



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DA PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA DE KIWI
(*Actinidia deliciosa*) COMPLEMENTADA POR
PROCESSOS CONVENCIONAIS**

Paulo Renato Buchweitz

Eng^o. Agrícola

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes

Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de DOUTOR EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

Campinas/SP

2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

B854a Buchweitz, Paulo Renato
Avaliação da pré-secagem osmótica de kiwi (*Actinidia deliciosa*) complementada por processos convencionais / Paulo Renato Buchweitz. – Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Hilary Castle de Menezes
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Kiwi. 2. Desidratação osmótica. 3. Conservação. 4. Qualidade. I. Menezes, Hilary Castle de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Evaluation of the pre-osmotic drying of kiwi (*Actinidia deliciosa*) complemented by conventional processes

Palavras-chave em inglês (Keywords): Kiwifruit, Osmotic dehydration, Preservation, Quality

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Hilary Castle de Menezes
Nelson Horacio Pezoa Garcia
Miriam Dupas Hubinger
José Maurício Aguirre
Regina Kitagawa Grizotto
João Gilberto Jardine
Marisa de Nazaré Hoelz Jackix

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes - Orientadora
DTA – FEA – UNICAMP

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia
DTA – FEA – UNICAMP

Profa. Dra. Miriam Dupas Hubinger
DEA – FEA – UNICAMP

Dr. José Maurício Aguirre
ITAL - SP

Dra. Regina Kitagawa Grizotto
ITAL - SP

Dr. João Gilberto Jardine
EMBRAPA-Campinas/SP

Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix
DTA – FEA – UNICAMP

Dedico

À minha esposa Márcia e ao meu filho Vítor, meus valiosos tesouros, pela compreensão, renúncias, paciência e incentivo.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes, pela orientação, sensibilidade, apoio e amizade em todas as etapas deste trabalho;

Aos membros da banca examinadora, pelas indispensáveis contribuições a este trabalho;

À minha esposa Márcia, pelas valiosas palavras de estímulo e bom senso;

À Universidade Federal de Pelotas, CAPES/PICDT, pelo auxílio financeiro;

Aos Professores do DTA FEA/UNICAMP, pelos ensinamentos e atenção;

Aos técnicos do DTA: Aninha, Priscila, Adauto, Ana Maria, Ana Lourdes, Carol, Roberto, Nelson e Alice, pela receptividade e auxílio;

Aos funcionários das Secretarias do DTA e da PG/FEA, pela prestatividade;

À empresa KIWI BONA AGRICOLA de Campos do Jordão-SP, pela cedência dos frutos;

Aos colegas de trabalho do Departamento de Ciência dos Alimentos/UFPel, pelo apoio;

Aos amigos conterrâneos Álvaro, Elizabete, Flávio e Rosane, pelo companheirismo;

Aos colegas e amigos da Pós-Graduação da FEA/UNICAMP;

À todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Tabelas	xix
RESUMO.....	xxi
SUMMARY	xxiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
<i>I.1. O KIWI.....</i>	<i>7</i>
I.1.1 ORIGEM	7
I.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	7
I.1.3 PRINCIPAIS CULTIVARES	8
I.1.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA	9
I.1.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL	10
I.1.6 COLHEITA, PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO.....	13
<i>I.2. A DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA</i>	<i>13</i>
I.2.1 ASPECTOS GERAIS	13
I.2.2 VARIÁVEIS DO PROCESSO	16
I.2.2.1 AGENTE DESIDRATANTE.....	16
I.2.2.2 CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO OSMÓTICA	18
I.2.2.3 TEMPERATURA.....	18
I.2.2.4 TEMPO DE PROCESSO	19
I.2.2.5 AGITAÇÃO.....	19
I.2.2.6 TAMANHO DO MATERIAL.....	20
<i>I.3. OS TRATAMENTOS COMPLEMENTARES.....</i>	<i>20</i>

I.3.1	A SECAGEM.....	20
I.3.1.1.	ASPECTOS GERAIS	20
I.3.1.2.	PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	21
I.3.1.3.	REDRATAÇÃO	23
I.3.2	O CONGELAMENTO.....	24
I.3.2.1.	ASPECTOS GERAIS	24
I.3.2.2.	PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	25
I.3.2.3.	MÉTODOS DE CONGELAMENTO	26
I.3.3	A LIOFILIZAÇÃO.....	28
I.3.3.1.	ASPECTOS GERAIS	28
I.3.3.2.	PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	29
I.3.3.3.	MÉTODOS DE CONGELAMENTO	30
I.3.4	A PASTEURIZAÇÃO	32
I.3.4.1.	ASPECTOS GERAIS	32
I.3.4.2.	PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	32
I.3.4.3.	APROVEITAMENTO DO XAROPE.....	33
I.4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
 CAPÍTULO II. CARACTERIZAÇÃO DA PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA DE KIWI		47
	<i>RESUMO</i>	49
	<i>SUMMARY</i>	51
II.1.	<i>INTRODUÇÃO</i>	53
II.2.	<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	56
II.2.1	MATERIAL	56
II.2.1.1.	MATÉRIA-PRIMA	56
II.2.1.2.	EQUIPAMENTOS	56
II.2.1.3.	AGENTE DESIDRATANTE.....	56
II.2.2	MÉTODOS	57
II.2.2.1.	COLHEITA, SELEÇÃO E CONSERVAÇÃO TEMPORÁRIA.....	57
II.2.2.2.	PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA.....	57

II.2.2.3.	TRANSFERÊNCIA DE MASSA NO PROCESSO.....	59
II.2.2.4.	MÉTODOS ANALÍTICOS	59
II.2.2.5.	ANÁLISE INSTRUMENTAL	61
II.2.2.6.	CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO OSMÓTICA RESIDUAL.....	62
II.2.2.7.	AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	62
II.2.2.8.	AVALIAÇÃO SENSORIAL.....	63
<i>II.3.</i>	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</i>	<i>64</i>
II.3.1	PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	64
II.3.1.1.	SÓLIDOS SOLÚVEIS, pH E ACIDEZ TITULÁVEL	64
II.3.1.2.	AÇÚCARES REDUTORES, NÃO-REDUTORES E TOTAIS.....	65
II.3.1.3.	ÁCIDO ASCÓRBICO.....	67
II.3.2	TRANSFERÊNCIA DE MASSA	68
II.3.3	COR E TEXTURA INSTRUMENTAIS	70
II.3.3.1.	COR.....	70
II.3.3.2.	FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA.....	72
II.3.4	XAROPE RESIDUAL	74
II.3.5	AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	76
II.3.6	AVALIAÇÃO SENSORIAL	77
<i>II.4.</i>	<i>CONCLUSÃO</i>	<i>79</i>
<i>II.5.</i>	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>80</i>
CAPÍTULO III.	EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO NA QUALIDADE DE	
KIWI SECO	87
<i>RESUMO</i>	<i>.....</i>	<i>89</i>
<i>SUMMARY</i>	<i>.....</i>	<i>91</i>
<i>III.1.</i>	<i>INTRODUÇÃO</i>	<i>93</i>
<i>III.2.</i>	<i>MATERIAL E MÉTODOS.....</i>	<i>95</i>
III.2.1	MATERIAL	95
III.2.1.1.	MATÉRIA-PRIMA	95

III.2.1.2. EQUIPAMENTOS	95
III.2.2 MÉTODOS	96
III.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA.....	96
III.2.2.2. PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA	96
III.2.2.3. SECAGEM	97
III.2.2.4. DETERMINAÇÕES.....	97
III.2.2.5. AVALIAÇÃO DA FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA	98
III.2.2.6. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	99
III.2.2.7. AVALIAÇÃO SENSORIAL	99
<i>III.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</i>	<i>101</i>
III.3.1 PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA	101
III.3.2 VARIAÇÃO RELATIVA DE PESO, UMIDADE E ATIVIDADE E ÁGUA.....	101
III.3.3 REIDRATAÇÃO E SÓLIDOS TOTAIS.....	103
III.3.4 FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA.....	105
III.3.5 ÁCIDO ASCÓRBICO	106
III.3.6 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	108
III.3.7 ANÁLISE SENSORIAL.....	108
<i>III.4. CONCLUSÕES</i>	<i>111</i>
<i>III.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>112</i>
CAPÍTULO IV. EFEITO DO OSMO-CONGELAMENTO NA QUALIDADE DE	
FATIAS DE KIWI	117
<i>RESUMO</i>	<i>119</i>
<i>SUMMARY.....</i>	<i>121</i>
<i>IV.1. INTRODUÇÃO</i>	<i>123</i>
<i>IV.2. MATERIAL E MÉTODOS.....</i>	<i>128</i>
IV.2.1 MATERIAL	128
IV.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA	128
IV.2.1.2. EQUIPAMENTOS	128

IV.2.1.3. AGENTE DESIDRATANTE	128
IV.2.2 MÉTODOS	129
IV.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA.....	129
IV.2.2.2. PRÉ-DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	129
IV.2.2.3. CONGELAMENTO	130
IV.2.2.4. DETERMINAÇÕES.....	131
<i>IV.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</i>	<i>133</i>
IV.3.1 PARÂMETROS DA PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA.....	133
IV.3.2 RESULTADOS DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	134
IV.3.3 VALIDAÇÃO E SUPERFÍCIES DE RESPOSTA.....	136
IV.3.4 AVALIAÇÃO DA EXSUDAÇÃO.....	137
IV.3.5 AVALIAÇÃO DA FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA	138
IV.3.6 AVALIAÇÃO VISUAL.....	141
<i>IV.4. CONCLUSÕES</i>	<i>142</i>
<i>IV.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>143</i>
CAPÍTULO V. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FATIAS DE KIWI OSMO- LIOFILIZADAS	149
<i>RESUMO</i>	<i>151</i>
<i>SUMMARY.....</i>	<i>153</i>
<i>V.1. INTRODUÇÃO</i>	<i>155</i>
<i>V.2. MATERIAL E MÉTODOS.....</i>	<i>158</i>
V.2.1 MATERIAL	158
V.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA.....	158
V.2.1.2. EQUIPAMENTOS.....	158
V.2.2 MÉTODOS	159
V.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA.....	159
V.2.2.2. PRÉ-DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	159
V.2.2.3. LIOFILIZAÇÃO	160

