ganho de sólidos e atividade de água durante a desidratação osmótica de fatias de mamão com sacarose e glicose de milho. A redução de peso, perda de água e ganho de sólidos foram maiores quando se utilizou sacarose como agente osmótico e soluções de glicose de milho tiveram valores maiores de atividade de água.

Giraldo et al. (2003) estudaram a influência da concentração da solução de sacarose (agente osmótico) e aplicação de pulso de vácuo na cinética do processo osmótico em manga, focando na taxa de perda de água e ganho de sólidos através do processo e sua influência na perda de massa e volume do produto. As propriedades do transporte de massa no tecido da manga no tratamento osmótico com solução de sacarose foram afetadas pela concentração de sacarose e pela impregnação a vácuo da amostra no início do processo.

Lima et al. (2004), avaliaram a estabilidade de melões desidratados obtidos por DO sob pressão atmosférica e vácuo seguido de secagem convencional. A solução utilizada nos experimentos foi sacarose. Os produtos mantiveram suas características físico-químicas com pouca variação durante o armazenamento e a avaliação sensorial apresentou boa aceitabilidade durante todo período de armazenamento.

## 1.2 – IMPREGNAÇÃO A VÁCUO

O processo de impregnação a vácuo consiste na aplicação de uma pressão reduzida em um sistema sólido – líquido, seguido pela restauração da pressão atmosférica (FITO et al., 1998). O composto ativo é então incorporado no interior do alimento pela impregnação do líquido no qual é dissolvido. A quantidade de líquido impregnado na estrutura do alimento durante impregnação a vácuo, e conseqüentemente do soluto, depende principalmente da pressão de vácuo (PV) e seu tempo de aplicação. Entretanto, para alcançar uma impregnação melhor e mais eficiente, é requerido conhecer a porosidade efetiva do alimento a fim de predizer a solução máxima teórica que pode ser impregnada (MÚJICA-PAZ et al., 2003b).

Considerando a estrutura porosa de alguns alimentos e a existência de gás no interior destes poros, Fito & Pastor (1994) propuseram uma teoria para explicar a impregnação a vácuo de alimentos, denominada Mecanismo Hidrodinâmico (HDM). Esse consiste em promover variações de pressão no sistema, fazendo com que ocorra impregnação de solução na matriz através da geração de gradientes de pressão macroscópicos e dos mecanismos de capilaridade e difusão, reduzindo o tempo do processo de transferência de massa (HOFMEISTER, 2003).

Na primeira etapa da desidratação osmótica a vácuo, ocorre a expansão do gás no interior dos poros e o volume do produto tende a aumentar (inchar). Quando a pressão interna se iguala à pressão externa a saída de gás contido no interior dos poros é interrompida. A amostra relaxa e há entrada capilar de líquido.

Durante esta etapa ocorre também saída de líquido nativo presente nos poros, levado pelo gás que deixa a amostra. Na próxima etapa, a compressão pode ocasionar a deformação do volume da amostra e a subseqüente relaxação, juntamente com a penetração do líquido nos poros, pela ação do Mecanismo Hidrodinâmico. As propriedades mecânicas da matriz sólida e as propriedades de escoamento do líquido que penetra os poros irão definir os tempos característicos de penetração e de deformação-relaxação, responsáveis pela impregnação final e deformação das amostras no equilíbrio (FITO et al., 1996; FITO e CHIRALT, 2000).

### 1.2.1 – Aplicações da Impregnação a Vácuo

Os estudos da impregnação a vácuo têm sido voltados principalmente à sua aplicação em frutas, como maçã (FITO et al., 1996; MARTÍNEZ-MONZÓ, et al., 2000; BARAT, FITO e CHIRALT, 2001; BETORET et al., 2003; MÚJICA-PAZ et al., 2003ab; PAES, 2005), pêra (CHÁFER et al., 2002; MARCUSSI, 2005), manga (SALVATORI et al., 1998a; CHIRALT et al., 2001a; GIRALDO et al., 2003; MÚJICA-PAZ et al., 2003ab), banana (MÚJICA-PAZ et al., 2003b), pêssegos (MÚJICA-PAZ et al., 2003b), laranja (CHÁFER, PÉREZ e CHIRALT, 2003), morango (SALVATORI et al., 1998a), entre outras.

A impregnação a vácuo também tem sido estudada nos processos de salga (CHIRALT et al., 2001b) aplicada em carnes (DEUMIER, et al., 2003), queijos (ANDRÉS, 1995; GONZALEZ et al., 1999; GUAMIS, et al., 1997; GONZÁLEZ-MARTINEZ et al., 2002; HOFMEISTER, SOUZA e LAURINDO, 2005) presunto (BARAT et al., 2005) e peixes. Na salga a vácuo, a entrada de sal é acelerada pela combinação do Mecanismo Hidrodinâmico (HDM) e pelos fenômenos difusivos promovidos pelas diferenças de concentrações entre o produto e a solução.

Hofmeister (2003) estudou a impregnação a vácuo de sal em queijo do tipo Minas (salga a vácuo). Neste estudo, a aplicação de vácuo intermitente favoreceu o processo de salga do queijo, devido aos mecanismos de deformação e relaxação da estrutura que forma o queijo. A distribuição de sal no interior das amostras foi mais homogênea nos queijos impregnados a vácuo, quando comparada a salga convencional.

Shi, Fito e Chiralt (1995), estudaram a influência do tratamento a vácuo na perda de água e ganho de sólido no tecido das frutas damasco, morango e abacaxi durante a desidratação osmótica. As frutas foram imersas em soluções de 65° Brix com diferentes temperaturas de solução e tempo, sendo realizados tratamentos sob três condições diferentes de pressão. Os resultados indicaram que o tratamento a vácuo tem um importante efeito na transferência de água durante a desidratação osmótica. Na desidratação osmótica sob vácuo é possível obter uma taxa difusional maior de transferência de água para baixas temperaturas de solução e o ganho de sólidos está intimamente relacionado às características biológicas da fruta fresca.

Mújica-Paz et al. (2003b), focaram avaliação de características de impregnação de manga, maçã, papaia, banana, pêssego, melão e mamão. Determinaram os efeitos da pressão, do tempo de impregnação e da porosidade efetiva das frutas para diferentes condições de impregnação a vácuo. O nível da pressão de vácuo e seu tempo de aplicação tiveram um importante efeito na impregnação da solução isotônica das frutas estudadas.

### 1.3 – RELAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE MASSA COM A ESTRUTURA DO TECIDO VEGETAL

No nível celular há três caminhos aceitáveis para transferência de massa: (1) o transporte via apoplasto, que ocorre do lado externo das membranas celulares e pode ser definido como a difusão através das paredes celulares e espaços intercelulares; (2) o transporte via simplasto que ocorre dentro do plasmalema e é caracterizado pelo transporte de uma célula diretamente dentro de outra, através de pequenos canais (plasmodesmata) e (3) o transporte transmembrana, que é definido como a troca de água que ocorre entre o interior celular (citoplasma e vacúolo) e o exterior da célula (parede celular e espaço intercelular) através da membrana da célula (MARCOTTE, TOUPIN e LE MAGUER, 1991; SHI e LE MAGUER, 2002; CHIRALT e TALENS, 2005).

O comportamento da transferência de massa em tecidos vegetais submetidos a tratamento osmótico é afetado pela fração volumétrica de espaços intercelulares (associado com o grau de compactação do empacotamento celular), pela presença de uma fase gasosa ou líquida nos poros e pelas diferentes permeabilidades das membranas celulares. Do mesmo modo, à medida que o processo progride, o desenvolvimento de mudanças nas características estruturais irá afetar também o comportamento na transferência de massa. Todos estes fatores determinarão a relação em que os diferentes mecanismos irão agir e, logo, as propriedades de transferência de massa (CHIRALT e FITO, 2003).

#### 1.4 – SECAGEM COMPLEMENTAR

A secagem convencional é um processo de transferência de calor e massa, acompanhado pela mudança de fase (BARBANTI, MASTROCOLA E SEVERINI, 1994). Os fatores que governam os mecanismos de transferência determinam a taxa de secagem. Esses fatores são: pressão de vapor do material e ar de secagem, velocidade do ar e temperatura, velocidade da difusão da água no material, espessura e superfície exposta para secagem (VAN ARSDEL, 1973).

Como parte do processo de concentração de frutas e vegetais, após DO, métodos complementares como secagem convencional, congelamento ou pasteurização são utilizados (SANKAT, CASTIGNE e MAHARAJ, 1996).

O alimento ao ser colocado no secador, entra em contato com o ar de secagem. A diferença de pressão parcial de vapor de água entre o ar quente e a superfície do produto ocasionará uma transferência de massa do produto para o ar. Se a água não estiver ligada (ligação física e/ou química) na estrutura do sólido é caracterizada como água livre, e a energia envolvida no processo será correspondente ao calor latente de vaporização. Se a água estiver ligada, a energia necessária para sua evaporação será maior. Durante a secagem, é na superfície do material que ocorre a transferência de massa para o ar, da água que foi transportada do interior do sólido. Os mecanismos mais importantes desse transporte são: difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido por capilaridade (KEEY, R. B., 1972).

As características específicas de cada produto determinam os métodos e condições de secagem mais adequadas. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é o fenômeno que controla todos os processos de secagem. O processo de secagem, baseado na transferência de calor e massa, pode ser dividido em três períodos (BROD, ALONSO e PARK, 1999).

O primeiro período representa o início da secagem. Nesse período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água). O segundo período caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa é controlada pela transferência de calor entre o ar e o

produto. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para suprir a evaporação, a taxa de secagem será constante. No terceiro período, a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa. Essa fase é controlada pela migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (KEEY, R.B., 1972).

A secagem com ar quente possui algumas desvantagens, como o longo tempo de secagem mesmo com altas temperaturas, resultando na degradação da qualidade do produto desidratado (SHARMA & PRASAD, 2001).

A secagem com aquecimento em microondas tem como vantagem o controle do aquecimento e a eficiência do uso da energia (SCHIFFMANN, 2001). Os pontos negativos são o aquecimento desigual, danos na textura do alimento em caso de transferência de massa muito rápida e alto custo (SUMNU et al., 2005).

A aplicação usual das microondas para um processo de secagem é para o fim do período de taxa decrescente. As microondas aplicadas durante estágios tardios de secagem convencional penetram mais facilmente e são absorvidos seletivamente nas camadas úmidas. Então, taxas de penetração muito maiores podem ser mantidas em direção a parte mais tardia de um processo de secagem. (DATTA, 2001).

A fim de prevenir perdas sensoriais e nutricionais devido à degradação térmica, a secagem a vácuo tem sido usada com sucesso. Nesse caso, a remoção de umidade é acelerada ao mesmo tempo em que a transferência de calor para a fase sólida seja reduzida significativamente, devido à ausência de convecção. Adicionalmente, essa técnica de secagem pode ajudar a prevenir o colapso (encolhimento) da estrutura do tecido, o qual prevalece em muitas técnicas de secagem convencional (WANG e SHENG, 2005).

A tecnologia de microondas para uma rápida transferência de calor durante a secagem e outros processos de alimentos tem encontrado aplicações importantes (ROSENBERG & BOEGL,



1987; GIESE, 1992). A secagem de alimentos em microondas a vácuo atua, em muitos casos, como um método complementar ao método convencional (ATTIYATE, 1979). Entretanto, uma grande desvantagem é o alto custo de energia. Este alto custo de energia indica que a técnica de vácuo e microondas poderia ser usada apenas em casos onde o produto final possua alto valor agregado ou como um método de secagem suplementar para o melhoramento da qualidade do produto (DROUZAS e SCHUBERT, 1996).

## ***CAPÍTULO II***

### ***MATERIAIS E MÉTODOS***

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados. Há uma descrição dos critérios para avaliação da amostra e em seguida a caracterização físico-química da fruta estudada. O estudo da desidratação osmótica foi realizado para diferentes condições de processo, visando encontrar o processo mais eficiente. Na etapa seguinte realizou-se um estudo com dois métodos de secagem complementar da fruta desidratada osmoticamente, além da aplicação da análise sensorial de aceitação.

#### **2.1 – PROCESSO PARA OBTENÇÃO DA PASSA DE PÊSSEGO**

Na obtenção do pêsego desidratado utilizou-se a fruta *in natura*, selecionando as amostras isentas de doenças ou lesões. As análises físico-químicas (conteúdo de umidade, concentração de sólidos solúveis, atividade de água, porosidade e grau de maturação) possibilitaram o conhecimento das características do pêsego *in natura*. As amostras foram descascadas e cortadas ao meio gerando duas metades de tamanhos uniformes. A pele e o caroço do pêsego eram descartados. A fruta era submetida ao processo de desidratação osmótica (DO) à pressão atmosférica e a vácuo, permitindo conhecer os efeitos dos dois processos quanto ao ganho de sólidos e perda de água. O processo de DO foi complementado com dois métodos de secagem: em estufa e aquecimento em forno de microondas seguido de pulsos de vácuo. As “passas de pêsegos” foram avaliadas através da análise sensorial de aceitação.

## 2.2 – MATERIAIS UTILIZADOS

### 2.2.1 – Preparo das amostras

A prioridade era o estudo de uma variedade nacional de pêssegos, a qual fosse produzida na região Sul do Brasil. Para tal, optou-se pela variedade de mesa *Marli*. No entanto, a sazonalidade da fruta gerou restrições dos pêssegos nacionais no mercado, implicando na utilização de pêssegos importados do Chile para alguns experimentos de secagem e teste de aceitação.

As amostras foram selecionadas de acordo com seu grau de maturação, através da medida do conteúdo de sólidos solúveis (°Brix), da resistência à penetração e coloração. No entanto, a coloração para os pêssegos estudados, não apresentou boa relação com o grau de maturação, já que era determinada visualmente. O grau de maturação foi determinado para haver uniformidade nas amostras.

As amostras foram cortadas ao meio simetricamente (Figura 2.1) e descascadas manualmente, evitando diferenças nas propriedades estruturais devido à orientação celular (VINCENT, 1989). Realizou-se um experimento com o caroço aderido à metade do pêssego, para constatar se havia influência no processo.



**Figura 2.1** – Fotografia do corte das amostras de pêssegos

### 2.2.1.1 – Pêssego *Marli*

Os pêssegos nacionais branco de mesa, variedade *Marli*, foram adquiridos no comércio de Florianópolis–SC. As frutas eram fornecidas por produtores da região de Pelotas, RS.