V.2.2.4. DETERMINAÇÕES.....	161
V.2.2.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	162
V.3. <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	164
V.3.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS FATIAS.....	164
V.3.2 AVALIAÇÃO DO TEMPO DE PROCESSO.....	164
V.3.3 RESULTADOS DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	168
V.3.4 VALIDAÇÃO E SUPERFÍCIES DE RESPOSTA.....	170
V.3.5 AVALIAÇÃO DA REIDRATAÇÃO.....	170
V.3.6 AVALIAÇÃO DA TEXTURA.....	173
V.3.7 CARACTERIZAÇÃO FINAL.....	175
V.4. <i>CONCLUSÕES</i>	177
V.5. <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	178
CAPÍTULO VI. ESTUDO DA OSMO-PASTEURIZAÇÃO DE FATIAS DE KIWI	
EM CALDA	183
<i>RESUMO</i>	185
<i>SUMMARY</i>	187
VI.1. <i>INTRODUÇÃO</i>	189
VI.2. <i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	191
VI.2.1 MATERIAL.....	191
VI.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA.....	191
VI.2.1.2. EMBALAGEM.....	191
VI.2.1.3. EQUIPAMENTOS.....	191
VI.2.2 MÉTODOS.....	192
VI.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA.....	192
VI.2.2.2. PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	192
VI.2.2.3. LÍQUIDOS DE COBERTURA.....	192
VI.2.2.4. DISCRIMINAÇÃO DOS PRODUTOS.....	193
VI.2.2.5. PROCESSAMENTO DOS PRODUTOS.....	193

VI.2.2.6. DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS	195
VI.2.2.7. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	197
VI.2.2.8. AVALIAÇÃO SENSORIAL	197
<i>VI.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</i>	<i>199</i>
VI.3.1 SÓLIDOS SOLÚVEIS, ACIDEZ TITULÁVEL E SUA RELAÇÃO	199
VI.3.2 SÓLIDOS TOTAIS, FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA E PESO DRENADO 201	
VI.3.3 PARÂMETROS DE COR	203
VI.3.4 COR, TURBIDEZ E VISCOSIDADE DOS LÍQUIDOS DE COBERTURA.....	206
VI.3.4.1. COR	206
VI.3.4.2. TURBIDEZ E VISCOSIDADE.....	207
<i>VI.4. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA</i>	<i>209</i>
<i>VI.5. ANÁLISE SENSORIAL.....</i>	<i>210</i>
<i>VI.6. CONCLUSÕES</i>	<i>213</i>
<i>VI.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>214</i>
ANEXOS	218

Índice de Figuras

<i>Figura I. 1- Frutos de kiwi na planta (a) e coloração da polpa (b).</i>	9
<i>Figura I. 2– Mecanismo da desidratação osmótica</i>	14
<i>Figura II.1 – Parâmetros da pré-secagem osmótica nas fatias de kiwi</i>	70
<i>Figura II.2- Fatia in natura (a) e fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 120 (b) e 240 (c) minutos.</i>	72
<i>Figura III.1- Porcentuais do ganho de peso na reidratação das fatias de kiwi.</i>	104
<i>Figura III.2- Variação relativa no peso dos sólidos totais e no conteúdo de umidade das fatias de kiwi</i>	105
<i>Figura III.3- Valores médios da força máxima de ruptura em fatias de kiwi.</i>	106
<i>Figura III.4– Conteúdo de ácido ascórbico em base seca nas fatias de kiwi em várias condições.</i>	107
<i>Figura III.5– Valores médios atribuídos às fatias de kiwi na análise sensorial.</i>	109
<i>Figura III.6- Fatias secas in natura (a) e com prévia desidratação osmótica(b)</i>	110
<i>Figura IV.1– Efeitos da desidratação osmótica e método de congelamento sobre a exsudação e força máxima de ruptura.</i>	135
<i>Figura IV.2– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a exsudação das fatias de kiwi após o descongelamento.</i>	137
<i>Figura IV.3– Valores percentuais da exsudação em fatias de kiwi osmo-congeladas.</i>	138
<i>Figura IV.4– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a força máxima de ruptura das fatias de kiwi após o descongelamento.</i>	139
<i>Figura IV.5– Valores da força máxima de ruptura em fatias de kiwi osmo-congeladas</i>	140
<i>Figura IV.6– Fatias de kiwi in natura (a) e fatias osmo-congeladas por contato em placas previamente desidratadas em osmose por 0 (b), 120 (c) e 240 (d) minutos.</i>	141
<i>Figura V.1- Amplitude dos efeitos da desidratação osmótica e dos métodos de congelamento sobre a reidratação e força máxima de ruptura.</i>	169
<i>Figura V.2– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a porcentagem de reidratação das fatias de kiwi após a liofilização.</i>	171
<i>Figura V.3– Valores percentuais da reidratação em fatias de kiwi liofilizadas</i>	172

<i>Figura V.4– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a força máxima de ruptura das fatias de kiwi após a liofilização.</i>	<i>173</i>
<i>Figura V. 5– Valores da força máxima de ruptura em fatias de kiwi liofilizadas</i>	<i>174</i>
<i>Figura V.6– Amostras de fatias de kiwi in natura (a) e fatias congeladas em placas e liofilizadas sem (b) e com (c) prévia desidratação osmótica por 60 minutos.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura VI.1- Diagrama de fluxo de processamento das fatias de kiwi em calda.</i>	<i>194</i>
<i>Figura VI. 2– Fatias de kiwi em calda e amostras dos respectivos líquidos de cobertura.</i>	<i>209</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela I.1- Valores médios dos principais componentes encontrados em Kiwi.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabela I. 2- Valor calórico e composição química do kiwi em relação a outros frutos (em 100g).....</i>	<i>11</i>
<i>Tabela I. 3– Valores físicos e químicos em kiwi, cv. Hayward.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela I. 4- Valores médios dos principais microelementos encontrados em Kiwi, cv. Hayward.</i>	<i>12</i>
<i>Tabela II.1- Valores médios de sólidos solúveis, pH e acidez titulável das fatias de kiwi.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela II. 2- Valores médios de açúcares redutores, não-redutores e totais nas fatias de kiwi.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela II.3– Valores médios de ácido ascórbico nas fatias de kiwi.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela II.4– Parâmetros de transferência de massa nos diferentes tempos de pré-secagem osmótica nas fatias de kiwi.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela II.5- Valores médios dos parâmetros da cor luminosidade (L*), coordenadas de cromaticidade (a*, b*), diferença de cromaticidade (ΔC) e a diferença total de cor (ΔE) em relação à amostra padrão (tempo zero) nas fatias de kiwi.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabela II.6- Valores médios da força máxima de ruptura e as diferenças em relação a amostra padrão nas fatias de kiwi.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela II.7- Variação dos parâmetros físico-químicos da solução osmótica.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabela II.8– Avaliação microbiológica de fatias de kiwi in natura e osmoticamente desidratadas.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabela II. 9 – Valores médios do teste de aceitação¹ para as fatias de kiwi.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabela III.1- Transferência de massa nas fatias de kiwi durante a pré-secagem osmótica.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabela III.2 – Variação¹ relativa de peso e umidade (%) na secagem a 40 °C de fatias de kiwi.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela III.3– Valores da atividade de água das fatias de kiwi nas diferentes condições.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabela III.4- Perdas de ácido ascórbico em fatias de kiwi decorrentes da desidratação osmótica e secagem.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabela III.5– Avaliação microbiológica das amostras de fatias de kiwi desidratadas.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabela IV.1- Valores codificados e reais das variáveis independentes.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabela IV.2- Parâmetros da transferência de massa na pré-secagem osmótica.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabela IV. 3– Valores médios da exsudação (%) e força máxima de ruptura (N) das fatias de kiwi... </i>	<i>134</i>
<i>Tabela V.1- Valores codificados e reais das variáveis independentes.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabela V.2- Valores¹ de umidade (U), perda de umidade (PU), perda de peso (PP), incorporação de sólidos (IS), sólidos totais (ST) e atividade de água (Aw).....</i>	<i>164</i>

<i>Tabela V.3- Valores médios da variação relativa de peso (VRP) e umidade (U) das fatias de kiwi durante a liofilização</i>	<i>165</i>
<i>Tabela V.4– Valores médios da reidratação (%) e força máxima de ruptura (N) das fatias de kiwi.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabela V.5– Valores¹ médios de ácido ascórbico e perdas no processo em fatias de kiwi in natura e liofilizadas.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabela VI.1- Valores de sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (g ácido cítrico/100g matéria seca) e sua relação durante o armazenamento.</i>	<i>200</i>
<i>Tabela VI.2- Valores de sólidos totais (%), força máxima de ruptura (N) e peso drenado (%) durante o período de armazenamento.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabela VI.3- Valores da luminosidade (L*), das coordenadas de cromaticidade (a* e b*) e diferenças de cromaticidade (ΔC) e de cor total (ΔE) em relação à amostra in natura de fatias de kiwi em calda, aos dois e seis meses de armazenamento.....</i>	<i>204</i>
<i>Tabela VI. 4- Cor dos líquidos de cobertura após seis meses de armazenamento</i>	<i>206</i>
<i>Tabela VI.5– Turbidez (%) e viscosidade (mPas) dos líquidos de cobertura após seis meses de armazenamento</i>	<i>207</i>
<i>Tabela VI.6- Média dos escores da aceitação de kiwi em calda aos 2 e 6 meses de armazenamento.....</i>	<i>210</i>
<i>Tabela VI.7- Intenção de compra¹ (%) de fatias kiwi em calda aos 2 e 6 meses de armazenamento</i>	<i>212</i>