Na Figura 2.2 está apresentada a fotografia dos pêssegos nacionais utilizados nos experimentos de desidratação osmótica.



**Figura 2.2** – Pêssegos *Marli* utilizados nos experimentos de desidratação osmótica

### 2.2.1.2 – Pêssego *Springcrest*

Os pêssegos importados do Chile, variedade *Springcrest*, foram adquiridos no comércio de Florianópolis - SC e utilizados no processo de desidratação osmótica.

Na Figura 2.3 apresenta-se a fotografia dos pêssegos importados utilizados nos experimentos de desidratação osmótica.



**Figura 2.3** - Pêssegos *Springcrest* utilizados nos experimentos de desidratação osmótica.

### 2.2.2 – Determinação das propriedades físico-químicas do pêssego *in natura*

As análises de determinação do conteúdo de umidade e concentração média de sólidos solúveis para caracterização físico-química dos pêssegos *in natura* foram realizadas com nove amostras. O conteúdo de umidade foi determinado através da secagem das amostras em uma estufa com circulação de ar até se obter peso constante, a uma temperatura de 105°C. As pesagens foram realizadas em uma balança semi-analítica, com precisão de 0,001 g (TECNAL, Linha 6K). Para determinação da concentração média de sólidos solúveis utilizou-se refratômetro óptico manual com resolução de 0,2 ° Brix (Greers Ferry Glass, REF 107).

A densidade aparente e a densidade real do pêssego foram determinadas por picnometria (SALVATORI et al., 1998a). A densidade aparente foi determinada através da medida do volume de líquido deslocado pela amostra, utilizando-se um picnômetro com água destilada como líquido de referência. A densidade real foi determinada com a amostra previamente triturada, homogeneizada e desaerada (pressão de 195 mmHg = 26 kPa, por 2 h), também em um picnômetro com água destilada como líquido de referência. Todas as determinações foram feitas em triplicata.

A porosidade das amostras foi calculada através dos valores das densidades real da partícula e aparente, de acordo com a Equação 2.1:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad (2.1)$$

onde  $\rho_s$  é a densidade real e  $\rho_b$  é a densidade aparente.

A determinação da atividade de água (aw) do pêssego *in natura* foi realizada em um higrômetro (Aqualab Model Series 3, Decagon Devices Inc., Pullman, Usa). As determinações foram feitas em triplicata e consideradas as leituras com desvios de  $\pm 0,003$ .

A resistência à penetração foi avaliada em penetrômetro (Effegi Mod FT 327,  $\varnothing=8\text{mm}$ ), considerando que pêssegos verdes exerceram uma força maior ou igual a 1,5 kgf e os maduros os que exerceram uma força menor ou igual a 0,5 kgf.

### 2.3 - ANÁLISES REALIZADAS NOS PÊSSEGOS TRATADOS OSMOTICAMENTE

Os parâmetros determinados nas análises dos pêssegos desidratados osmoticamente foram relativos à perda de água (WL), ganho de sólidos (SG), ganho de peso (WG). As influências dos parâmetros acima na concentração da solução, temperatura, agitação da solução, secagem com aquecimento em forno de microondas seguido de pulsos de vácuo e secagem em estufa com circulação de ar foram determinados.

#### 2.3.1 - Determinação dos parâmetros WL, SG e WG.

Os parâmetros WL, SG e WG foram determinados utilizando amostras pesadas individualmente e submersas na solução de sacarose, previamente identificadas. Para identificação das amostras, foi utilizada uma tela, tendo em sua parte superior e inferior aberturas e as laterais livres para circulação da solução, permitindo o acondicionamento de até quatro amostras na câmara de desidratação osmótica. Esse dispositivo também impediu que as mesmas flutuassem durante os experimentos. Quando as amostras foram retiradas do processo de desidratação osmótica, o excesso da solução aderida na superfície foi eliminado deixando-as em repouso por 5s em cada lado. As amostras foram então pesadas em uma balança semi-analítica e o conteúdo de umidade foi determinado em estufa de acordo como descrito no item 2.2.3. Os parâmetros WL, SG e WG foram determinados através das equações 2.2, 2.3 e 2.4, respectivamente.

$$WL = \frac{w_{wo} - w_w}{w_o} \cdot 100 \quad (2.2)$$

$$SG = \frac{w_s - w_{s0}}{w_o} \cdot 100 \quad (2.3)$$

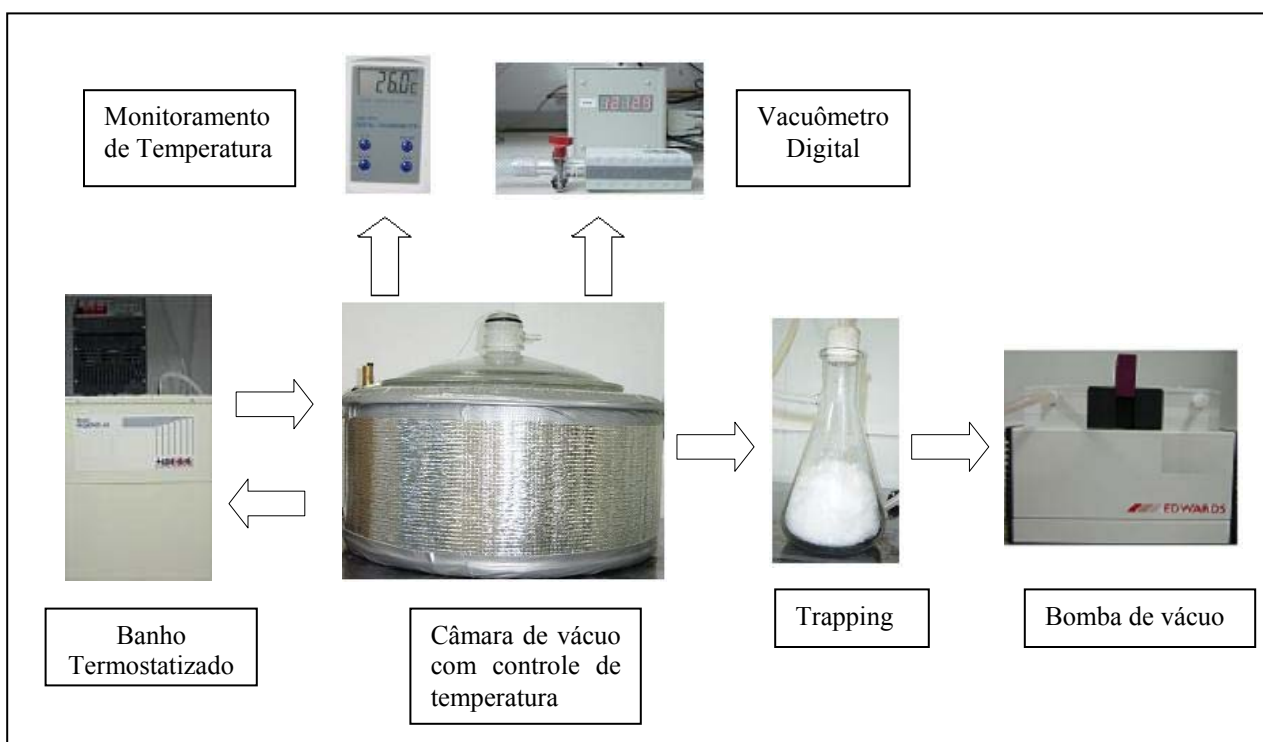
$$WG = \frac{w - w_o}{w_o} \cdot 100 \quad (2.4)$$

Onde  $w_{w0}$  é o conteúdo inicial de água na amostra,  $w_w$  é o conteúdo de água na amostra ao final do tratamento,  $w_o$  é a massa inicial da amostra,  $w_s$  é a massa de sólidos secos ao fim do tratamento,  $w_{s0}$  é a massa inicial de sólidos secos da amostra e  $w$  é a massa da amostra ao final do tratamento.

## 2.4 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (DO)

### 2.4.1 – Dispositivo Experimental para DO a vácuo e pressão atmosférica

O equipamento experimental utilizado para a realização dos experimentos a pressão atmosférica e desidratação osmótica a vácuo localizam-se no Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI-EQA-UFSC). O equipamento, esquematizado na Figura 2.4, consiste em uma câmara encamisada (volume interno de 13,35 L), com controle e monitoramento da temperatura. O controle da temperatura é realizado através da camisa que é alimentada por um banho termostaticado (MICROQUÍMICA, Modelo MQBMP-01). A câmara é conectada a uma bomba de vácuo (BOC EDWARDS, Modelo D-LAB 10-8), com uma armadilha para gotículas que podem danificar a bomba (trapping) e a um vacuômetro digital (IOPE, Modelo TWPI, Série 8388), que possibilita o monitoramento on-line da pressão da câmara. A bomba de vácuo utilizada possui uma capacidade máxima de sucção de 10 L/min e fornece um vácuo máximo de 720 mmHg (96 kPa) para o sistema utilizado. No interior da câmara foi colocado um recipiente para receber a solução de sacarose. A relação fruta:solução foi 1:30. Para os experimentos a pressão atmosférica, utilizou-se o mesmo equipamento, porém sem bomba de vácuo, mas com uma bomba interna (Atman AT-010) que circulava a solução. A vazão nominal da bomba para água era de 1200 L/h. Quando se utilizava soluções de sacarose, ocorria uma redução da vazão de bombeamento para até um terço da vazão nominal da bomba. As amostras eram fixadas na solução através de uma tela de plástico, para que não flutuassem, devido à diferença de densidade.



**Figura 2.4** - Dispositivo experimental de desidratação osmótica a vácuo e desidratação osmótica a pressão atmosférica.

#### 2.4.2 – Dispositivo experimental para avaliar o tempo de vácuo

A estrutura, localizada no Laboratório de propriedades físicas de alimentos (PROFI – EQA – UFSC), consiste em uma tampa de acrílico, acoplada sob um equipamento inox, com vedação de borracha entre ambas. No equipamento estão conectadas duas mangueiras de silicone ligadas ao dispositivo de vácuo, ou seja, a uma bomba de vácuo (BOC EDWARDS, Modelo D-LAB 10-8), com uma armadilha para gotículas que podem danificar a bomba (trapping), de acordo com a Figura 2.5.





**Figura 2.5** - Equipamento utilizado para avaliar o tempo de vácuo do processo

## 2.5 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA SECAGEM COMPLEMENTAR DAS AMOSTRAS

### 2.5.1 – Dispositivo Experimental usado para Aplicação de Pulsos de Vácuo

O equipamento para aplicação de pulsos de vácuo localiza-se no Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI-EQA-UFSC), utilizando amostras *in natura* e desidratadas osmoticamente. O equipamento, representado na Figura 2.6, consiste em uma câmara de volume 75 L conectada por uma mangueira a uma bomba de vácuo (JB 50 Hz, dois estágios), com uma armadilha para gotículas que podem danificar a bomba (trapping). Através de uma mangueira de silicone, com regulagem de válvulas para aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica, era conectada a uma câmara de volume 1 L, onde eram dispostas as amostras. Na câmara de 75 L, o vácuo era aplicado constantemente, mantendo a uma pressão absoluta de 30 mmHg (4 kPa), enquanto que na câmara de volume inferior era realizado vácuo instantâneo de 725 mmHg = 96,7 kPa (pressão absoluta de 35 mmHg = 4,67 kPa). Os efeitos dos pulsos de vácuo na desidratação dos pêssegos que já haviam sofrido um processo de DO foram investigados. O sensor de vácuo utilizado foi o programa com monitoramento on-line.



**Figura 2.6** - Dispositivo experimental utilizado na secagem, das amostras tratadas (DO), com aplicação de pulsos de vácuo.

#### 2.5.2 – Estufa utilizada na secagem das amostras desidratadas osmoticamente

A secagem realizada em estufa com circulação e renovação de ar, TECNAL, TE 394/2 (Figura 2.7) foi também utilizada como complemento a desidratação osmótica. As amostras foram dispostas em bandejas e levadas a estufa com temperatura e tempo determinados.



**Figura 2.7** - Estufa com renovação e circulação de ar utilizada para secagem das amostras desidratadas.

## 2.6 – ESTUDO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA A VÁCUO (DOV)

### 2.6.1 – Determinação do tempo de vácuo para DOV de pêssegos

Duas amostras de pêssegos foram imersas em água e submetidas a vácuo de 720 mmHg ou 96 kPa (pressão absoluta de 40 mmHg = 5,33 kPa), enquanto se procedia uma análise visual da pequena câmara. À medida que ocorria a expansão do gás presente nas amostras, bolhas desse gás saíam das mesmas em direção a superfície da água. Através dessas bolhas, observou-se o tempo necessário para que a maior parte do gás fosse expelida destas amostras nesse processo de desaeração.

### 2.6.2 - Influência da concentração de sacarose na DOV

Os experimentos foram realizados a 30°C em soluções de sacarose com concentrações variando entre 0 e 60° Brix em pêssegos maduros. A solução isotônica foi utilizada para evitar a ocorrência de outros mecanismos de transferência de massa, verificando a influência do vácuo. O período de vácuo foi de 20 min, na câmara mantida a pressão de vácuo 720 mmHg ou 96 kPa (pressão absoluta 40 mmHg ou 5,33 kPa). No momento em que foi restaurada a pressão atmosférica (760 mmHg = 101,325 kPa), em cada experimento foi utilizado o período de relaxação de 10 min. A perda de água (WL) e o ganho de sólidos (SG) foram determinados através da determinação de umidade e da variação da massa seca das amostras devido ao processo de desidratação osmótica a vácuo.

### 2.6.3 – Estudo da Efetividade do uso de vácuo

Neste estudo foram comparados os parâmetros SG e WL decorrentes de um experimento de desidratação osmótica a pressão atmosférica (DO) e de um experimento de DOV. O objetivo do estudo foi verificar se a utilização do vácuo é interessante, mesmo para alimentos com baixa porosidade, como é o caso do pêssego.

Foram usadas oito amostras em cada experimento. Os experimentos de DOV foram realizados como descrito no item 2.6.2, com os mesmos 20 min de vácuo, porém com um período de 80 min a pressão atmosférica. A concentração da solução de sacarose foi de 65 °Brix, mantida a uma temperatura de 30°C.

Os experimentos a pressão atmosférica (DO) foram realizados nas mesmas condições dos experimentos de DOV, deixando as amostras à pressão atmosférica por 100 minutos, resultando no mesmo tempo de contato entre as amostras e as soluções de sacarose, para os dois casos.

## 2.7 – ESTUDO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA A PRESSÃO ATMOSFÉRICA (DO)

### 2.7.1 – Influência da temperatura na DO

Neste experimento foi utilizado um total de dez amostras de pêssegos em cada ensaio. A desidratação osmótica a pressão atmosférica ( $P= 760$  mmHg ou  $101,325$  kPa) foi realizada na câmara com temperaturas de  $30$ ,  $40$ ,  $50$  e  $60^{\circ}\text{C}$  e por um tempo de  $45$  min, utilizando solução de sacarose de  $65^{\circ}$  Brix. A temperatura foi mantida constante ao longo do experimento através de um banho termostático que alimentava a camisa do recipiente que continha as amostras. Os parâmetros ganho de sólidos (SG) e perda de água (WL) foram determinados através da determinação de umidade e da variação da massa seca das amostras devido ao processo de desidratação osmótica.

### 2.7.2 – Cinética da Desidratação Osmótica

Os tempos utilizados nesse primeiro ensaio foram  $30$  min,  $1$  h,  $2$  h,  $4$  h,  $6$  h,  $10$  h,  $24$  h e  $48$  h, com temperatura da solução de  $40^{\circ}\text{C}$  e concentração da solução de sacarose  $65^{\circ}$  Brix. Nesse experimento, foram utilizadas  $10$  amostras para análise dos parâmetros de WL, SG e WG para cada ensaio.

### 2.7.3 – Influência do grau de maturação na DO

Os experimentos foram realizados a fim de comparação, com pêssegos selecionados maduros e verdes, de acordo com o grau de maturação, através do penetrômetro descrito no item 2.2.3. O número de amostras utilizadas foram dez de pêssegos verdes e dez de maduros, utilizando solução de sacarose de  $65^{\circ}$  Brix e temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ . A solução foi agitada durante o experimento por uma bomba (Atman AT – 010), com vazão nominal de  $1200$  L/h. Quando utilizava-se soluções de sacarose, ocorria uma redução da vazão de bombeamento para até um terço da vazão nominal da bomba. Os ensaios foram realizados nos tempos  $10$ ,  $24$  e  $48$  horas, determinando-se os parâmetros WL e SG para cada um.

### 2.7.4 – Influência da agitação na desidratação osmótica (DO)

Comparando os resultados dos experimentos descritos no item 2.7.2, onde foram utilizados pêssegos maduros no processo de DO sem agitação e no item 2.7.3, onde foram utilizados

pêssegos maduros no processo de DO com agitação, foi possível estudar a influência da agitação na DO a 40 °C, para solução de sacarose com concentração igual a 65 °Brix. Os valores dos parâmetros SG e WL de ambos os processos foram comparados.

## 2.8 – SECAGEM DAS AMOSTRAS PREVIAMENTE TRATADAS POR DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

### 2.8.1 – Secagem por aplicação de pulsos de vácuo

Foram realizados dois experimentos. No primeiro deles a amostra (metade de pêssigo osmoticamente desidratado) foi aquecida em um forno de microondas comercial (Brastemp) por 15 segundos antes de sofrer um vácuo de 725 mmHg (96,7 kPa). No segundo experimento outra amostra foi aquecida por 40 segundos antes de sofrer um vácuo de mesma intensidade. Para cada experimento este procedimento foi repetido por dez vezes, sempre com a mesma amostra. Com o uso de um termômetro de mercúrio determinou-se a temperatura atingida no ponto frio da amostra após o primeiro aquecimento e pela diferença de massa a umidade da mesma após cada procedimento. As amostras utilizadas nestes experimentos sofreram previamente um processo de DO, em solução de sacarose de 65 °Brix, a uma temperatura de 40 °C, com agitação durante 24 horas.

### 2.8.2 – Curva de Secagem

Para a construção da curva de secagem utilizaram-se oito amostras desidratadas osmoticamente de pêssigo importado, sendo que quatro sofreram aplicações de pulsos de vácuo antes da secagem em estufa.

O tratamento consistiu em três aplicações de pulsos de vácuo após aquecimento de 15 s no forno comercial de microondas (item 2.8.1). A secagem ocorreu a 60 °C em estufa com circulação

forçada de ar. As quatro amostras que passaram por aplicações de vácuo e as outras quatro que não passaram, foram analisadas e seus valores de umidade determinados ao longo da secagem.

## 2.9 – ANÁLISE SENSORIAL APLICADA AO PRODUTO FINAL

A análise sensorial foi aplicada às frutas desidratadas, realizada através do teste afetivo, na categoria de teste de aceitabilidade, utilizando escala hedônica estruturada de 5 pontos, aplicada a 15 provadores não treinados, apresentando passas de pêsego nacional com quatro diferentes métodos de secagem para avaliação. O outro teste aplicado, também de aceitação, com as mesmas características, porém com passas de pêsego importado, apresentou dois métodos de secagem para avaliação.

O teste foi avaliado através da observação e degustação das amostras referentes à aparência, textura e sabor, além de responder se comprariam ou não o produto.

As opções “gostei muito”, “gostei moderadamente”, “não gostei nem desgostei”, “desgostei moderadamente” e “desgostei muito” foram utilizadas de maneira conceitual para avaliação, as quais correspondiam respectivamente aos valores numéricos 5, 4, 3, 2 e 1, usados para analisar graficamente a aceitabilidade dos produtos.

Ficha de Análise Sensorial		
Você vai provar uma amostra de pêssego desidratado, marque a alternativa de acordo com sua avaliação.		
Amostra : .....		
Aparência	Textura	Sabor
5 ( ) gostei muito	( ) gostei muito	( ) gostei muito
4 ( ) gostei moderadamente	( ) gostei moderadamente	( ) gostei moderadamente
3 ( ) não gostei nem desgostei	( ) não gostei nem desgostei	( ) não gostei nem desgostei
2 ( ) desgostei moderadamente	( ) desgostei moderadamente	( ) desgostei moderadamente
1 ( ) desgostei muito	( ) desgostei muito	( ) desgostei muito
Você compraria o produto?		
( ) Sim ( ) não		

**Figura 2.8** – Ficha aplicada à análise sensorial

### 2.9.1 – Análise sensorial de aceitação aplicada às passas de pêssego nacional

A análise sensorial aplicada utilizou amostras de passas de pêssego (*Marli*), desenvolvidas através de quatro diferentes processos (A, B, C e D). Os processos A e B envolviam uma etapa inicial de desidratação osmótica, sendo utilizado solução de sacarose de 65° Brix, mantida a pressão atmosférica e temperatura da solução de 40° C. As amostras eram pêssegos maduros (2.2.3), submetidos a um período de 24 horas sob agitação constante.

A distinção entre os processos A e B está na secagem complementar. O processo A envolveu uma etapa de secagem em estufa a 70° C por um período de 10 horas. O processo B foi complementado com uma secagem a vácuo (item 2.8.1), onde as amostras passaram por 5 pulsos de vácuo (pressão absoluta de 35 mmHg = 4,67 kPa), sempre precedidos por um aquecimento de 25 segundos em forno comercial microondas.



Os processos C e D não envolveram a etapa de desidratação osmótica, foram utilizadas *in natura*. No caso de C, as amostras sofreram apenas uma etapa de secagem em estufa a 60 °C por um período de 18 horas. Para o processo D, houve primeiramente uma secagem a vácuo, que consistiu em 3 pulsos de vácuo (pressão absoluta de 35 mmHg = 4,67 kPa) sempre precedidos por um aquecimento de 35 segundos em forno microondas e em seguida complementando secagem em estufa à 55 °C por 10 horas.

### 2.9.2 – Análise sensorial de aceitação aplicada à passa de pêsego importado

A análise sensorial de aceitação aplicada utilizou amostras de passas de pêsego (*Springcrest*) desenvolvidas através de dois processos distintos (A e B). Os processos A e B envolveram uma etapa inicial de desidratação osmótica, utilizando solução de sacarose com concentração de 65 °Brix, a pressão atmosférica, com temperatura de 40 °C por 24 horas sob agitação constante.

O processo A envolveu uma secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 25 horas. O processo B envolveu uma etapa de aquecimento em forno de microondas por 20 segundos, seguida por três pulsos de vácuo (725 mmHg = 96,7 kPa) e ainda levados a uma estufa com circulação forçada de ar à 60 °C por 13 horas.

## ***CAPÍTULO III***

### ***RESULTADOS E DISCUSSÃO***

Este capítulo expõe os resultados obtidos dos experimentos de DO e DOV de pêssegos, através da análise dos parâmetros WL, SG e WG para as diferentes condições experimentais. Os resultados referentes à caracterização físico-química da fruta também são apresentados, bem como o estudo dos métodos de secagem em estufa e pulsos de vácuo, os quais são foram avaliados através de análise sensorial de aceitação.

#### ***3.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO PÊSSEGO IN NATURA***

As propriedades físico-químicas dos pêssegos (variedades *Marli* e *Springcrest*) utilizados neste trabalho são apresentadas nas Tabelas 3.1 e 3.2.

##### ***3.1.1 – Pêssego Marli in natura***

Na Tabela 3.1 apresentam-se as características físico-químicas do pêssego nacional *Marli in natura*.

**Tabela 3.1** - Caracterização físico-química do pêssego *Marli in natura*

<b>Parâmetros</b>	
Conteúdo de Umidade (kg água/kg amostra)	0,898±0,021
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	12,3±0,7
Densidade Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	981±8
Densidade Real (kg/m <sup>3</sup> )	1035±1
Porosidade ( $\epsilon$ )	0,052
Atividade de Água (aw)	0,994±0,001

### 3.1.2 – Pêssego *Springcrest in natura*

Na Tabela 3.2 apresentam-se as características físico-químicas do pêssego chileno *Springcrest in natura*.

**Tabela 3.2** – Caracterização físico-química do pêssego *Springcrest in natura*

<b>Parâmetros</b>	
Conteúdo de Umidade (kg água/kg amostra)	0,893±0,010
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	13,5±0,3
Densidade Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	954 ±7
Densidade Real (kg/m <sup>3</sup> )	1,006±2
Porosidade ( $\epsilon$ )	0,052
Atividade de Água (aw)	0,996±0,001

A porosidade efetiva ( $\epsilon_e$ ) é um parâmetro importante para descrever o comportamento da amostra durante o processo de DO e DOV, uma vez que ela determina o volume que pode ser ocupado pelo líquido externo no tecido do produto (FITO & PASTOR, 1994).

A porosidade encontrada para o pêssego *Marli* e *Springcrest* foi 0,052 valor um pouco acima do encontrado por Mújica-Paz et al. (2003b) de 0,046 para a variedade *Criollo*. O valor da porosidade segundo Salvatori (1997) para a variedade *Miraflores* foi 0,026.

A atividade de água do pêssego *Marli* e *Springcrest* foram respectivamente 0,994 e 0,996, valores de acordo com Mújica-Paz et al. (2003b) de 0,996, variedade *Criollo*. Assim, percebe-se que o pêssego nacional e importado tem aw semelhantes.

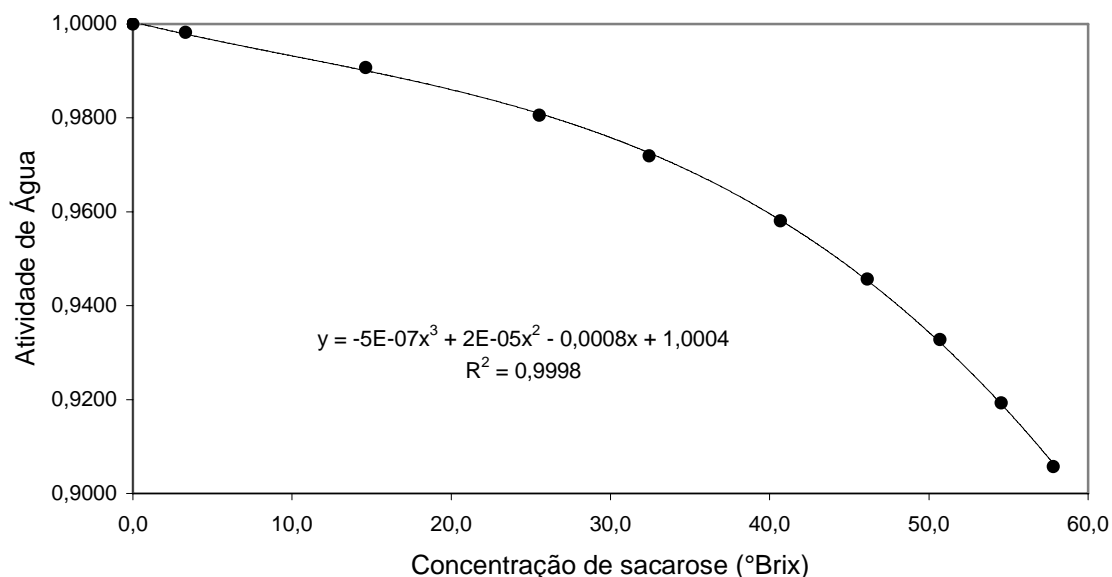
O conteúdo de umidade foi 89,9 kg de água/ kg amostra para pêssegos *Marli* e 89,3 kg água/ kg amostra para *Springcrest*. Os valores estão próximos ao encontrado por Salvatori (1997) de 87,8 kg de água/ kg amostra para pêssegos *Catherine* e acima do valor descrito pelo mesmo autor para variedade *Miraflores* de 82, 8 kg de água/ kg amostra.

Os resultados obtidos para o conteúdo de sólidos solúveis para pêssegos *Marli* e *Springcrest* foram respectivamente 12,3 °Brix e 13,5 °Brix. Salvatori (1997) encontrou concentração de 15 °Brix para o pêssego *Miraflores* e 11,9 °Brix para *Catherine*. Já Mújica-Paz et al. (2003b) encontrou o valor de 14,6 °Brix para o pêssego *Criollo*.

O pêssego chileno (*Springcrest*) apresentou maior concentração de sólidos solúveis em relação ao *Marli*. No entanto, valores de umidade, porosidade e atividade de água foram semelhantes para ambas as variedades.

### 3.2 – PARÂMETRO FÍSICO-QUÍMICO DAS SOLUÇÕES DE SACAROSE

Na Figura 3.1 é apresentada a relação entre a concentração de sacarose da solução e a atividade de água da mesma (NAVARRETE et al., 1998). Dessa forma foi possível estabelecer qual a concentração de sacarose necessária para preparação de uma solução isotônica, ou seja, com a mesma atividade de água das amostras de pêssego. No caso dos pêssegos estudados ( $a_w = 0,994$ ), essa solução isotônica seria uma solução de sacarose com concentração aproximadamente igual a 10 °Brix. O fato de o pêssego ter conteúdo de sólidos solúveis superiores ao da solução isotônica pode ser explicado pela presença em sua composição de açúcares, minerais e ácidos.