RESUMO

Em algumas regiões do Brasil a cultura do kiwi encontrou bom potencial para o seu desenvolvimento. A cultivar *Hayward* destaca-se pela produção de frutos com elevada qualidade no sabor, tamanho, conservação e valor nutricional. Até o momento a maioria das pesquisas pós-colheita esteve voltada a conservação pelo frio, em virtude da elevada susceptibilidade deste fruto a alterações físico-químicas e sensoriais decorrentes dos métodos convencionais de conservação. Este trabalho procurou avaliar os efeitos da pré-secagem osmótica em parâmetros de qualidade de fatias de kiwi secas, congeladas, liofilizadas e pasteurizadas. Os frutos para a execução dos experimentos foram adquiridos diretamente de pomar comercial localizado em Campos do Jordão-SP. Inicialmente foi realizada uma avaliação da pré-secagem osmótica de fatias de kiwi de 10-11mm de espessura sob condições de processo pré-estabelecidas: imersas em solução de sacarose a 65% a 40°C por 15, 60, 120, 180 e 240 minutos com agitação em *shaker* a 75 oscilações horizontais e amplitude de 1cm, utilizando fruta em solução de sacarose na proporção de 1:4. Os produtos obtidos foram avaliados sensorialmente e verificou-se que a condição correspondente a duas horas de processo foi a melhor aceita, sendo este resultado posteriormente considerado no estudo dos métodos convencionais. Na secagem com circulação forçada de ar aquecido a 40°C até 25% de umidade residual a pré-secagem osmótica proporcionou em média uma redução de 10% no tempo necessário ao processo e melhor aparência, aroma característico e maior firmeza das fatias após a reconstituição com água e açúcar. No estudo do osmo-congelamento por meio da avaliação dos métodos de congelamento por ar estático, contato em placas ou imersão em nitrogênio líquido, foi constatado que a prévia desidratação osmótica exerceu maior influência do que os diferentes métodos de congelamento nos níveis estudados na redução do líquido exsudado e no aumento da firmeza após o descongelamento. O tratamento prévio também contribuiu para melhorar a aparência geral e intensificar a coloração esverdeada. Na avaliação dos efeitos dos referidos métodos de congelamento nos experimentos de osmo-liofilização foi observado que o tratamento prévio em solução de sacarose não promoveu redução no tempo necessário à liofilização. No entanto, proporcionou melhora na textura e coloração das fatias, enquanto que a quantidade de água reincorporada às fatias foi mais influenciada pelos métodos de congelamento. Os produtos em calda processados com fatias submetidas a pré-secagem osmótica apresentaram aceitação sensorial similar quanto ao aroma e sabor e aceitação melhor quanto a aparência e textura durante o armazenamento, comparativamente aos produtos processados com fatias não submetidas ao tratamento prévio. O aproveitamento do xarope da pré-secagem osmótica como líquido de cobertura pode contribuir para a redução de custos no envase de fatias de kiwi em calda.

SUMMARY

The cultivation of kiwi has encountered optimum potential in some Brazilian regions. The cultivar Hayward stands out due to its elevated quality with respect to flavour, size, preservation and nutritional value. Up to now the majority of post-harvest research has been directed at cold storage conservation due to the great susceptibility of the fruit to physico-chemical and sensory alterations caused by conventional processing. This study aimed at evaluating the effects of a prior osmotic dehydration on the quality parameters of subsequently dried, frozen, freeze dried and pasteurised kiwi slices. The fresh fruits were acquired directly from a commercial orchard located in Campos do Jordão-SP-Brazil. Initially the osmotic pre-dehydration of 10-11 mm thick kiwi slices was evaluated under the following pre-established processing conditions: immersion in 65% sucrose solutions at 40°C for 15, 60, 120, 180 and 240 minutes, with agitation in a shaker at 75 horizontal oscillations per minute and an amplitude of 1cm, using a 1:4 proportion of fruit to sucrose solution. A sensory evaluation of the products obtained was carried out, and the condition corresponding to 2 hours of process found to be the most acceptable. This condition was therefore used to study the complementary treatments. In the drying of the slices to 25% residual moisture using forced air circulation at 40°C, the osmotic pre-drying resulted in a 10% reduction in drying time on average and a better appearance, characteristic aroma and greater firmness of the slices after reconstitution in sugar and water. In the osmo-freezing study, the freezing methods evaluated were static air, contact with plates and immersion in liquid nitrogen. It was shown that the osmotic pre-drying exerted a greater influence on the reduction of exuded liquid and increase in firmness on defrosting, than the freezing velocity. The pre-treatment also improved the general appearance and intensified the green colour of the slices. However the pre-treatment did not reduce the processing time, only improved the product colour and texture, and the amount of water reincorporated into the slices was more related to freezing velocity. The final products obtained by bottling osmotically pre-dehydrated slices in syrup showed similar sensory acceptance for aroma and flavour and improved acceptance for appearance and texture during storage, as compared to products made with non-pre-treated slices. The use of the osmotic dehydration syrup as the filling liquid in the bottling procedure could contribute to a reduction in processing costs.

INTRODUÇÃO GERAL

O kiwi é um fruto originário da região Sudeste da China e pertence a uma espécie da família Actinidiaceae, sendo conhecido em diferentes países por denominações como groselha chinesa, quivi, kiwifruit e actinídia, entre outras. O sabor agradável, o elevado conteúdo de vitamina C e a coloração verde brilhante da sua polpa são aspectos que tem contribuído para a conquista do mercado internacional. Foi domesticado, melhorado geneticamente e propagado pela Nova Zelândia, cujo país é atualmente o maior produtor e também o maior exportador do fruto.

No Brasil o kiwi foi introduzido em 1970 pelo Instituto Agrônomo de Campinas e o primeiro cultivo da cultura em escala comercial ocorreu em 1985 na região de Campos do Jordão, interior do Estado de São Paulo. Após, expandiu-se na Região Sul e encontrou na serra do Rio Grande do Sul bom potencial para o seu desenvolvimento. É portanto, um fruto que foi recentemente disponibilizado ao consumidor brasileiro, contrariamente a outros países, o que pode explicar em parte seu baixo consumo, para o qual também contribui o custo elevado. Existe uma carência de informações exatas sobre a situação da cultura em organismos oficiais. Sabe-se que a área plantada ainda é pequena, a produtividade é baixa e muitos pomares apresentam-se ainda recém-implantados.

O kiwi é preferencialmente consumido na forma *in natura*. Apesar da sua boa conservação em armazenamento refrigerado, entretanto a capacidade das instalações frigoríficas não é suficiente geralmente para absorver a demanda nos picos de safra. Outro aspecto diz respeito ao aproveitamento dos frutos que não se enquadram aos padrões necessários à comercialização *in natura*. Além disso, o fruto é altamente susceptível a alterações indesejáveis decorrentes da ação do calor em processos industriais.

O interesse crescente da tecnologia de conservação de frutas pela desidratação osmótica é compreensível e justifica-se pela constatação em vários estudos já realizados relativos a dois aspectos extremamente importantes resultantes da sua utilização, ou seja, a melhora na qualidade geral e a possível economia de

energia. A utilização da técnica também torna possível a obtenção de produtos que mantenham elevada similaridade com a fruta fresca, condição essencial para a boa aceitação pelos consumidores.

Este trabalho teve por objetivo geral avaliar a utilização da pré-secagem osmótica em combinação com processos convencionais de conservação na qualidade final de fatias kiwi. Os objetivos específicos foram:

- Caracterizar o processo e avaliar a aceitação de fatias de kiwi parcialmente desidratadas por secagem osmótica;
- Avaliar a influência da pré-secagem osmótica em parâmetros de qualidade de fatias de kiwi secas por circulação forçada de ar aquecido;
- Avaliar o efeito da pré-secagem osmótica combinada com diferentes métodos de congelamento sobre a exsudação e firmeza de fatias de kiwi após o descongelamento;
- Avaliar o efeito da pré-secagem osmótica e métodos de congelamento no tempo de processo e na qualidade de fatias de kiwi liofilizadas;
- Caracterizar a osmo-pasteurização de fatias de kiwi em calda e averiguar o aproveitamento do xarope residual do processo da pré-secagem osmótica no próprio envase.

CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

I.1. O KIWI

I.1.1 ORIGEM

A cultura é originária das regiões montanhosas da China, a 800 – 2000 metros de altitude em relação ao nível do mar, e desenvolveu-se à sombra das florestas às margens do rio Yang Tzu Chiang. O seu centro de origem localiza-se entre os paralelos 25 e 30º norte (DUCROQUET, 1977).

No Brasil o fruto é conhecido como kiwi ou quivi. Na China é denominado *yang-tao* e *mao-erh-tao*; na Itália, *actinidia*; nos Estados Unidos, *chinese gooseberry*; na França, *groiseille de China* e *souris vegetale*; na Inglaterra, *sheep peach* e *monkey peach* (ZUCCHERELLI & ZUCCHERELLI, 1987; FERGUSON & BOLLARD, 1990).