**Figura 3.1** – Atividade de água das soluções de sacarose em concentrações de 0-60° Brix, temperatura de leitura: 25°C.

### 3.3 – EFEITO DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NOS PARÂMETROS WL, SG PARA IV.

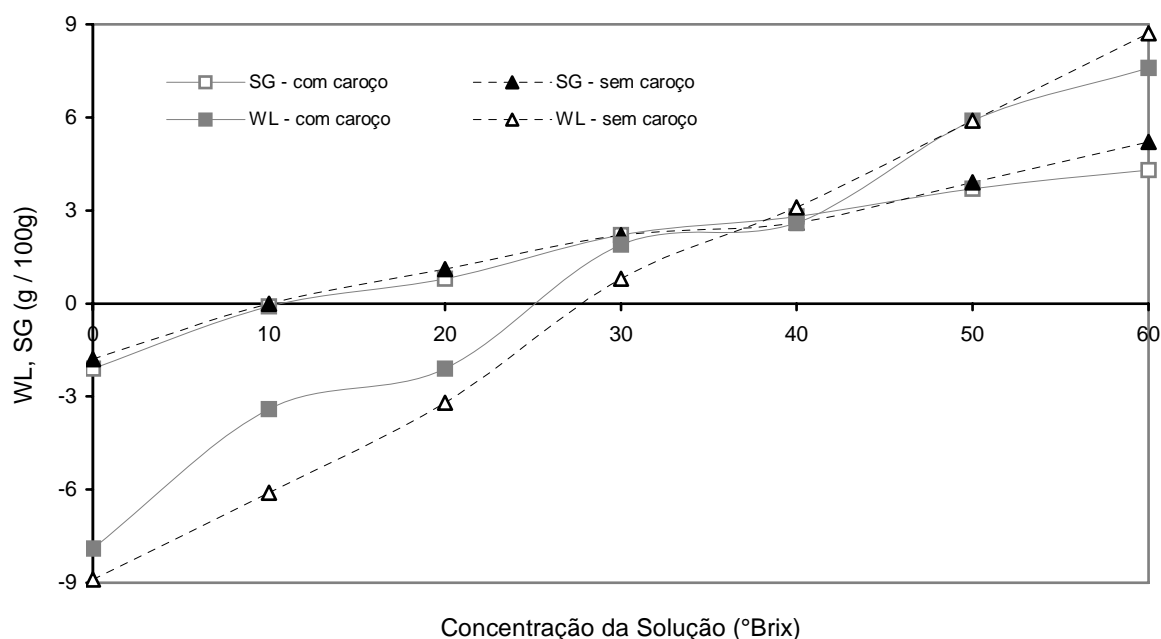
#### 3.3.1 - Estimativa do tempo de vácuo

Através da observação das bolhas formadas durante o período de vácuo, foi possível avaliar que nos primeiros 12 minutos uma grande quantidade de gás foi expelida continuamente das amostras. Entre 12 e 20 minutos, a formação de bolhas ocorreu a taxas relativamente menores, mas ainda relevantes. Por fim, após 20 minutos, a quantidade de gás expelida foi muito pequena. Dessa maneira, concluiu-se que o tempo de 20 minutos de vácuo era suficiente para a desaeração das amostras e serviu de referência para os experimentos de IV realizados neste trabalho.

### 3.3.2 – Influência da concentração de sacarose na IV

Os resultados obtidos com diferentes concentrações de soluções de sacarose (Figura 3.2) demonstraram que o aumento da concentração de sacarose intensificou o ganho de sólidos e a perda de água pelas amostras de pêssego. A perda de água ocorreu para concentrações acima de 30 °Brix, provavelmente devido à ação de forças osmóticas elevadas, que promoveram um fluxo maior de água para o exterior da fruta do que a entrada promovida pela ação do mecanismo hidrodinâmico (MÚJICA-PAZ et al., 2003a), enquanto o ganho de sólidos foi obtido para concentrações acima de 10 °Brix. Um período de relaxação maior poderia levar à desidratação das amostras em faixas de concentrações da solução menores que 30 °Brix (PAES, 2005). No caso da solução isotônica (10 °Brix), observou-se um ganho de água considerável tanto pelas amostras com caroço quanto pelas amostras sem caroço, enquanto que o ganho de sólidos foi praticamente nulo em ambos os casos.

Pode-se observar que a retirada do caroço da fruta teve uma influência apenas discreta na impregnação de solução. Desta forma, a etapa de retirada do caroço não se faz necessária para um aumento na eficiência do processo de IV, o que representa uma vantagem do ponto de vista de processamento e da qualidade do produto, uma vez que o caroço da fruta oferece uma proteção mecânica para a mesma.

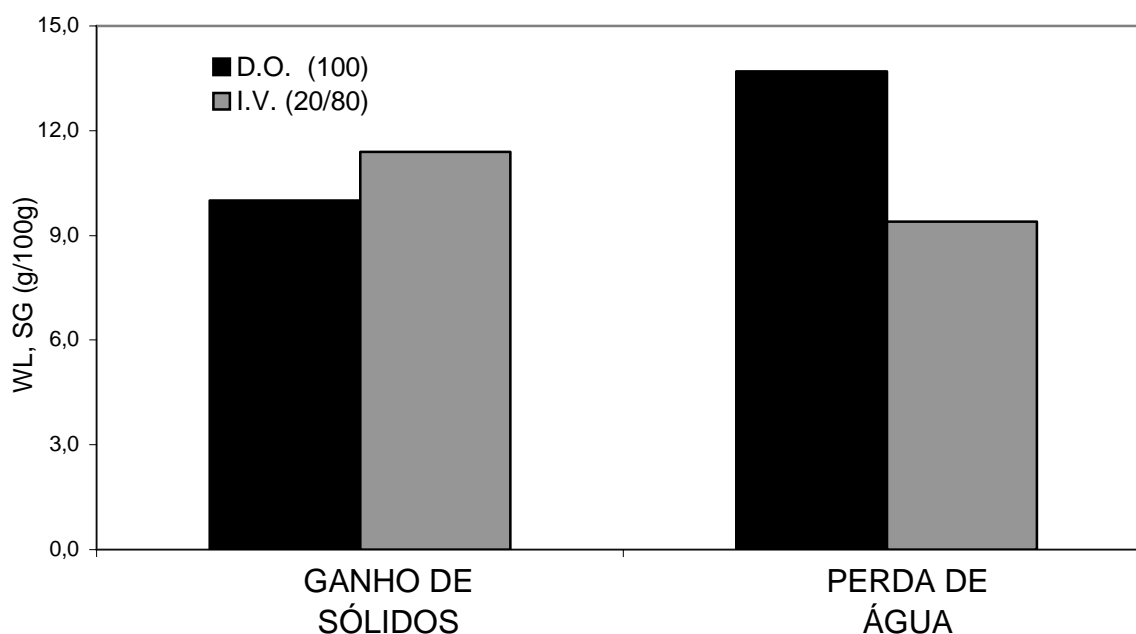


**Figura 3.2** - Influência da concentração da solução de sacarose na IV de amostras de pêsegos com e sem caroço. Condições do ensaio: temperatura = 30 °C, 20 min de vácuo e 10 min a pressão atmosférica, relação fruta:solução de 1:30.

### 3.3.3 – Influência da utilização de vácuo

Na Figura 3.3, é apresentada uma comparação entre os valores de WL e SG na DO e IV, para um mesmo tempo de contato entre as amostras e a solução de açúcar. Os resultados indicaram que a utilização do vácuo teve influência na quantidade de solução impregnada no pêsego. O ganho de sólidos (SG) foi maior para o caso onde uma etapa inicial de vácuo foi utilizada, devido à degaseificação da matriz porosa. Entretanto, a entrada da solução resultou em uma menor perda de água (WL) e um aumento da umidade final do produto.

No caso da obtenção de um produto de pêsego desidratado, a utilização do vácuo não seria uma alternativa interessante, tanto pela menor perda de água, quanto pelo pequeno aumento no ganho de sólidos. Isso implicará em um aumento dos custos operacionais, sem ganhos efetivos na eficiência do processo. Esse comportamento pode ser explicado pela baixa porosidade do pêsego (aproximadamente 5%), que sofre pouca influência da aplicação do vácuo.



**Figura 3.3** - Ganho de sólidos (SG) e perda de água (WL) na DO (100 min) e DOV (20 min de vácuo e 80 min a pressão atmosférica) de pêssegos. Condições do ensaio: temperatura 30°C, concentração da solução 65 ° Brix relação fruta:solução de 1:30.

### 3.4 – EFEITO DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NOS PARÂMETROS WL, SG PARA DO.

Os valores dos parâmetros WL, SG obtidos através dos diferentes experimentos de desidratação osmótica a pressão atmosférica são apresentados nos itens a seguir.

#### 3.4.1 – Influência da temperatura na DO

Analisando a Figura 3.4, observa-se que a temperatura teve grande influência na perda de água das amostras de pêssego, sendo que para os casos estudados, quanto maior a temperatura, maior foi a perda de água. Entretanto, o mesmo não ocorreu para o ganho de sólidos, onde a temperatura não apresentou influência. Estes resultados estão de acordo com os de SILVEIRA et



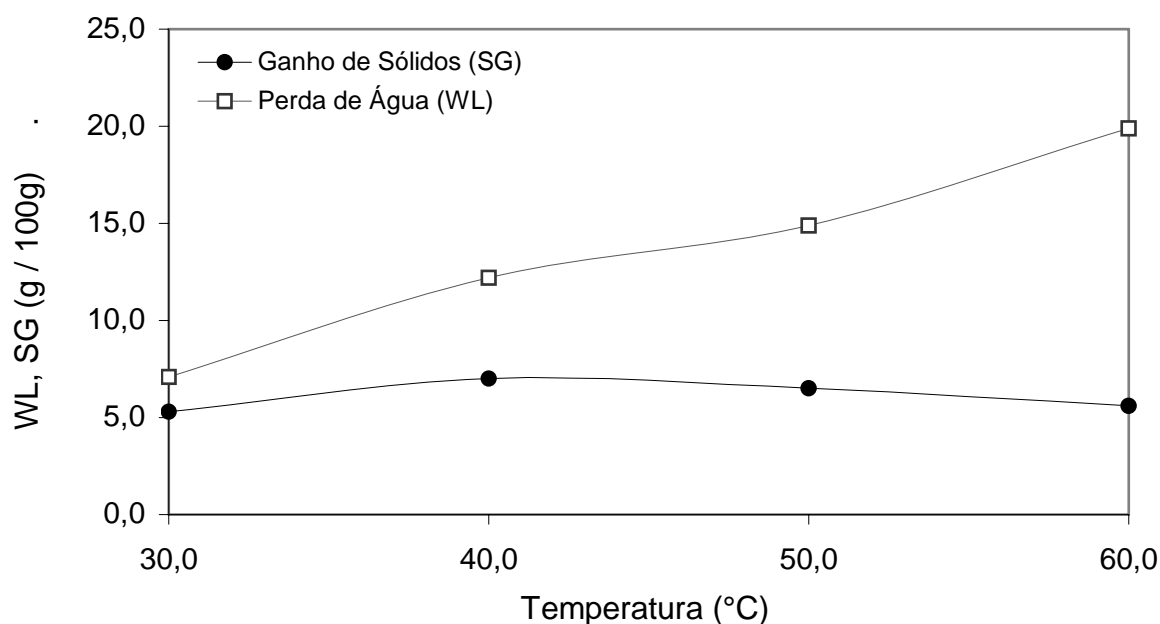
al. (1996), o qual afirma que elevadas temperaturas aumentam a taxa de perda de água, mas não influenciam no ganho de sólidos.

Os resultados indicaram que temperaturas mais elevadas aumentam a eficiência na desidratação. A maior perda de água em relação ao ganho de sólidos é pela diferença difusional entre a água e o açúcar, devido às suas diferentes massas molares (TORREGGIANI, 1993).

A pequena diminuição no ganho de sólidos para temperaturas mais elevadas (>40 °C), ocorre provavelmente devido a modificação no tecido da fruta, implicando em maior resistência à impregnação da solução devido ao encolhimento e conseqüentemente menor espaço poroso (PAES, STRINGARI, LAURINDO, 2005).

Desta forma, a temperatura a 40 °C representou uma alternativa razoável, uma vez que diminui a dificuldade de manipulação do produto. O problema se mostrou mais evidente para o caso em que se utilizou uma temperatura igual a 60 °C.

Dificuldades semelhantes foram citadas para desidratação osmótica de kiwi, em temperaturas iguais ou superiores a 50 °C (VIAL et al., 1991) e de papaia para temperatura de 60 °C (HENG et al., 1990), em que as frutas apresentaram modificações indesejáveis no que se refere à coloração, textura e valor nutricional.



**Figura 3.4** - Influência da temperatura na perda de água e no ganho de sólidos na DO de pêsegos. Condições de ensaio: 45 min, concentração da solução de 65 °Brix, relação fruta: solução de 1:30.

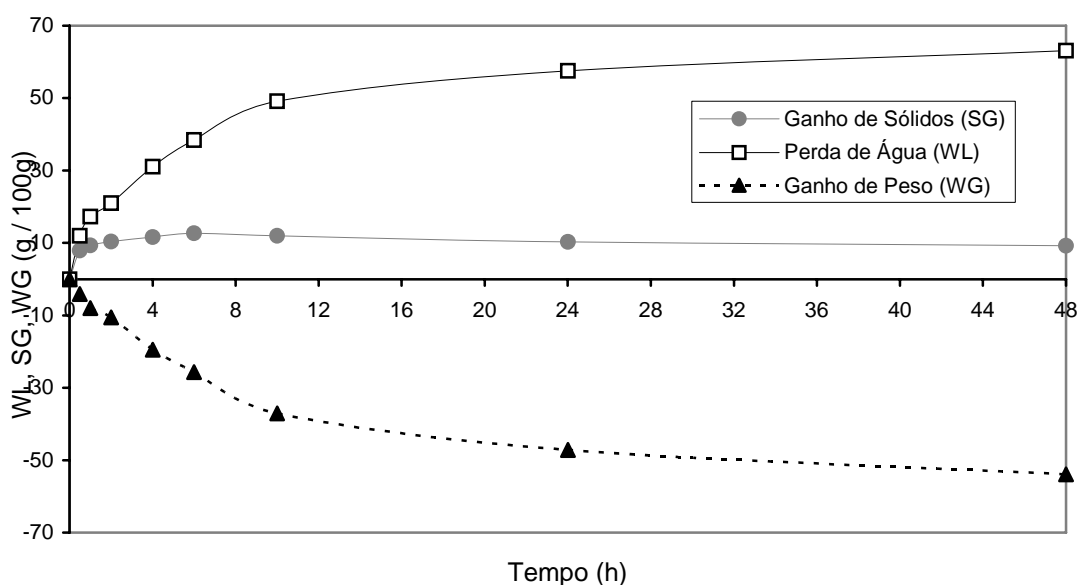
#### 3.4.2 – Cinética da Desidratação Osmótica (DO)

Na Figura 3.5, apresenta-se a cinética do ganho de peso (WG), ganho de sólidos (SG) e perda de água (WL) durante um período de 48 horas de desidratação osmótica com agitação da solução de sacarose.

Nos primeiros 30 min de DO ocorre a maior parte do ganho de sólidos. Se comparado com o valor máximo de SG (que ocorreu no tempo de 6 horas), verifica-se que 63,7% dos sólidos foram ganhos nos primeiros 30 min. Após atingir esse valor máximo no tempo de 6 horas, o pêsego passa a perder sólidos, o que acontece provavelmente devido à expulsão da solução osmótica dos poros da fruta quando a célula perde água, diminuindo seu volume. A modificação da membrana da célula torna-a menos seletiva facilitando a saída do líquido nativo da célula (PAES, 2005), podendo gerar impacto no seu valor nutricional e sensorial (AZOUBEL & MURR, 2000; KOWALSKA & LENART, 2001).

Com relação à WL, verifica-se que a mesma ocorre de maneira sempre progressiva, porém também é possível perceber que existe uma fase inicial onde a cinética de perda de água é maior. Se comparada à perda de água total em 48 horas, verificamos que 77,3% da água é perdida nas primeiras 10 horas, enquanto que 90,6% da água é perdida no primeiro dia (24 horas). Deste modo, recomenda-se que o processo de DO de pêssegos (em metades) seja realizado com tempos de contato fruta-solução osmótica de 10 a 24 horas.

A maior perda de água em relação ao ganho de sólidos deve-se a dificuldade de difusão da sacarose através da parede celular devido a sua elevada massa molar, ao contrário do que ocorre com as moléculas de água, que têm sua difusão favorecida (TORREGGIANI, 1993; EL-AQUAR, 2003). Dessa forma, houve um favorecimento em relação à redução de peso do produto.



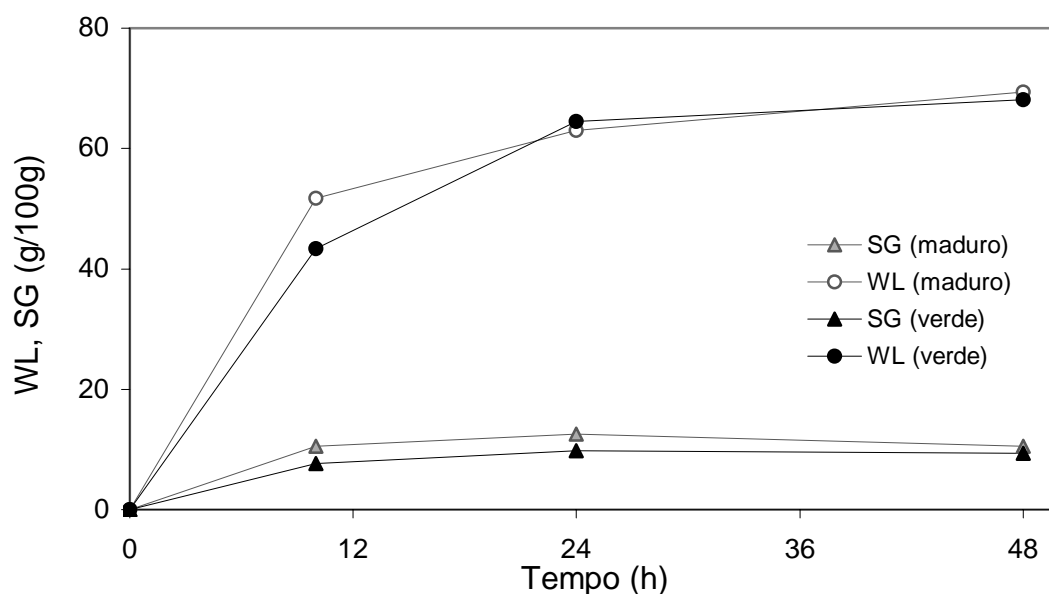
**Figura 3.5** - Cinética do ganho de sólidos (SG), perda de água (WL) e ganho de peso (WG) na desidratação osmótica de pêssegos. Condições de ensaio: 40°C e concentração da solução 65 °Brix, relação fruta: solução de 1:30.

### 3.4.3 – Influência do grau de maturação

Na Figura 3.6 são apresentados os resultados da influência do grau de maturação na perda de água e no ganho de sólidos na DO de pêssegos, ou seja, uma comparação entre pêssegos

maduros e verdes. Os pêssegos maduros apresentaram uma maior tendência de ganhar sólidos do que os pêssegos verdes. Para a perda de água, não se observou diferença entre os dois diferentes graus de maturação. Um maior ganho de sólidos quando se utilizaram pêssegos maduros pode estar relacionado a uma perda da seletividade da membrana da célula vegetal devido ao estágio avançado de maturação, o que facilitaria o transporte do açúcar para dentro das células por difusão.

Para ambos os casos, pêssegos verdes e maduros, o tempo de 24 horas apresentou o maior ganho de sólidos. Pode-se observar também que a maior parte da perda de água ocorreu nas primeiras 24 h de processo. Se comparados aos valores totais da perda de água após 48 h de DO à perda de água após 24 h representou 94,7% do total perdido no caso dos pêssegos verdes e 90,8% no caso dos pêssegos maduros.



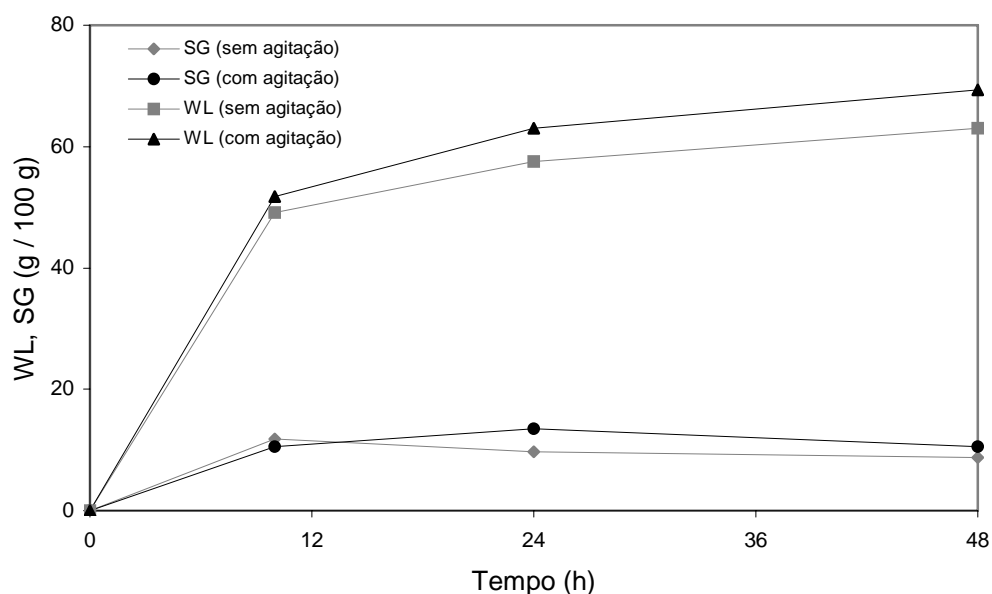
**Figura 3.6** - Influência do grau de maturação na perda de água e no ganho de sólidos na DO de pêssegos. Condições de ensaio: 40 °C e concentração da solução 65 °Brix, relação fruta:solução de 1:30.

#### 3.4.4 – Influência da agitação na DO

Os resultados apresentados na Figura 3.7 indicaram que o sistema de agitação usado teve influência tanto na perda de água (WL) como no ganho de sólidos (SG). A perda de água foi maior para o processo com agitação, nos três intervalos de tempo estudados, sendo a maior diferença

relativa para o tempo de 24 horas, onde a agitação representou um aumento relativo de 9,6% na perda de água, se comparado ao processo sem agitação. Em relação ao ganho de sólidos, para os tempos de 24 e 48 horas, também se observou que a agitação teve uma influência positiva, sendo mais relevante também para o tempo de 24 horas, onde o processo com agitação apresentou um ganho relativo de 39,2% se comparado ao processo sem agitação.

Uma avaliação energética se faz necessária para avaliar os custos de agitação no pré-tratamento por DO e de secagem final do produto. Essa análise, juntamente com uma avaliação da influência da agitação na qualidade e no rendimento do produto (a agitação poderia provocar danos mecânicos em um sistema em escala industrial) se faz necessária para uma tomada de decisão consistente.



**Figura 3.7** - Influência da agitação da solução na perda de água e no ganho de sólidos. Condição de ensaio: 40 °C, concentração da solução de 65 °Brix. Relação fruta:solução de 1:30.

### 3.5 – SECAGEM DAS AMOSTRAS TRATADAS POR DO

#### 3.5.1 – Desidratação das amostras pela aplicação de pulsos de vácuo

Com o primeiro aquecimento no forno microondas, as amostras que passaram 40 segundos no mesmo, atingiram uma temperatura de aproximadamente 90 °C em seu centro, enquanto as amostras que foram aquecidas por 15 segundos atingiram uma temperatura de aproximadamente 80 °C.

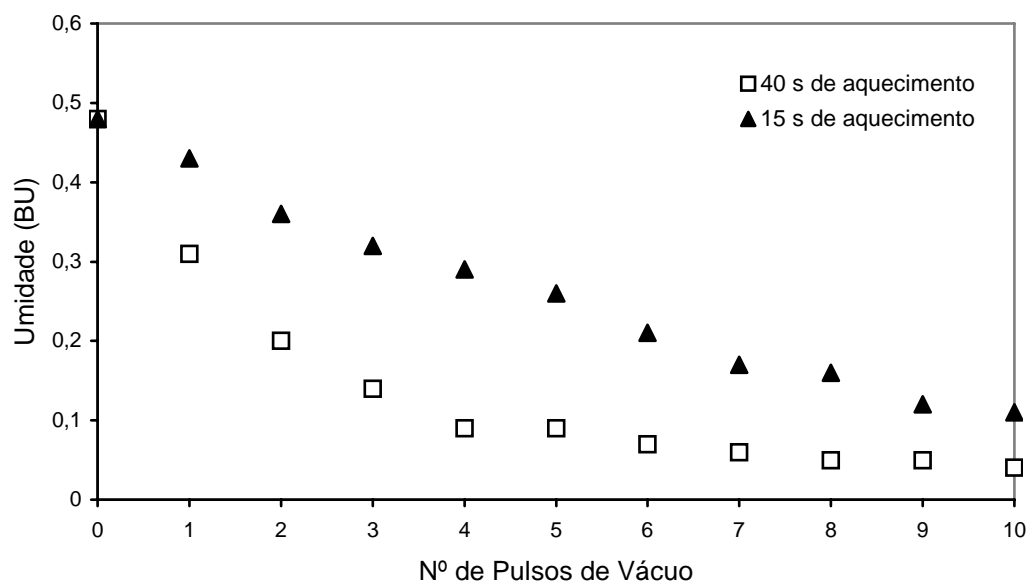
Teoricamente, as amostras mais aquecidas têm capacidade de evaporar uma maior quantidade de água no momento em que se aplica o vácuo, pois a massa de água evaporada pode ser calculada a partir da equação 3.1:

$$m_{evap} = \frac{(m_a c \Delta T)}{\Delta H_{vap}} \quad (3.1)$$

Onde  $m_a$  e  $c$  são respectivamente a massa da amostra e o calor específico da mesma, enquanto  $\Delta T$  representa a diferença entre a temperatura inicial e final da amostra (que se resfria devido à redução da pressão) e  $\Delta H_{vap}$  é a entalpia média de mudança de fase da água na faixa de pressões de trabalho (da pressão atmosférica até a pressão final da câmara, igual a 35 mmHg). Isso pode ser comprovado pela Figura 3.8, onde se observa que a amostra exposta por um maior período às ondas eletromagnéticas (aquecida até 90 °C) teve uma maior redução de umidade.

O próprio período de permanência no forno microondas também é responsável por uma parcela considerável da evaporação da água, o que intensifica a diferença de umidade entre amostras que passam por um maior ou menor período de aquecimento antes de sofrer o tratamento pelo pulso de vácuo.

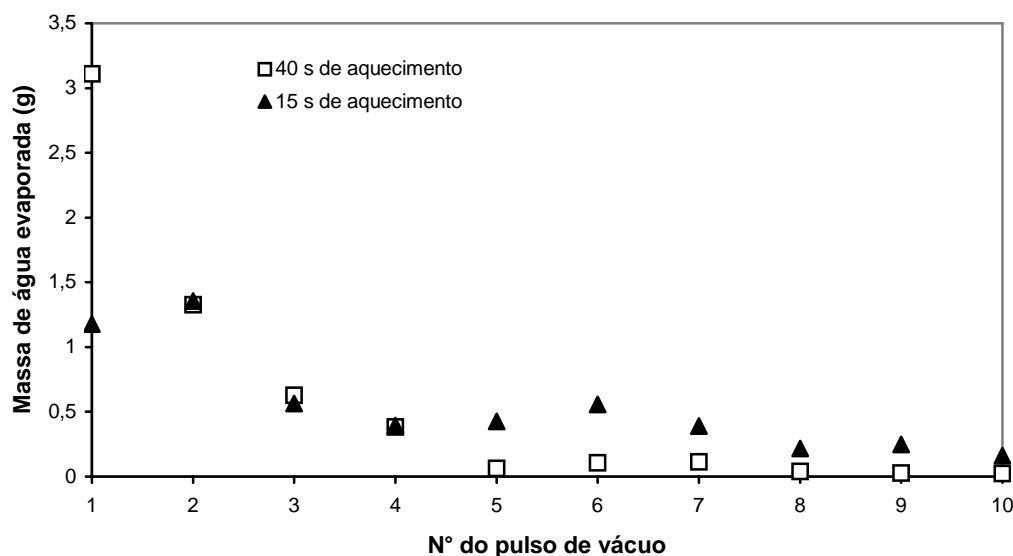
Na Figura 3.8 apresenta-se o resultado do ensaio para remoção da umidade na amostra, variando o tempo de aquecimento em microondas para o mesmo número de pulsos (flashes) nas duas amostras.