Na Nova Zelândia o fruto também foi conhecido por longo tempo como *chinese gooseberry*, porém com a sua expansão recebeu a denominação de kiwi devido a sua semelhança com um pássaro muito tradicional desse país, que possui esse nome (BORSATTO, 1991). Na China era conhecido vulgarmente como yang-tao, que significa “rato vegetal” devido a semelhança com este animal quando o fruto está plenamente desenvolvido (AFONSO & LOPES, 1993).

I.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

O kiwi (*Actinidia deliciosa*) é uma planta pertencente à família Actinidiaceae e caracteriza-se por apresentar raízes carnosas, muito ramificadas e com tendência a distribuírem-se no substrato superior do solo. Possui caule flexível e sarmentoso quando jovem. À medida que a planta torna-se adulta os caules lignificados ficam lenhosos e resistentes. Os ramos crescem rapidamente, podendo alcançar 6 a 8 metros em um ano. Em determinada fase, a extremidade tende a enrolar-se em uma estaca em apertadas espirais (SAQUET & BRACKMAN, 1995).

O kiwi é uma espécie caducifólia típica de clima temperado e suporta baixas temperaturas na época de repouso vegetativo. Nos meses de setembro e outubro inicia-se a brotação. As flores são dióicas e ambas possuem ovário e estames, porém as plantas polinizadoras possuem o ovário atrofiado e as plantas produtoras possuem estames com pólen estéril. A floração ocorre nos meses de outubro a novembro, sendo que o fruto atinge a maturação fisiológica em abril e maio (MATTIUZ, 1995).

O fruto é uma baga de forma ovóide, esférica ou alongada, dependendo da cultivar. O peso pode alcançar 150 gramas nas cultivares melhoradas geneticamente. Possui película delgada, porém firme, coloração marron e encoberta de pêlos. A polpa é atrativa por apresentar coloração verde-esmeralda, sendo as sementes pardo-escuras muito pequenas e dispostas radialmente (FERGUSON & BOLLARD, 1990).

I.1.3 PRINCIPAIS CULTIVARES

As cultivares mais produtivas e plantadas no mundo são de origem neozelandesa, destacando-se *Hayward*, *Bruno*, *Monty*, *Allison*, *Abbot*, *Geensil*, *Gracie*, *Jones* e *Elmwood* como variedades produtoras e *Tomuri*, *Matua* e *M-3* como polinizadoras (ZUCCHERELLI & ZUCCHERELLI, 1987).

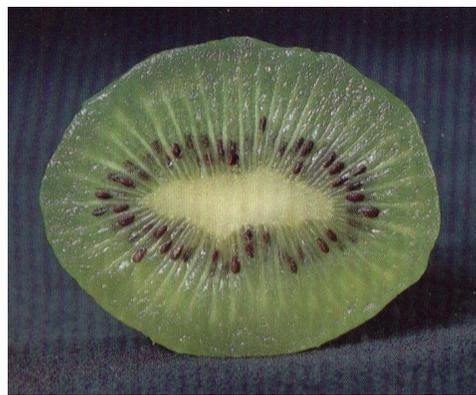
Uma boa cultivar de quiveiro deve apresentar vigor, rusticidade, produtividade, frutos de tamanho médio a grande de forma regular, oval ou oblonga, tendendo a arredondado, com uma pilosidade suave e facilmente eliminável. A polpa, na fase de maturação deve possuir cor verde brilhante, ser perfumada e apresentar sabor equilibrado entre ácidos e açúcares (SOUZA *et al.*, 1996). Segundo este autor a cultivar *Hayward* apresenta floração tardia, com produtividade ligeiramente inferior às outras variedades e é sensível a nematóides e às estiagens. Seus frutos têm formato oval, com seção transversal elíptica, umbigo marcado e achatado no sentido transversal, cálice ligeiramente fundido, pele de cor parda com fundo verde gris, coberta de pêlos suaves, pesando de 90 – 100 gramas. A polpa é de coloração verde-

dourado apresentando perfeito equilíbrio entre ácidos e açúcares, o que a torna a preferida pelos mercados de todo o mundo. Apresenta boa resistência ao transporte e manuseio na conservação refrigerada.

A Figura I.1 mostra frutos de kiwi da *cv Hayward* maduros na planta e a coloração da polpa interna.



(a)



(b)

Figura I. 1- Frutos de kiwi na planta (a) e coloração da polpa (b).

Fonte: Afonso & Lopes (1993).

SCHUCK (1992), também enfatizou que esta cultivar possui sabor agradável, boa apresentação, tamanho e vida longa à temperatura de refrigeração, comparativamente às demais cultivares, sendo possível a armazenagem dos frutos por vários meses.

I.1.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Em 1904 as primeiras mudas de kiwi foram propagadas da China para a Nova Zelândia por Alexander Allison. Assim foram obtidas as primeiras plantas, configurando importância comercial. Foi melhorado geneticamente e obtiveram-se diversas cultivares na Nova Zelândia, cujo país detém a maior produção e exportação no mundo (ZUCCHERELLI & ZUCCHERELLI, 1987).

A espécie agrícola expandiu-se pela Europa, no início do século XX, mais precisamente na Inglaterra. Recebeu amplos estímulos para a sua produção agrícola na Itália e na França. Posteriormente expandiu-se para os Estados Unidos da América (EUA), Japão, Grécia, Austrália e África do Sul (AFONSO & LOPES, 1993; KASTER, 1994).

Na América do Sul, o Chile foi o país pioneiro na introdução do cultivo comercial da espécie. No Brasil, o kiwi foi introduzido pelo Instituto Agrônomo de Campinas em 1971 e cultivado inicialmente em Campos do Jordão-SP, expandindo-se a seguir na região serrana do Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, onde encontrou ótimo potencial para o seu desenvolvimento (SANTOS, 1989).

Segundo ZENI (1991) e SIMONETTO & GRELLMANN (1998), no Brasil a comercialização foi incrementada de forma mais acentuada a partir da década de 80 quando alguns pomares implantados no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo entraram na sua fase produtiva.

I.1.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL

HERRMANN (1994), apresentou o percentual médio dos principais componentes do kiwi a partir de trabalho realizado com base em registros da literatura referentes a determinações em frutos da Nova Zelândia, Austrália e Itália. Os valores médios encontrados são mostrados na Tabela I.1.

Tabela I.1- Valores médios dos principais componentes encontrados em Kiwi

Componentes	Teores (g/100g)
Água	83,20
Proteínas	1,50
Lipídios	0,20
Glicose	4,40
Frutose	4,50
Sacarose	1,60
Ácido cítrico	0,86
Ácido málico	0,13
Ácido quínico	0,56

Fonte: HERMANN (1994)

Através da Tabela I.2, SOUZA *et al.* (1996) compararam a composição média em 100g de fruta fresca de frutos de kiwi com outros frutos de grande consumo.

Tabela I. 2- Valor calórico e composição química do kiwi em relação a outros frutos (em 100g)

Frutos	Calorias (kcal)	Água (%)	Proteína (g)	Lipídios (g)	Glicídios (g)	Sais minerais (g)
Kivi	53	80	1,6	0,3	11	1,50
Laranja	44	87	0,7	0,2	9,0	0,27
Banana	90	75	1,4	0,5	20	0,70
Abacaxí	51	86	0,5	0,2	12	0,32

SOUZA *et al.* (1996)

Por sua vez, a *cv. Hayward* foi caracterizada por CASTALDO *et al.* (1992) ao estudar a composição de amostras de frutos procedentes de 20 pomares diferentes na Itália. Os açúcares, ácidos orgânicos e os aminoácidos foram determinados por cromatografia líquida.

Tabela I. 3– Valores físicos e químicos em kiwi, cv. Hayward

Parâmetros	Valores médios
Sólidos solúveis	14,00 °Brix
pH	3,31
Acidez titulável (ácido cítrico)	1,47 (g/100g)
Glicose	4,26 (g/100g)
Frutose	4,66 (g/100g)
Sacarose	0,50 (g/100g)
Proteínas	0,62 (g/100g)
Pectina	0,59 (g/100g)
Cinzas	0,57 (g/100g)

Fonte: CASTALDO *et al.* (1992)

Confirmou-se a predominância dos açúcares redutores e verificou-se que os parâmetros mais importantes que caracterizam esse cultivar são o ácido ascórbico, o potássio e os aminoácidos arginina e alanina, conforme pode ser observado na Tabela I.4. Conforme SOUZA *et al.* (1996) o fruto possui propriedades terapêuticas no tratamento da constipação e devido a sua riqueza em vitamina C, potencializa as defesas do organismo na prevenção de enfermidades estacionais como gripes e resfriados, e até cancerígenas.

Tabela I. 4- Valores médios dos principais microelementos encontrados em Kiwi, cv. Hayward.

Valores Médios (mg/100g)				
Ácido ascórbico	Minerais		Principais aminoácidos	
106,72	Potássio	300	Arginina	197
	Cálcio	214	Ácido Glutâmico	146
	Magnésio	123	Alanina	196
	Fósforo	153	Ácido Aspartico	51
	Sódio	37	Lisina	26

Fonte: CASTALDO *et al.* (1992)

Conforme RATHORE (1984) a expansão do kiwi ocorreu em função da facilidade de cultivo da espécie e pelo seu alto valor nutritivo. SALE (1985) e SANTOS (1989), também ressaltaram que o fruto possui baixo nível calórico, em torno de 55,5 cal/100g de fruta, além de constituir-se em boa fonte de fibras dietéticas.