**Figura 3.8** - Relação entre o número de pulsos (flashes) de vácuo e a umidade da amostra de pêssigo (em base úmida), para dois diferentes tempos de aquecimento.

Na Figura 3.9 observam-se as variações das massas das amostras, depois da aplicação de cada pulso de vácuo. No caso em que se utilizou 40 s de tempo de aquecimento, a perda de massa (água) foi muito intensa nos primeiros pulsos de vácuo, diminuindo até um valor próximo de zero a partir do 5º pulso. Assim, para o processo de secagem investigado, apenas os primeiros quatro pulsos implicaram em perdas de água importantes. Para o caso em que se utilizou 15 s de tempo de aquecimento, a perda de água apresentou três fases distintas. Nos 1º e 2º pulsos a perda de massa se manteve entre 1-1,5 g (para uma amostra com massa inicial de aproximadamente 13 g), entre o 3º e o 7º pulso, essa perda de água se manteve na ordem de 0,5 g, enquanto que apenas a partir do 8º pulso passou a aproximar-se de zero.

Na Figura 3.9 apresenta-se a perda de água através da evaporação da água em cada pulso de vácuo, utilizando dois tempos de aquecimento em forno microondas.



**Figura 3.9** – Perda de massa através da evaporação da água para cada pulso de vácuo, com dois diferentes tempos de aquecimento em forno microondas.

### 3.5.2 – Curva de Secagem em estufa

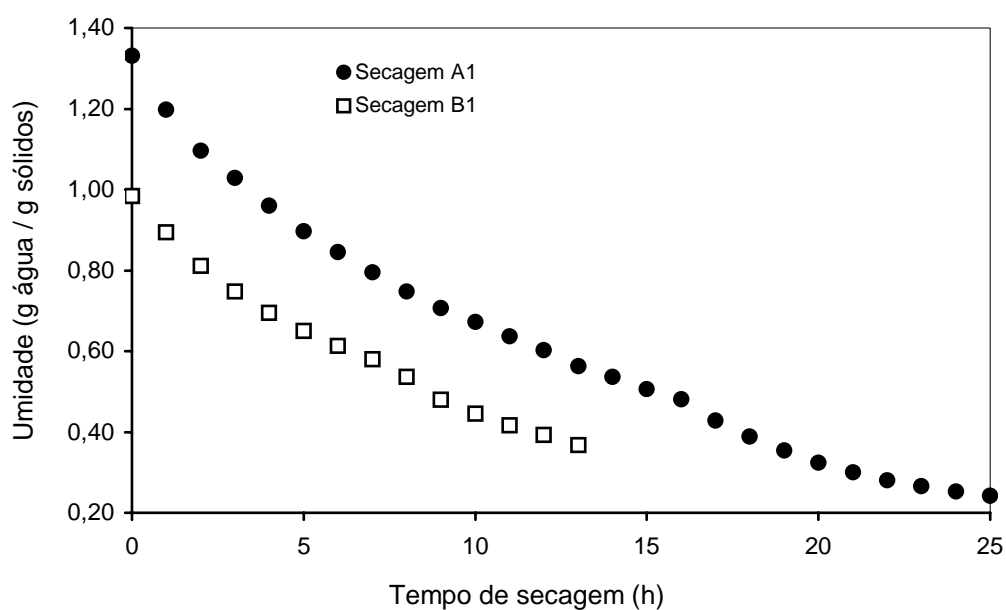
As amostras que sofreram apenas DO (secagem A1) iniciaram a secagem em estufa com 1,331 g água/ g de sólidos secos (que será representada por g água/g ss), enquanto as amostras que sofreram um tratamento de DO seguido por três pulsos de vácuo instantâneo (secagem B1) entraram na estufa com uma umidade igual a 0,984 g água/g ss. A secagem foi interrompida no momento em que as amostras atingiram uma atividade de água (aw) próxima de 0,7. Essa aw foi tratada como sendo ótima para amostras de passas de pêssigo, por encontrar-se pouco abaixo dos valores médios de aw para ameixas secas e damascos usualmente comercializados (0,725 e 0,730 respectivamente).

No caso A1 as amostras atingiram uma aw igual a 0,705 somente com uma umidade igual a 0,242 g de água/g ss, o que ocorreu após 25 horas de secagem. No caso B1, as amostras atingiram



uma  $a_w$  igual a 0,710 para uma umidade de 0,368 g de água/g ss em base seca, em apenas 13 horas de secagem em estufa (Figura 3.10a).

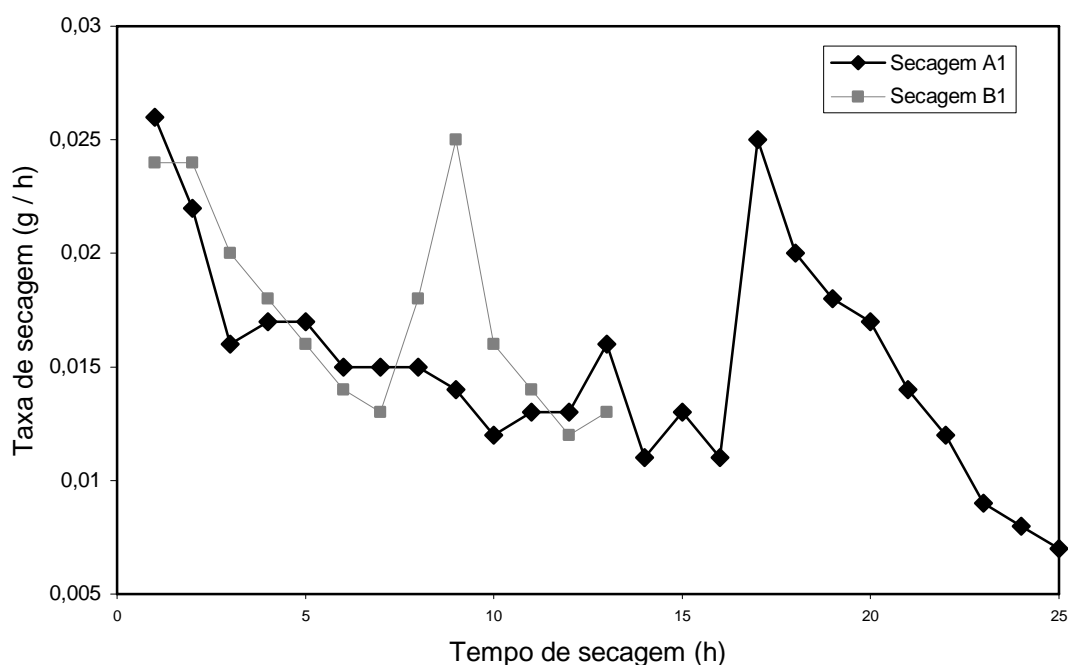
A aplicação dos pulsos de vácuo, que antecedeu a secagem B1, trouxe dois benefícios evidentes. O primeiro deles é a diminuição do tempo de secagem em estufa, para atingirmos uma mesma umidade. Esta diminuição ocorre tanto pelo fato da amostra iniciar a secagem com uma menor umidade, como pelo fato dos pulsos de vácuo manter a estrutura da amostra porosa, facilitando a secagem (Drouzas e Schubert, 1996). O segundo benefício é a possibilidade de atingirmos uma mesma  $a_w$  mantendo uma maior umidade no produto, o que pode representar melhores propriedades de textura para as frutas desidratadas, além do ganho econômico. O fato de realizarmos um prévio aquecimento em forno de microondas, antes do pulso de vácuo, acelera a evaporação da água no interior da fruta devido à absorção das ondas eletromagnéticas pelas moléculas de água. Isso resultou que a uma dada umidade, a amostra possui uma menor  $a_w$  em comparação a outra que sofreu apenas secagem em estufa.



**Figura 3.10a** – Relação entre o tempo de secagem em estufa e a umidade (em base seca), para amostras que sofreram (B1) e que não sofreram (A1) uma secagem anterior com pulsos de vácuo.

Condições de ensaio: temperatura secagem: 60°C.

Na Figura 3.10b apresenta-se a taxa de secagem (g/h) das amostras submetidas aos processos A1 e B1. Na amostra submetida ao processo B1, percebe-se um período de taxa de secagem constante nas duas primeiras horas, o que não é evidenciado no processo A1. Isso provavelmente ocorre pelo fato das amostras submetidas aos pulsos de vácuo apresentarem-se mais porosas. Os picos apresentados na 9ª hora da secagem B1 e na 17ª hora da secagem A1 ocorreram após a virada das amostras na estufa.



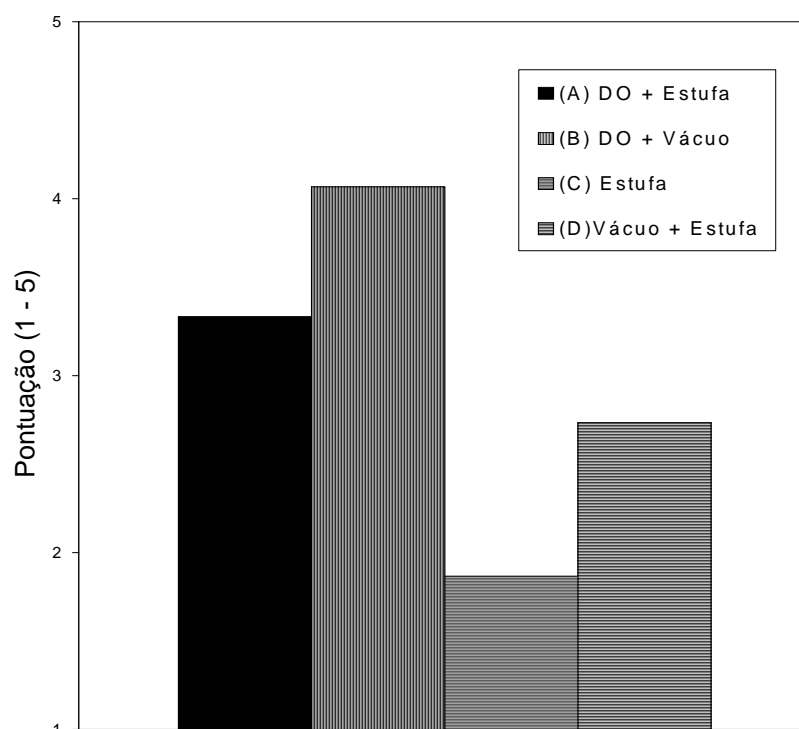
**Figura 3.10b** – Curva da taxa de secagem (g/h) das amostras submetidas aos processos A1 e B1.

### 3.6 – TESTE SENSORIAL DE ACEITAÇÃO

#### 3.6.1 - Aparência

Na Figura 3.11 apresenta-se a aceitação das amostras de passas de pêsego, no que se refere à aparência das mesmas, através de uma escala de pontuação que varia de 1 até 5, onde 1 representa a aceitação mínima e 5 a aceitação máxima. Verificou-se uma melhor aceitação das amostras que foram submetidas ao pré-tratamento por DO (A e B) em relação as que não passaram

por essa etapa (C e D). Também é possível notar uma vantagem entre as amostras que passaram por uma etapa de secagem a vácuo em relação as que não passaram, como é o caso de B (Figura 3.12) em relação a A, e também de D em relação a C. A pontuação média da amostra B foi de 4,07, correspondendo ao conceito gostei moderadamente, de acordo com a ficha sensorial, sendo as melhores avaliadas. As amostras submetidas ao processo A, geraram amostras com aspecto rugoso devido à perda de água e a utilização da estufa. De acordo com a análise da variância aplicada, constatou-se que os tratamentos (A, B, C e D) diferiram entre si ao nível de 5% de significância e o teste de Tukey indicou que as amostras (A-B, A-D, A-C, B-C e B-D) diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre si quanto à aparência.



**Figura 3.11** - Aceitação da aparência de passas de pêssgo caracterizadas por diferentes processos.

Escala de pontuação 1 – 5.

A passa de pêssgo obtida através do processo B pode ser visualizada na Figura 3.12.

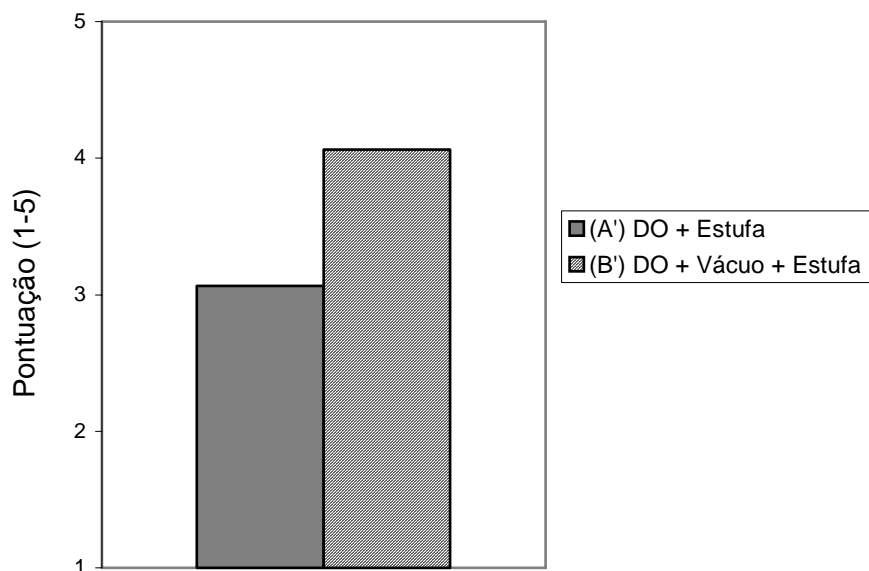


**Figura 3.12** - Passa de pêsego nacional – processo B

Na Figura 3.13 apresenta-se o resultado do teste sensorial de aceitação das amostras A' e B' em relação à aparência. A amostra B' apresentou melhores condições na aparência, tendo conceito gostei moderadamente, com média de 4,06 e amostra A' conceito não gostei nem desgostei, com pontuação 3,06. A ANOVA aplicada apresentou diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de significância.