I.1.6 COLHEITA, PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO

Ocorre sempre uma tendência do fruto ser colhido no estágio de maturação fisiológica para retardar a perda de firmeza no armazenamento. O teor de sólidos solúveis deve ser igual ou superior a 6,5% na colheita para obter-se pleno desenvolvimento do sabor e aroma característicos (JUNQUEIRA, 1994). Este autor enfatiza a importância do imediato resfriamento num período máximo de 24 horas após a colheita para a manutenção da firmeza dos frutos e recomenda a utilização de correntes de ar frio forçado como método mais eficiente para atingir-se a temperatura de 0° C, indicada para a armazenagem do fruto.

Como ocorre com a maioria das frutas, o kiwi sofre mudanças químicas, físicas e perdas nutricionais durante o processamento. Em particular, a cor, a textura e o sabor são os atributos mais afetados (LODGE & ROBERTSON, 1990).

I.2. A DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

I.2.1 ASPECTOS GERAIS

O processo de desidratação osmótica, também denominado desidratação por imersão (RAOULT-WACK *et al.*, 1989; LENART, 1996) consiste basicamente na remoção de água do alimento por efeito da pressão osmótica, o que ocorre por imersão do produto em uma solução hipertônica constituída de um ou mais solutos, durante um período de tempo e a uma temperatura específica.

Conforme se observa na Figura I.2 o mecanismo da desidratação osmótica apresenta dois fluxos simultâneos e opostos, quais sejam: saída de água do produto para a solução e migração de solutos para o produto. Um terceiro fluxo envolvido consiste na perda de alguns sólidos naturais como açúcares, minerais, entre outros nutrientes que, embora seja insignificante proporcionalmente aos dois fluxos principais, pode ser importante para a qualidade sensorial e nutricional do produto (RAOULT-WACK *et al.*, 1989). TALENS *et al.* (2001) cita que durante esta transferência de massa ocorrem mudanças nas propriedades macroscópicas dos produtos em níveis determinados pelas condições do processo e características do produto. Estas mudanças estão diretamente relacionadas a cor, aparência e textura do produto.

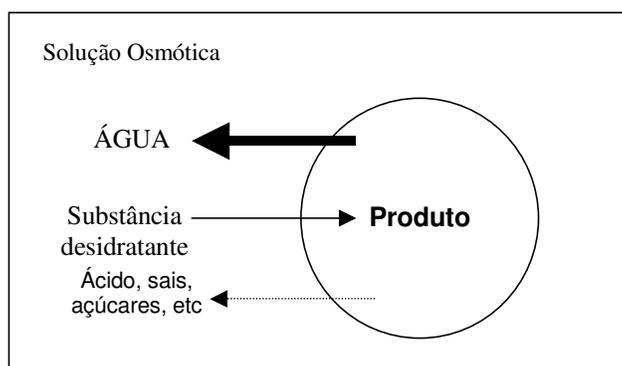


Figura I. 2– Mecanismo da desidratação osmótica

Fonte:RAOULT-WACK (1994)

A taxa de osmose diminui com o transcorrer do processo. A transferência de massa é sempre mais acentuada nas primeiras duas horas, a partir daí a taxa diminui consideravelmente, até o momento da remoção de água cessar totalmente. Por sua vez a incorporação de sólidos continua aumentando, assim, o alimento tende a ganhar peso novamente. Dessa forma, o processo geralmente é levado a efeito até se obter uma redução de 30-50% no peso do produto, não sendo geralmente conveniente prolongar-se a desidratação osmótica além dessa faixa (PONTING *et al.*, 1966; PONTING, 1973).

Conforme LENART (1996), verifica-se uma tendência na utilização da desidratação osmótica como tratamento preliminar voltado à melhora da qualidade do produto final, ao invés da preocupação básica com a remoção massiva da água.

Segundo TORREGIANI & BERTOLO (2001) a pré-secagem osmótica caracteriza-se por permitir, através da seletiva incorporação de solutos, mudar a composição físico-química do alimento, tornando o produto adequado para o processamento. Isto é possível porque através do tratamento consegue-se: (1) ajustar a composição físico-química reduzindo-se o conteúdo de água; (2) incorporar ingredientes ou aditivos com propriedades antioxidantes ou com outras propriedades de preservação; (3) adicionar solutos com interesse nutricional ou sensorial; (4) prover a consistência adequada ao produto.

Além do efeito positivo sobre as características sensoriais do produto final, vários autores também mencionam outra vantagem de suma importância no processo industrial: a possível economia de energia decorrente com o uso do processo (PONTING *et al.*, 1966; LERICI *et al.*, 1985; GIANGIACOMO, *et al.*, 1987; BOLIN & HUXSOLL, 1993 ; JAYARAMAN & DAS GUPTA, 1994; LI *et al.*, 2002).

A desidratação osmótica torna possível minimizar a injúria térmica, melhora a textura, contribui para uma maior retenção das vitaminas, além de conferir sabor mais suave (PONTING *et al.*, 1973; LERICI *et al.*, 1985; VIAL *et al.*, 1991; TORREGIANI, 1993). Permite a incorporação de solutos sem modificar a integridade do produto (PARK *et al.*, 2002) e proporciona também uma redução no consumo de energia na ordem de 20 a 30%, comparada com a secagem convencional por convecção (TORREGIANI, 1993; RAOULT-WACK *et al.*, 1994; LENART, 1996).

A transferência de massa durante o processo depende das características iniciais do tecido vegetal, como o grau de maturação, o conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis, os espaços intercelulares, a presença de gás, a proporção de substâncias

pécticas e a atividade enzimática (TORREGIANI, 1993), além das próprias variáveis de processo. Segundo SHI *et al.*, (1995) a transferência de massa é influenciada pela porosidade das frutas nos estágios iniciais do processo, principalmente quando se utilizam temperaturas moderadas no processo.

I.2.2 VARIÁVEIS DO PROCESSO

I.2.2.1. AGENTE DESIDRATANTE

A escolha do agente desidratante é uma questão complexa. Segundo LENART (1996), as mudanças proporcionadas nas características sensoriais do produto final e o custo são os indicadores básicos para avaliar a possível utilização de uma determinada substância osmótica.

Nos países como o Brasil, onde além da grande variedade de frutas, existe ampla disponibilidade de açúcar-de-cana, a desidratação osmótica apresenta-se como uma alternativa promissora (FALCONE & SUAZO, 1988). A viabilidade do processo depende primordialmente da disponibilidade de açúcar a preço acessível e da possibilidade de poder-se reutilizar os xaropes residuais para outras finalidades (BOLIN *et al.*, 1983).

A cinética do processo é afetada pelo tipo de açúcar. Solutos com alto peso molecular favorecem a perda de água e reduzem a incorporação de sólidos e assim, promovem uma perda maior de peso. Por outro lado os açúcares de baixo peso molecular como a glicose e a frutose, propiciam uma elevada incorporação, em função da alta taxa de penetração nas moléculas (ISLAM & FLINK, 1982; LERICI *et al.*, 1985; HENG *et al.*, 1990; TORREGIANI, 1993).

BOLIN *et al.* (1983), estudaram o efeito de agentes desidratantes, a concentração e a reutilização das soluções após a reconcentração sobre a qualidade final de maçãs, pêssegos e damascos. Diferentes agentes osmóticos, à mesma

concentração, proporcionaram diferentes efeitos na atividade de água dos produtos obtidos. Ao utilizarem xarope de frutose obtiveram valores menores de A_w em comparação com a solução de sacarose na mesma concentração. Os autores explicam que esse fato deve-se a alta taxa de penetração da frutose, em relação à sacarose. O resultado da avaliação sensorial revelou também maior doçura das frutas tratadas com frutose, o que é explicado evidentemente pelo maior grau de doçura deste açúcar. Quanto ao reaproveitamento dos xaropes após a reconcentração, a solução preparada com sacarose proporcionou resultados mais satisfatórios. Em síntese, os autores concluem que a sacarose é mais adequada, baseando-se nos seguintes argumentos: (1) possibilidade da reciclagem por cinco vezes, no mínimo, sem afetar a qualidade; (2) menor absorção por unidade de tempo do que a frutose; (3) melhor aceitação sensorial, em relação a propiciada pela frutose.

A sacarose tem sido largamente utilizada por apresentar baixa taxa de incorporação, estar amplamente disponível, ter sabor compatível com as frutas (FALCONE & SUAZO, 1988), ser eficiente, conveniente e possuir aroma desejável (PONTING *et al.*, 1966; LENART, 1996), inibir a ação da polifenoloxidase ao criar um obstáculo ao contato com o oxigênio na superfície do material, inibindo o escurecimento enzimático (VIDEV *et al.*, 1990; TREGUNNO & GOFF, 1996) e também aumentar a estabilidade dos pigmentos responsáveis pela cor durante o processo e o armazenamento (WELTI *et al.*, 1995). Além da sacarose são comumente utilizadas misturas com a glicose e/ou frutose, onde estes últimos participam geralmente com menor proporção (LERICI *et al.*, 1985).

VIAL *et al.* (1991) observaram que a natureza dos açúcares teve influência desprezível na transferência de massa em trabalho realizado com fatias de kiwi utilizando xarope a 55 e 62°Brix a 30, 40 e 50°C.

I.2.2.2. CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO OSMÓTICA

A transferência de massa é influenciada diretamente pela concentração da solução osmótica (PONTING *et al.*, 1966; HAWKES & FLINK, 1978; RAHMAN & LAMB, 1990; CONTRERAS & SMYRL, 1991; RAOULT-WACK *et al.*, 1992; VALLE *et al.*, 1998; MÚJICA-PAZ *et al.*, 2003).