A aplicação de pulsos de vácuo na secagem da amostra B', gerou uma amostra mais expandida e o aquecimento em forno de microondas gerou escurecimento na amostra devido a reações de Maillard.

A amostra A' apresentou encolhimento com a perda de água durante o processo pelo maior tempo em estufa.



**Figura 3.13** - Aceitação da aparência de passas de pêsego caracterizadas por dois processos de secagem diferentes.

Nas Figuras 3.14 e 3.15 são apresentadas fotografias das passas de pêsegos importados gerados através dos processos A' e B' descritos acima.



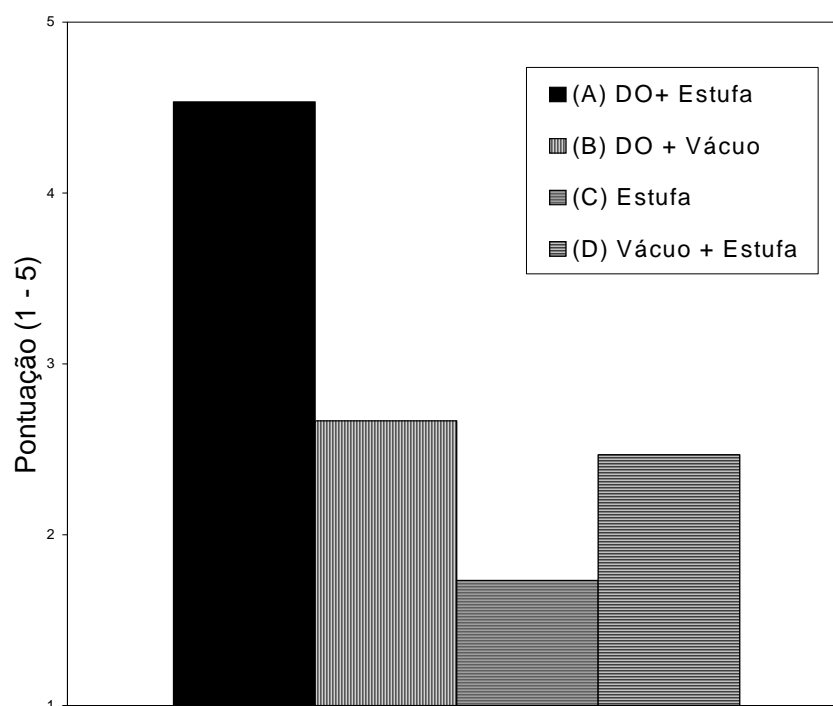
**Figura 3.14** - Passa de Pêsego importado, com secagem em estufa.



**Figura 3.15** - Passa de Pêssego importado com aplicação de pulso de vácuo na secagem.

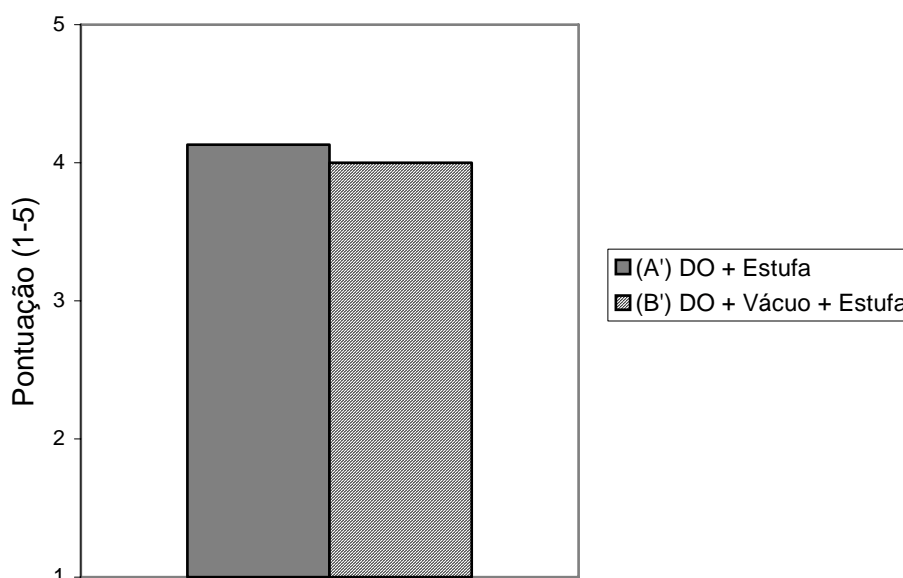
### 3.6.2 – Textura

Na Figura 3.16 apresenta-se a aceitação das diferentes amostras de passa de pêsego, no que se refere à textura das mesmas, seguindo a mesma escala de pontuação que varia de 1 até 5. Observa-se que o sinergismo existente entre a desidratação osmótica e a secagem em estufa resultou em uma grande aceitação das amostras que passaram pelo processo A, com uma pontuação média igual a 4,53, ou seja os provadores gostaram moderadamente. As amostras que sofreram apenas uma secagem em estufa, sem DO (processo C), tiveram uma aceitação muito baixa, com uma pontuação média igual a 1,73, com conceito baixo, sendo desgostei muito. A Análise da Variância apresentou diferença ao nível de 5% de significância entre os tratamentos e o teste de Tukey mostrou diferenças ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras (A-C, A-D, A-B, B-C, C-D).



**Figura 3.16** - Aceitação da textura de passas de pêsego caracterizadas por diferentes processos. Escala de pontuação 1 – 5.

Na Figura 3.17 apresenta-se o teste de aceitação aplicado à textura para as amostras tratadas por A' e B'. Pode-se verificar que a utilização de pulsos de vácuo teve pequena influência na avaliação da textura das amostras, gerando resultados muito semelhantes. Isso pode ser confirmado com a Análise de Variância (ANOVA) aplicada aos dados, onde as amostras A' e B' não diferem entre si em relação à textura das mesmas.



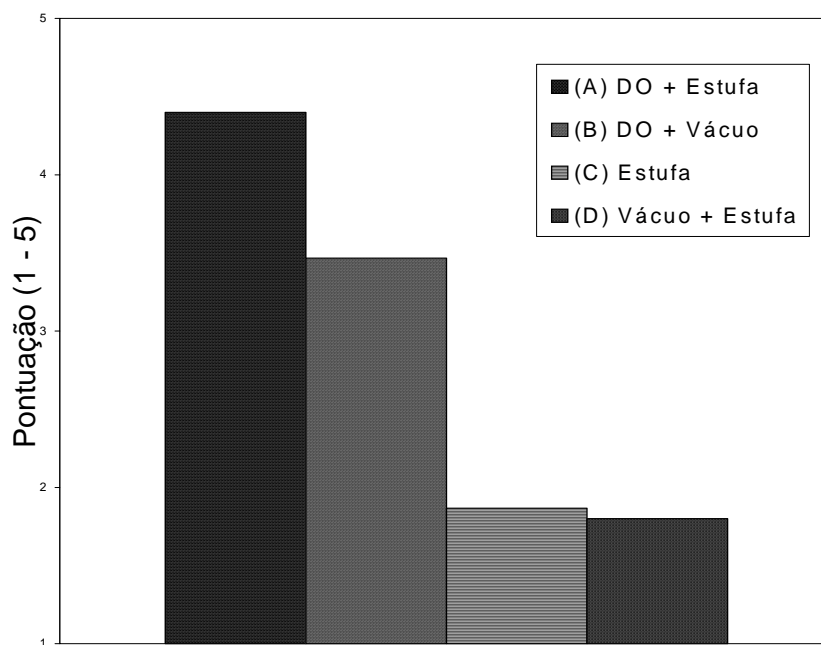
**Figura 3.17** - Aceitação da textura de passas de pêssgo caracterizadas por dois processos de secagem diferentes.

### 3.6.3 – Sabor

Na Figura 3.18 são apresentados os dados sobre aceitação das diferentes amostras de passa de pêssgo no que se refere ao sabor. Os resultados indicam que as amostras que sofreram uma etapa de DO ao longo do processo (A e B) obtiveram aceitação superior às amostras que não passaram por uma etapa de DO (C e D). Desta forma conclui-se que o acréscimo de sacarose tem importância relevante na aceitação do produto. As amostras que não passaram por uma etapa de DO (C e D) e conseqüentemente não receberam um acréscimo de sacarose, obtiveram uma aceitação muito semelhante, independente do método de secagem utilizado.

De acordo com a ANOVA, as amostras diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ). Os processos C e D (sem DO) não diferiram entre si ( $p \geq 0,05$ ), mostrando que o método de secagem não influenciou na avaliação do sabor das amostras.

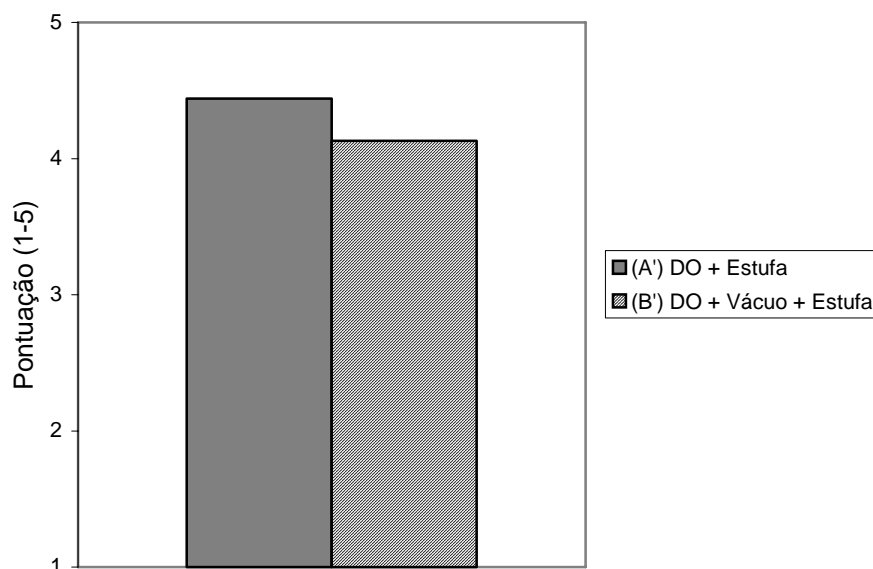




**Figura 3.18** - Aceitação do sabor de passas de pêsego caracterizadas por diferentes processos. Escala de pontuação 1 – 5.

Na Figura 3.19 apresenta-se o teste de aceitação do sabor das passas de pêsego importado. O processo A' teve pontuação média de 4,44, com conceito gostei moderadamente e o processo B' indicou que os pulsos de vácuo não trouxeram benefícios em relação ao sabor.

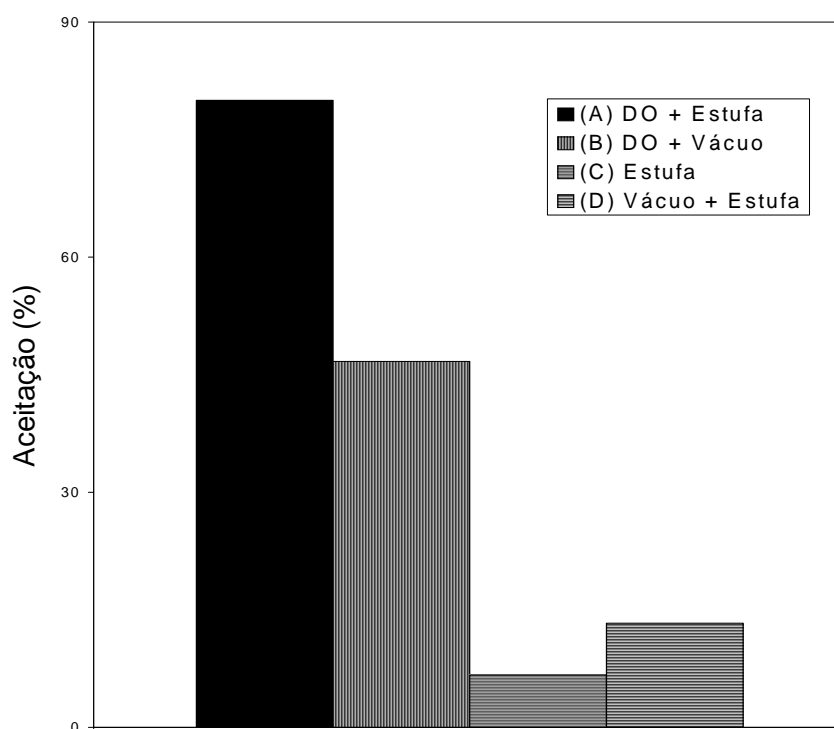
Igualmente a aceitação da textura nos processos A' e B', depois de aplicado ANOVA, observou-se que as amostras não diferiram entre si em relação ao sabor.



**Figura 3.19** - Aceitação do sabor de passas de pêsego caracterizadas por dois processos de secagem diferentes. Pontuação (1-5)

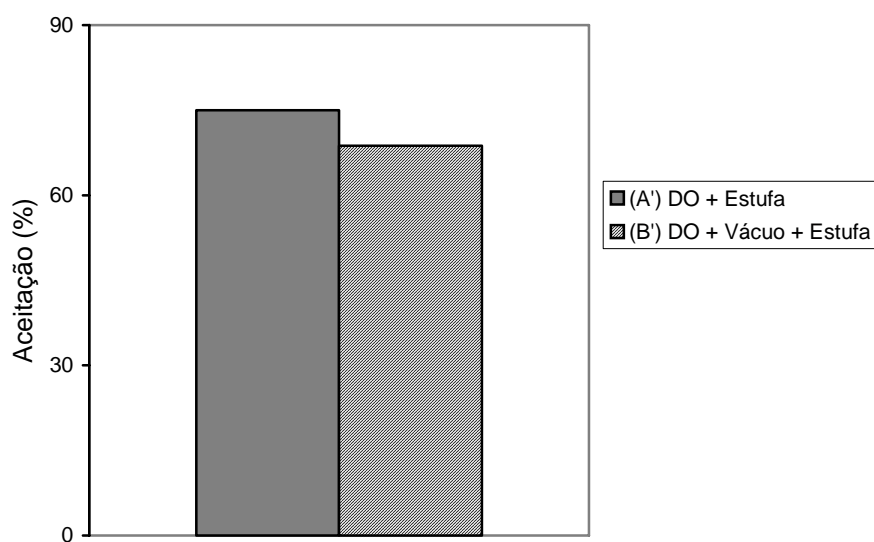
#### 3.6.4 – Aceitação do produto

Na Figura 3.20 apresentam-se os resultados dos testes de aceitação realizados com diferentes amostras de passa de pêsego, onde um produto aceito é aquele para o qual foi respondido “sim” à pergunta “Você compraria este produto?”. As amostras do processo A foram as que obtiveram maior aceitação (80,0%), seguido das amostras referentes ao processo B (46,7%). Da mesma forma que se verificou nos testes de aceitação de aparência, textura e sabor, os processos sem adição de sacarose (C e D) obtiveram uma aceitação abaixo dos demais, com 13,3% para as amostras relativas ao processo D e 6,7% para as amostras relativas ao processo C.