VIAL *et al.* (1991) constataram maior perda de água com o aumento na temperatura e concentração, no entanto estas variáveis não afetaram o ganho de sólidos, o que também foi constatado por PANAGIOTOU *et al.* (1998).

Em trabalhos realizados por RAOULT-WACK *et al.* (1994) e LENART (1996), foi verificado um efeito interessante dos gradientes de concentração no fluxo da transferência de massa. Observou-se que, em soluções com concentração inicial inferior a 40% predomina a incorporação de solutos nos produtos, enquanto que uma concentração superior a esse percentual, há uma maior taxa de saída de água, ou seja, ocorre a desidratação propriamente dita.

Segundo TALENS *et al.*, (2001) a baixa viscosidade de soluções pouco concentradas e o vácuo pulsante favorecem o efeito hidrodinâmico da entrada da solução, resultando em baixa perda de umidade e longo tempo de processo, o que pode levar à desnaturação das membranas celulares e promover elevado ganho de sólidos.

I.2.2.3. TEMPERATURA

A temperatura afeta diretamente a cinética da desidratação osmótica. Uma elevação na temperatura conduz a uma maior transferência de massa, mas acima de 45° C pode começar a ocorrer o escurecimento enzimático e, em alguns produtos, a

alteração do sabor (PONTING *et al.*, 1966; VIDEV *et al.*, 1990). Com o aumento da temperatura a viscosidade da solução osmótica diminui, e assim o coeficiente de difusão da água torna-se maior (LENART, 1996). Segundo ESCRICHE *et al.*, (2000) a perda de compostos voláteis e outras reações são reduzidas de forma acentuada ao trabalhar-se com temperatura inferiores a 45°C.

VIAL *et al.* (1991), ao estudarem a desidratação osmótica do kiwi, constataram que, em elevada temperatura e alta concentração de açúcar, obteve-se alta taxa de transferência de água, mas não se observou influência na taxa de incorporação do soluto. O processamento a 50°C ou a temperaturas superiores levou a modificações indesejáveis na cor, no conteúdo de ácido ascórbico e de clorofila, o que não ocorreu a 40°C ou menos.

I.2.2.4. TEMPO DE PROCESSO

Existe uma relação direta do tempo de tratamento osmótico com a redução em peso do material (HAWKES & FLINK, 1978; CONTRERAS & SMYRL, 1991; GARROTE & BERTONE 1992). A perda de água geralmente é maior nas primeiras duas horas de processo. Após, a transferência de massa se torna progressivamente menor e a perda de água cessa enquanto o ganho de solutos cresce regularmente. (RAOULT-WACK *et al.*, 1994). Períodos prolongados de imersão resultam numa tendência à acentuada elevação do conteúdo de solutos provenientes da solução infusora. O tempo necessário no processo pode ser geralmente reduzido através da utilização de temperatura mais elevada, ocorrendo por consequência uma diminuição na difusão do soluto e no nível de doçura do produto.

I.2.2.5. AGITAÇÃO

A eficiência do processo de desidratação osmótica é significativamente influenciada pela agitação ou circulação do agente osmótico, visto que se cria uma

diferença de concentração que favorece a remoção de água e em menor grau a incorporação de sólidos. Evita-se assim a formação de uma camada de solução desidratante ao redor do material que torna mais lenta a saída da água (RAOULT-WACK *et al.*, 1992; LAZARIDES & MAVROUDIS, 1995). Contudo, PONTING *et al.* (1966) lembram que é preciso ter a devida precaução para que não ocorram danos ao material a ser desidratado, além da necessidade de levar-se em consideração os custos decorrentes desta implementação.

A agitação tem um efeito maior sobre a difusividade em soluções mais concentradas visto que estas possuem uma viscosidade maior (HAWKES & FLINK, 1978).

I.2.2.6. TAMANHO DO MATERIAL

PONTING *et al.* (1973), afirmam que o efeito das dimensões e o formato do material são de pouca significância para o processo. Entretanto, GIANGIACOMO *et al.* (1987), mencionam que sendo a relação superfície de contato/volume maior, a taxa de desidratação também será maior, sem aumentar significativamente o ganho de sólidos.

I.3. OS TRATAMENTOS COMPLEMENTARES

I.3.1 A SECAGEM

I.3.1.1. ASPECTOS GERAIS

A secagem convencional envolve a aplicação artificial de calor para remover a água de materiais sólidos por evaporação. A circulação de ar aquecido é o

meio mais comum empregado e a convecção é o principal mecanismo envolvido (TRAVAGLINI *et al.*, 1993).

Conforme MASKAN (2000), a crescente resistência de consumidores aos alimentos que contenham aditivos químicos e o aumento da popularidade de produtos secos com boas propriedades de reidratação tem conduzido a um renovado interesse nas operações de secagem. A redução da degradação dos atributos da qualidade tais como a cor, o sabor, a textura, os nutrientes e o encolhimento tem sido o grande alvo nas pesquisas.

Alimentos secos de forma convencional podem ser armazenados e transportados a um custo relativamente baixo. Entretanto os métodos de secagem utilizados podem afetar desfavoravelmente as propriedades sensoriais e o valor nutritivo. Dessa forma, os tratamentos prévios aplicados à matéria-prima são extremamente importantes para a manutenção das características originais (TORREGGIANI, 1993; RAOULT-WACK *et al.*, 1994).

I.3.1.2. PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Segundo LENART (1996), a tendência na utilização da desidratação osmótica como tratamento preliminar está voltada principalmente à possível melhora na qualidade geral da fruta seca, em vez do uso de uma técnica para a remoção da água. A textura é um dos parâmetros mais favorecidos, visto que o tratamento confere efeito protetor à estrutura do produto.

HAWKES & FLINK (1978) verificaram que o aumento no teor de sólidos solúveis em fatias de maçãs pré-concentradas por osmose diminuiu sensivelmente a perda de componentes aromáticos durante a secagem através da liofilização ou por convecção forçada. Em outro trabalho realizado com maçãs QUINTERO-RAMOS *et*

al. (1993) referiram-se a textura macia, sabor característico e coloração normal na comparação com a fruta seca sem o pré-tratamento.

Na avaliação do efeito da pré-secagem osmótica sobre as propriedades reológicas de cubos de maçã com 10mm, secas posteriormente com ar aquecido a 70°C e 1,5m/s, LEWICKI & LUKASZUK (2000) relataram sensível redução do encolhimento em confronto com a amostra seca sem este tratamento preliminar, em virtude do ingresso da solução osmótica com elevada viscosidade que, segundo os autores, também atuou como agente protetor à formação da camada superficial dura, comumente observada nas frutas secas. TORREGGIANI *et al.* (2001) mencionam que, comparativamente a secagem por convecção, a combinação do tratamento prévio com a secagem pode resultar em produtos com maior maciez a baixos valores de atividade de água.

Segundo VALLE *et al.* (1998), a pré-secagem osmótica pode resultar no aumento da relação sólidos solúveis/acidez e na proteção aos pigmentos e alterações que ocorrem no armazenamento. Em trabalho realizado com maçã sob forma de cubos, os autores verificaram um aumento no volume em aproximadamente 50% nas amostras tratadas previamente em solução infusora de sacarose e maltose, em função da substituição dos espaços intercelulares pela solução osmótica que penetra nos poros por capilaridade.

WELTI *et al.* (1995) demonstraram que o tempo na secagem de fatias de manga com ar aquecido pode ser consideravelmente reduzido se a matéria-prima é submetida à prévia concentração osmótica. Por sua vez, RAHMAN & LAMB (1990) citaram que o tratamento prévio proporcionou sensível redução da taxa de remoção de água na secagem de fatias de abacaxi em virtude do elevado conteúdo inicial de sólidos na solução osmótica e/ou ação do próprio soluto no comportamento de adsorção de água, resultando portanto em decréscimo na difusividade da umidade durante a secagem.

Fatias de banana com 10mm foram submetidas a tratamento osmótico durante 6 horas em soluções de sacarose nas concentrações de 35, 50 e 65°Brix e secas com circulação forçada de ar aquecido a 60°C. Avaliaram-se os produtos finais quanto à textura, cor e velocidade de secagem em comparação com a secagem de fatias *in natura*. O aumento no conteúdo de açúcar proveniente da desidratação osmótica resultou em diminuição na taxa de remoção de água durante a secagem. Assim o efeito benéfico da maior perda de água no pré-tratamento, que poderia diminuir o tempo necessário no tratamento complementar, foi perdido em função da reduzida taxa na secagem final. Relativamente a textura e a cor das fatias, o pré-tratamento proporcionou agradável maciez e coloração amarelo-laranja, enquanto que as amostras *in natura* apresentaram excessiva dureza e acentuado escurecimento (SANKAT *et al.*, 1996).

I.3.1.3. REDRATAÇÃO

A quantidade de água absorvida durante a reconstituição de produtos secos exerce influência na aceitação sensorial. As características da reidratação de um produto seco podem ser relacionadas às mudanças físicas e químicas que ocorrem durante a secagem e são influenciadas pelas condições de processo, pré-tratamentos e composição inicial (MASKAN, 2000).

Conforme KROKIDA *et al.* (1999) os tratamentos prévios à secagem, a subsequente secagem e a própria reidratação causam mudanças na estrutura e composição dos tecidos que resultam em prejuízo às propriedades de reconstituição. Este autor cita que a reidratação pode ser considerada como uma medida da injúria que o material sofreu em decorrência da secagem e dos tratamentos que precederam a operação. Na reconstituição dos tecidos das frutas secas ocorrem simultaneamente a absorção de água pelo produto, a expansão e a lixiviação de sólidos solúveis.

Uma redução de até 50% na quantidade de água absorvida é citada por MAZZA (1983) em estudo realizado com rodela de cenoura pré-desidratadas

parcialmente em solução de sacarose a 60°Brix e posterior secagem por convecção a 50°C.

I.3.2 O CONGELAMENTO

I.3.2.1. ASPECTOS GERAIS

Segundo LAZARIDES & MAVROUDIS (1995), as técnicas inadequadas de congelamento que levam à elevada desestruturação celular dos tecidos no congelamento e descongelamento representam um fator crucial para o desenvolvimento do setor de produção de frutas com pequena vida útil. Frutas apresentam normalmente um alto conteúdo de umidade e nesta condição, sua estrutura celular é drasticamente afetada durante os processos comerciais de congelamento e descongelamento, quando ocorre uma notável alteração de volume na sua fração aquosa (RESENDE, 1995).

A qualidade dos produtos congelados está diretamente relacionada às suas alterações sensoriais após o descongelamento. Embora a cor, o sabor e o odor sejam notadamente modificados durante o processamento, a textura é o parâmetro que mais afeta a qualidade sensorial de um alimento descongelado. O amolecimento resultante do descongelamento é geralmente acompanhado por uma liberação de líquido do produto (BARONI, 1997).

A redução na água livre reflete-se em menor ruptura na parede celular e distúrbio no rearranjo dos conteúdos celulares durante o congelamento e por consequência conduz ao decréscimo da exsudação que melhora a aparência, sabor, aroma e comportamento reológico (SUUTARINEN *et al.*, 2000).

I.3.2.2. PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A eliminação parcial da água através da desidratação osmótica complementada pelo congelamento têm sido sugerida por vários pesquisadores como uma alternativa para a diminuição dos custos no processo e para a melhora na qualidade do produto final (PONTING *et al.*, 1966; ANDREOTTI, 1977; RAOULT-WACK *et al.*, 1992; TORREGGIANI, 1993).

A pré-concentração osmótica pode contribuir para a minimização da exsudação no congelamento de frutas e hortaliças, principalmente para as de elevado teor de umidade. A diminuição do líquido exsudado será proporcional ao tempo de osmose (LAZARIDES & MAVROUDIS, 1995). A remoção parcial da água das frutas preliminarmente ao congelamento acarreta a concentração dos componentes citoplasmáticos dentro das células, a diminuição do ponto de congelamento e a microcristalização (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001).

Os cristais formados durante o congelamento de vegetais causam ruptura na membrana das células, afetando negativamente a textura após o descongelamento. A remoção parcial da água provoca uma compactação das células e aumento da concentração do fluido intracelular, colaborando para que o produto fique menos susceptível à ruptura. Ocorre também uma diminuição da migração de água para fora das células que resulta na formação de cristais de gelo. A desidratação por imersão em soluções concentradas constitui-se numa alternativa a ser considerada, uma vez que aumenta a concentração de sólidos solúveis do produto, devido à saída da água e agregação parcial do soluto ao produto (BOLIN & HUXOL, 1993). Estes autores trabalharam com pêras em pedaços e observaram ser necessária uma perda de peso na faixa 20-30% durante a desidratação osmótica, para obter-se adequada firmeza após o descongelamento.

ANDREOTTI *et al.* (1985) destacaram os efeitos positivos que a imersão em solução osmótica a 60° Brix por 24 horas proporcionou no sabor e consistência de pêssegos congelados. TALENS *et al.*, (2001) citam que fatias de kiwi tratadas a 65° Brix apresentaram maior firmeza e após o descongelamento revelaram uma intensa coloração esverdeada no final. As amostras tratadas a 35 e 45° Brix e com vácuo pulsante apresentaram elevado grau de exsudação.

I.3.2.3. MÉTODOS DE CONGELAMENTO

Vários mecanismos estão envolvidos nos danos físicos acarretados à membrana celular em consequência do congelamento. Os cristais de gelo formados nos espaços inter e intra-celulares são governados pelas condições de congelamento (SHOMER *et al.*, 1998).

TOMASICCHIO & ANDREOTTI (1990) avaliaram o efeito do congelamento sobre fatias de manga previamente submetidas a uma desidratação parcial em níveis de 50% de redução de peso. O congelamento foi feito a -40° C com circulação forçada de ar, sendo o produto estocado a -25° C por 3 meses. A desidratação parcial revelou-se num fator positivo para a preservação das características sensoriais de fatias de manga. TREGUNO & GOFF (1996), em trabalho semelhante verificaram que a presença dos açúcares incorporados durante a pré-concentração osmótica, aumentou a firmeza das fatias após o descongelamento em comparação às amostras não tratadas. A avaliação por microscopia eletrônica de varredura revelou que os solutos atuam como crioprotetores das células durante o congelamento e descongelamento, favorecendo a manutenção da integridade da membrana celular, de fundamental importância para a textura do produto final.

Estudos com rodela de maçãs foram realizados por STERLING (1968). Amostras foram congeladas em soluções de cloreto de sódio, etanol, glicerol, sorbitol e em nitrogênio líquido, obtendo-se diferentes velocidades de congelamento. Após as amostras foram descongeladas, examinadas ao microscópio e avaliadas quanto a

resistência à compressão. Verificou-se que no congelamento lento os cristais de gelo separaram, esmagaram e romperam as paredes celulares, produzindo cisões radiais nos tecidos, o que resultou em firmeza acentuadamente inferior em comparação às fatias *in natura*. Por sua vez, no congelamento rápido evidenciou-se a preservação do tamanho e da parede celular em razão da pequena distorção e separação nos tecidos.

RESENDE (1995) estudou a influência de diferentes níveis de pré-secagem combinados com três velocidades de congelamento em manga das variedades *Keitt*, *Tommy Atkins* e *Haden*, quantificando as alterações de qualidade dos produtos posteriormente ao descongelamento. Foi observada uma sensível redução nos valores da exsudação para níveis até 30% de água previamente removida, em todas as variedades estudadas. Avaliações subjetivas também mostraram significativas melhorias na textura das fatias quando comparadas com fatias *in natura* submetidas aos mesmos processos de congelamento. A velocidade de congelamento não apresentou efeito significativo para as amostras em que se efetuou a pré-secagem em níveis superiores a 20% de água removida.

Um estudo sobre o efeito da velocidade de congelamento nas características mecânicas e microestruturais em mirtilo e amora silvestre foi realizado por MARTÍ & AGUILERA (1991). Três métodos foram avaliados: congelamento em ar estático a $-23\pm 2^{\circ}\text{C}$, congelamento por contato em placas de aço inoxidável a -50°C e congelamento através de imersão em nitrogênio líquido utilizando-se um recipiente perfurado de malha fina, obtendo-se uma velocidade de congelamento na razão 1:5:15 respectivamente. Não foram verificadas diferenças no volume exsudado de mirtilos congelados em nitrogênio líquido ou em placas, no entanto o congelamento em ar estático proporcionou diferença significativa em comparação a estes dois métodos. Em amoras foi observada menor exsudação e maior firmeza na textura quando congeladas em nitrogênio líquido. Estudos histológicos demonstraram que os danos estruturais estão diretamente relacionados com o método de congelamento, sendo que os métodos rápidos praticamente não causaram danos às paredes celulares e por outro lado o congelamento lento ocasionou danos significativos às

células, os quais mostraram-se visivelmente relacionados com os resultados encontrados para a textura e quantidade do líquido exsudado.

I.3.3 A LIOFILIZAÇÃO

I.3.3.1. ASPECTOS GERAIS

Entre os métodos de secagem conhecidos, a liofilização destaca-se por possibilitar a obtenção de produtos com elevada qualidade, relacionada à estrutura rígida causada pelo congelamento prévio a sublimação. Esta rigidez previne o colapso da matriz sólida remanescente após o processo. O resultado é uma estrutura porosa não encolhida que facilita a rápida e quase completa reidratação (LIAPIS & BRUTTINI, 1994).

Através da liofilização consegue-se evitar os problemas decorrentes dos métodos clássicos de secagem como o encolhimento, migração de solutos, escurecimento e pequena capacidade de reidratação (GENIN & RENÉ, 1996). Também as reações químicas e/ou enzimáticas, a perda de componentes aromáticos e a degradação de vitaminas são extremamente limitadas (HAMMAMI & RENÉ, 1997).

Apesar da elevada qualidade final dos produtos alimentares liofilizados, a aplicação industrial do processo é bastante limitada, basicamente em função do elevado custo operacional decorrente da sua duração prolongada (HAMMAMI & RENÉ, 1997; RATTI, 2001). Além disso, no acondicionamento requer-se embalagens opacas e herméticas e enchimento com gás seco inerte livre de oxigênio e vapor de água, para evitar-se a oxidação e a absorção de umidade pelos produtos (LIAPIS & BRUTTINI, 1994).

I.3.3.2. PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Fatias de maçã com 4mm de espessura foram submetidas a prévia concentração osmótica por HAWKES & FLINK (1978). A solução osmótica constituiu-se de xarope sacarose a 60º Brix durante 4 horas a temperatura ambiente em sistema fechado com circulação do xarope sobre a fruta. As fatias, contendo 36% de sólidos, foram congeladas a -20º C e liofilizadas a 13,33Pa por 48 horas aproximadamente. As fatias tratadas apresentaram médias 7,5 e 7,0 respectivamente para o sabor e textura na análise sensorial utilizando escala hedônica de 9 pontos. Os autores salientaram que a incorporação de sólidos na etapa preliminar contribuiu sensivelmente para a elevada retenção de componentes voláteis.