**Figura 3.20** - Percentual de pessoas que afirmaram que comprariam as passas de pêsego caracterizadas por diferentes processos.

Avaliando os resultados (Figura 3.21), constatou-se que o processo A' apresentou maior satisfação entre os provadores, com uma diferença de 6,25% em relação ao B'. A aceitação do processo A' foi de 75%, enquanto o processo B' teve aceitação de 68,75%, indicando que a aceitação está mais relacionada à textura e ao sabor (onde A' foi melhor avaliada) do que à aparência (onde B' foi melhor avaliado).



**Figura 3.21** - Percentual de provadores que afirmaram que comprariam as passas de pêsego caracterizadas por dois processos de secagem distintos.

## ***CONCLUSÕES***

Os pêssegos submetidos à desidratação osmótica a vácuo apresentam um maior ganho de sólidos do que os submetidos à desidratação osmótica a pressão atmosférica. Porém, a cinética de perda de água é menos eficiente devido à impregnação da solução, o que limita sua aplicação para a produção de “passa de pêssego”.

O aumento da temperatura na DO intensifica a perda de água das amostras de pêssego, porém sua influência no ganho de sólidos é pequena.

Os pêssegos maduros apresentam um ganho de sólido maior do que os pêssegos verdes em um processo de desidratação osmótica com agitação.

As primeiras 24 horas representam o período mais importante da cinética de perda de água da DO. Para as condições estudadas, mais de 90% da água é perdida no primeiro dia, se comparada com a perda de água total em 48 horas.

As amostras de pêssego submetidas a pulsos de vácuo apresentam diminuição do tempo de secagem em estufa, quando comparadas àquelas que não sofrem esse mesmo processo. A utilização de pulsos de vácuo gera uma estrutura porosa que acelera a retirada de umidade da amostra.

A desidratação osmótica melhora a aceitação das frutas desidratadas. As amostras submetidas à secagem complementar através de pulsos de vácuo apresentam melhor aparência e as submetidas à secagem em estufa apresentam melhor textura, sabor e aceitação de compra entre os provadores.

Desenvolveu-se um processo para a obtenção de passa de pêssego que pode ser uma alternativa de grande utilidade para a diminuição das perdas pós-colheita e de agregação de valor a esta fruta.

Assim, é possível obter pêssegos desidratados de boa qualidade pela combinação da aplicação de desidratação osmótica e processos de secagem complementares.

## ***REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS***

- ALVES, D. G. et al. Osmotic dehydration of acerola fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 99-103, 2005.
- ANDRÉS, A. M. **Impregnacion a vacio en alimentos porosos. Aplicacion al salado de quesos.** 1995. 195f. Tese de doutorado – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1995.
- ARSLANOGLU, F. M.; KAR, F.; ARSLAN, N. Adsorption of dark coloured compounds from peach pulp by using granular activated carbon. **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 409-417, 2005.
- ATTIYATE, Y. Microwave vacuum drying: first industrial application. **Food Engineering International**, v. 4, n. 1, p. 30-35, 1979.
- AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 228-232, 2000.
- BARAT, J. M.; FITO, P.; CHIRALT, A. Modelling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 77-85, 2001.
- BARAT, J. M. et al. Post-salting studies in Spanish cured ham manufacturing. Time reduction by using brine thawing salting. **Meat Science**, v. 69, n. 2, p. 201-208, 2005.
- BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINI, C. Air drying of plums: a comparison among twelve cultivars, **Science des Aliments**, p. 61-73, 1994.

- BARBOSA-CANOVAS, G.; VEGA-MERCADO, H. **Dehydration of foods**. New York, Estados Unidos da América, EUA, International. Thomsom Publishing, 1996.
- BETORET, N. Et al. Development of probiotic- enriched dried fruits by vacuum impregnation. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 273-277, 2003.
- BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T; PARK, K. J. Secagem de produtos agrícolas. **XI SEMEAGRI – Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp**. Campinas: Agrológica – Empresa Júnior de Eng. Agrícola.122 p, 1999.
- CHÁFER, M. et al. Effect of blanching and vacuum pulse application on osmotic dehydration of pear. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 5, p. 321-328, 2002.
- CHÁFER, M.; PÉREZ, S.; CHIRALT, A. Kinetics of solute gain and water loss during osmotic dehydration of orange slices. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 6, p. 389-396, 2003.
- CHIRALT, A. et al. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes. Cryoprotectant effect. **Journal of Food Engineering**, v. 9, n. 2-3, p. 141-151, 2001a.
- CHIRALT, A. et al. Use of vacuum impregnation in food salting process. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 141-151, 2001b.
- CHIRALT, A.; FITO, P. Transport mechanisms in osmotic dehydration: the role of the structure. **Food Science and Technology International**, v. 9, p. 179-186, 2003.
- CHIRALT, A . TALENS, P. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 167-177, 2005.



- DATTA, A. K. Fundamentals of heat and moisture transport for microwaveable food product and process development. **Handbook of Microwave Technology for Food Applications**, p. 115-172, 2001.
- DELWICHE, M. J.; BAUMGARDNER, R. A. Ground color as a peach maturity index. **Journal of American Society Horticultural Science**, v. 110, n. 1, p. 53-57, 1985.
- DEUMIER, F. et al. Pulsed vacuum brining of poultry meat: experimental study on the impact of vacuum cycles on mass transfer. **Journal of Food Engineering**, v. 58, n. 1, p. 75-83, 2003.
- DROUZAS, A. E.; SCHUBERT, H. Microwave Application in vacuum drying of fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 28, p. 203-209, 1996.
- EL-AOUAR, A. A. et al. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 85-91, 2003.
- EL-AOUAR, N.A.; AZOUBEL, P.M.; BARBOSA, J.L.L; MURR, F.E.X. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (carioca papaya L.) **Journal of Food Engineering**, 2005.
- FAO. Disponível em: [http:// www.todafruta.com.br](http://www.todafruta.com.br). Acesso em: 12/3/2005.
- FITO, P.; PASTOR, R. Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 21, n. 4, p. 513-519, 1994.
- FITO, P. et al. Coupling of hydrodynamic mechanisms and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food- liquid systems. **Journal of Food Engineering**, v. 27, n. 3, p. 229-240, 1996.
- FITO, P; CHIRALT, A.; BARAT, J.; SALVATORI, D.; ANDRÉS, A. Some advances in osmotic dehydration of fruits. **Food Science and Technology International**, v. 4, p. 329-338, 1998.

- FITO, P.; CHIRALT, A. Vacuum impregnation of plant tissue. **Minimally processed fruits and vegetables**, p. 189-204, 2000.
- GALLI, D. C.; BILHALVA, A. B.; RODRIGUES, R. S.; RODRIGUES, L. S. Influência da composição do xarope nas características físico-químicas de pêssegos tipo passa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.2, n. 3, p. 179-182, 1996.
- GIESE, J. Advances in microwave food processes. **Food Technology**, v. 46, n. 9, p. 118-123, 1992.
- GIRALDO, G. et al. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during of osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p. 33-43, 2003.
- GONZALES, C. et al. Effectiveness of vacuum impregnation brining of Manchego-type curd. **International Dairy Journal**, v. 9, p. 143-148, 1999.
- GONZÁLES-MARTÍNEZ, C. et al. Development of salt profiles on Manchego type cheese during brining. Influence of vacuum pressure. **Journal of Food Engineering**, v. 53, n. 1, p. 67-73, 2002.
- GOTTINARI, R.A.; ROMBALDI, C. V.; SILVEIRA, P.; ARAÚJO, P. J. Frigoconservação de pêssego. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 4, n. 1, p. 47-54, 1998.
- GOULARTE, V.D.S.; ANTUNES, E.C.; ANTUNES, P.L. Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p 160-163, 2000.
- GUAMIS, B. et al. Ripening control of Manchego type cheese salted by brine vacuum impregnation. **International Dairy Journal**, v. 7, p. 185-192, 1997.

- HOFMEISTER, L. C. **Estudo da impregnação a vácuo em alimentos porosos**. 2003. 75 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- HOFMEISTER, L. C.; SOUZA, J. A. R.; LAURINDO, J. B. Use of dyed solutions to visualize different aspects of vacuum impregnation of Minas Cheese, v. 38, n. 4, p. 379-386, 2005.
- ISLAM, M. N.; FLINK, J. N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **Journal of Food Technology**, v. 17, p. 387-403, 1982.
- KEEY, R. B. *Drying Principles and Practice*. Pergamon Press, Oxford, 1972.
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pre-treatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 137-140, 2001.
- KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOSKOURIS, D. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. **Drying Technology**, v. 18, n. 6, p. 937-950, 2000.
- LE MAGUER, M.; SHI, J.; FERNANDEZ, C. Mass transfer behavior of plant tissue during osmotic dehydration. **Food Science Technology International**, v. 3, p. 187-192, 2003.
- LENART, A.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of potato II, spatial distribution of the osmotic effect. **Journal of Food Technology**, v. 19, p. 65-71, 1984.
- LIMA, A. S., et al. Estudo da Estabilidade de melões desidratados obtidos por DO seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 107-109, 2004.
- MAEDA, M.; LORETO, R. L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ciência Agrícola**, v. 19, n. 1, p. 60-67, 1998.

- MAESTRELLI, A.; SCALZO, R.; LUPI, D.; BERTOLO, G.; TORREGGINANI, D. Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2, p. 255-260, 2001.
- MARCOTTE, M.; TOUPIN, C. J.; LE MAGUER, M. Mass transfer in cellular tissues. Part I: The mathematical model. **Journal of Food Engineering**, v. 13, p. 199-220, 1991.
- MARCUSSI, B. A. **Desidratação Osmótica e Impregnação a Vácuo de pêra**. 2005. 103 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- MARODIN, G. A. B. Situação das frutas de caroço no Brasil e no mundo. **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS DE CAROÇO: PÊSSEGOS, NECTARINAS E AMEIXAS**, 2000. Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 61-71, 2000.
- MARTÍNEZ-MONZÓ, J. et al. Changes in thermal properties of apple due to vacuum impregnation. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p. 213-218, 2000.
- MÚJICA-PAZ, H. et al. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 57, n. 4, p. 305-314, 2003a.
- MÚJICA-PAZ, H. et al. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 4, p. 307-314, 2003b.
- NAVARRETE, N. M.; GRAU, A. M. A.; BOIX, A. C.; MAUPOEY, P. F. **Termodinâmica y cinética de sistemas alimentos entorno**. Universidade Politécnica de Valencia, Espanha, Editorial UPV, 1998.
- PAES, S. **Estudo da impregnação a vácuo de maçãs**. 2005. 88 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PAES, S.; STRINGARI, G. B.; LAURINDO, J. B. Effect of vacuum impregnation temperature on the mechanical properties and osmotic dehydration parameters of apples. In: **2<sup>nd</sup> MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING . 4<sup>TH</sup> MERCOSUR CONGRESS ON PROCESS SYSTEM ENGINEERING**, Rio de Janeiro, 2005. ENPROMER, 2005.

POKHARKAR, S. M.; PRASAD, S.; DAS, H. A model for osmotic concentration of banana slices. **Journal Food Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 230-230, 1997.

RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, p. 255-260, 1994.

ROSENBERG, U.; BOEGL, W. Microwave thawing, drying and baking in the food industry. **Food Technology**, v. 41, n. 6, p. 85-91, 1987.

SALVATORI, D. **Deshidratación osmótica de frutas: cambios composicionales y estructurales a temperaturas moderadas**. Ph.D. Thesis. Universidad Politécnica de Valencia, Spain, 1997.

SALVATORI, D. et al. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. **Journal of Food Process Engineering**, v. 21, p. 59-73, 1998a.

SANKAT, C. K., CASTAIGNE, F., & MAHARAJ, J. R. The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. **International Journal of Food Science and Technology**, 31, 123– 135, 1996.

SCHIFFMANN, R. F. Microwave process for the food industry. **Handbook of Microwave Technology for Food Applications**, p. 299-338, 2001.

SEBRAE. Disponível em: <http://www.cbcde.org.br/pt/noticia/noticia.php>. Acesso em: 15/3/2005.

- SERENO, A. M.; HUBINGER, M. D.; COMESANÃ, J. F.; CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 1, p. 103-114, 2001.
- SHARMA, G. P.; PRASAD, S. Drying of garlic cloves by microwave-hot air combination. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 99-105, 2001.
- SHEWFELT, R. L. What is quality? **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 197-200, 1999.
- SHI, X. Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **Food Research International**, v. 28, n. 5, p. 445-454, 1995.
- SHI, J.; LE MAGUER, M. Analogical cellular Structure changes in solid-liquid contacting operations. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 35, n. 5, p. 444-451, 2002.
- SIDRA. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em : 06/04/2005.
- SILVEIRA, E. T. F.; RAHMAN, M. S.; BUCLE, K. A . Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. **Food Research International**, v. 29, p. 227-233, 1996.
- SUMNU, G.; TURABI, E.; OZTOP, M. Drying of carrots in microwave and halogen lamp-microwave combination ovens. **Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie**, v. 38, p. 549-553, 2005.
- TALENS, P. et al. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 3, p. 191-199, 2002.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruits and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; FORNI, E.; RIZZOLO, A. Osmotic dehydration of fruit, influence of the osmotic time on the stability of processed cherries. **Journal of Food Processing Preservation**, v. 12, p. 27-32, 1988.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247-253, 2001.

WANG, J.; SHENG, K. Far- infrared and microwave drying of peach. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, 2005.

VAN ARSDEL, W.B. et al. **Food Dehydration**. Westport, AVI, 1973.

VINCENT, J. F. V. Relationship between density and stiffness of apple flesh. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 47, p. 443-462, 1989.

ZHAO, Y.; XIE, J. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, p. 434-451, 2004.