LERICI *et al.* (1977) também avaliaram maçã sob forma de cubos com 10mm. Utilizou-se no tratamento prévio solução osmótica de sacarose de 60º Brix a 45º C durante 4 horas, resultando em cubos com 23% de sólidos totais e 50% de redução na umidade. O congelamento ocorreu a -50º C e durante a liofilização realizaram-se pesagens a cada duas horas. Obteve-se redução de 10% no tempo de processo, entretanto os cubos apresentaram menor capacidade de reidratação, ao compará-los com os liofilizados sem o tratamento prévio.

Através de um processo combinado da desidratação osmótica e liofilização complementada com acondicionamento termoplástico, YANG *et al.* (1987) desenvolveram um produto tipo passa a partir de frutas frescas de mirtilo. Açúcar seco e fruta foram misturados nas proporções 1:2, 1:3 e 1:4 e colocados em repouso por 24 horas, congelados em túnel a -40º C, liofilizados a pressão de 1,33-3,33kPa até alcançar-se 16% de umidade e liberação da pressão abruptamente para ocorrer o encolhimento e enrugamento, seguido de aquecimento a 90º C por 10 minutos. Os produtos das proporções 1:3 e 1:4 apresentaram boa aceitação global, destacando-se o sabor e a textura na avaliação sensorial. O estudo da vida-de-prateleira revelou um período de 16 meses em armazenamento a 25º C.

I.3.3.3. MÉTODOS DE CONGELAMENTO

Segundo HAMMAMI & RENÉ (1997), o principal interesse dos trabalhos de pesquisa tem sido voltado a estudos para verificação da influência das condições de processo no tempo necessário à liofilização. Entre essas condições inserem-se os diferentes métodos de congelamento que se traduzem em diferentes velocidades de congelamento.

Os efeitos benéficos do congelamento rápido nas propriedades dos alimentos após o descongelamento são extensamente conhecidos, em virtude da formação de cristais pequenos que afetam de forma menos drástica a estrutura dos produtos. No entanto, nos estudos disponibilizados pela literatura, são encontradas divergências quanto aos efeitos de diferentes métodos de congelamento no tempo necessário à liofilização e parâmetros de qualidade como a capacidade de reidratação e a textura.

Após o congelamento, previamente a sublimação, a água a ser removida encontra-se separada dos solutos (LIAPIS & BRUTTINI, 1994). O tamanho, a forma e a distribuição dos poros formados durante a sublimação da água congelada são dependentes do tamanho dos cristais de gelo formados durante a fase de congelamento. Esta relação é de extrema importância porque a taxa de transferência de massa poderá ser influenciada de forma significativa pela estrutura porosa na camada superficial. Segundo os autores, cristais de gelo pequenos e descontínuos poderão limitar a remoção da massa do vapor de água e por outro lado cristais grandes e homogêneos poderão contribuir para a diminuição no tempo de processo na liofilização.

De acordo com HAMMAMI & RENÉ (1997), a taxa de congelamento afeta primeiramente o tamanho dos cristais de gelo e conseqüentemente a porosidade final do produto liofilizado. Com base no princípio da transferência de massa, poderia-se deduzir que quanto maior for o tamanho dos poros, mais facilmente o vapor de água

poderia ser removido do produto. Assim, o congelamento lento que propicia a formação de grandes cristais de gelo poderia conseqüentemente conduzir a tempos menores de liofilização. Na prática, entretanto esta suposição não se confirma para todos os produtos, visto que estes mesmos autores em estudo realizado com morangos submetidos à congelamento com variação entre -20 e -80°C, não detectaram diferenças significativas no tempo necessário ao processo e nem na capacidade de reidratação e qualidade sensorial, avaliada através da textura, cor e aparência. Da mesma forma GENIN & RENÉ (1996), ao trabalharem na mesma faixa de temperatura também não encontraram diferenças significativas no tempo necessário à liofilização e na aparência e textura de abóboras liofilizadas.

PÄÄKKÖNEN & MATTILA (1991) compararam os efeitos do congelamento lento em câmara com ar frio forçado a -40°C e rápido através de imersão em nitrogênio líquido na qualidade final de morangos liofilizados. Os frutos liofilizados foram acondicionados em vidros após o processo e estocados a 23°C durante 12 meses. Testes sensoriais realizados a cada três meses revelaram que morangos congelados de forma lenta previamente à liofilização receberam, em geral, notas superiores nas avaliações ao longo do período. MALTINI & GIANGIACOMO (1976) obtiveram resultados semelhantes com bananas em polpa e fatias, onde esses produtos apresentaram maior capacidade de reidratação quando adotou-se velocidade lenta no congelamento.

Por outro lado RAMAMURTHY & BONGIRWAR (1979) ao avaliarem três métodos diferentes no congelamento de fatias de manga: lento em *freezer* à -20°C, congelamento rápido em placas de contato a -40°C e congelamento ultrarrápido em nitrogênio líquido à -196°C, verificaram que o aumento na taxa de congelamento resultou em maior capacidade de reidratação do produto após a liofilização e na melhora das propriedades sensoriais, com destaque para a textura. Também FANG *et al.* (1971) detectaram textura mais firme e melhor qualidade geral após a reidratação quando adotou-se o congelamento rápido na liofilização de cogumelos.

I.3.4 A PASTEURIZAÇÃO

I.3.4.1. ASPECTOS GERAIS

O envase de fatias de kiwi em calda na forma convencional resulta em acentuadas alterações na sua aparência e sabor originais (CANO & MARÍN, 1992). No entanto o produto ainda pode ser considerado bastante aceitável do ponto de vista sensorial (BEUTEL *et al.*, 1976).

I.3.4.2. PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Segundo SILVEIRA *et al.* (1984) a pré-secagem osmótica viabiliza o aproveitamento de frutas com acidez demasiadamente elevada, tornando o produto final mais aceitável do ponto de vista sensorial.

Uma combinação da pré-secagem osmótica seguida de tratamento térmico no enlatamento de pêssegos, estudada por ANDREOTTI *et al.* (1985), revelou que nas amostras pré-concentradas até 20 – 24° Brx, o aroma natural foi realçado, a cor e a textura mantiveram-se estáveis e obteve-se maior capacidade de enchimento em função da diminuição do volume e aumento do peso específico.

SHARMA *et al.* (1991) estudaram o osmo-enlatamento de maçãs. Rodelas com 13mm de espessura foram imersas em solução osmótica a 70% de açúcar na relação 1:3 por ½ ou 1, 2 e 3 horas a 50° C em sistema estático e enlatadas com líquido de cobertura a 35° Brix, adotando-se parâmetros convencionais de envase. Nas análises realizadas após dois meses de equilíbrio foi constatado aumento no peso drenado das rodelas e diminuição no volume, em comparação a amostra enlatada sem tratamento prévio, fatores estes atribuídos à reconstituição ocorrida durante a estocagem. Os problemas comumente encontrados em frutas em calda

como ruptura do tecido e elevada turbidez da calda não foram observados nas amostras tratadas, ao contrário do que foi verificado na amostra controle.

Três variedades de ameixas foram avaliadas quanto aos efeitos da desidratação osmótica preliminarmente ao enlatamento por SHARMA & LAL (1999). Frutas imersas em solução de sacarose a 70º Brix a 50º C durante 0,5, 1 e 2 horas foram enlatadas em calda a 35º Brix., sendo analisadas comparativamente a ameixas enlatadas sem o tratamento prévio e ameixas enlatadas contendo 500mg/1000g de CaCl₂ na calda, ambas também a 35º Brix. Os atributos cor, sabor e textura foram analisados por equipe treinada constituída de 7 provadores utilizando escala hedônica de 9 pontos. A amostra pré-tratada por 1 hora obteve a melhor aceitação nos três atributos. Neste trabalho, os autores ressaltaram o fato do tratamento osmótico ter sido mais eficiente que a adição de CaCl₂ como tratamento preventivo ao amolecimento excessivo e a desintegração dos tecidos durante o processamento, além de ter proporcionado aumento no seu peso drenado.

Em experimento realizado por FERREIRA *et al.* (2000), os resultados da avaliação sensorial utilizando escala de 5 pontos (“desgostei” à “gostei extremamente”) indicaram melhora na cor e no sabor de damascos submetidos a desidratação osmótica e envasados em vidros, em comparação ao envase tradicional.

I.3.4.3. APROVEITAMENTO DO XAROPE

Desde o trabalho pioneiro de PONTING *et al.* (1966) inúmeros estudos tem sido realizados, conduzido a importantes avanços no conhecimento do processo da desidratação osmótica, que estão sendo aplicados em ampla variedade de produtos. O efeito dos parâmetros de processo na transferência de massa e qualidade do produto final também foram profundamente estudados. No entanto, a sua aplicação em larga escala é ainda limitado porque o aproveitamento do xarope residual não foi devidamente otimizado (VALDEZ-FRAGOSO & MÚJICA-PAZ, 2002).

Apesar do aumento do conteúdo de água no xarope, a desidratação osmótica promove o enriquecimento das soluções osmóticas com a incorporação de componentes naturais solúveis em água provenientes das frutas, tais como as vitaminas e minerais. Por esta razão, o seu aproveitamento para a obtenção de novos produtos alimentares constitui-se numa alternativa a ser investigada (GARCIA-MARTINEZ *et al.*, 2003).

Alguns estudos tem sido realizados com o objetivo de avaliar a reutilização do xarope em processamentos subseqüentes (GARCIA-MARTINEZ *et al.*, 2002; VALDEZ-FRAGOSO *et al.*, 2002; ANGELINI, R., 2003). Outra possibilidade do ponto de vista econômico do processo reside no seu aproveitamento como líquido de cobertura no envase de frutas em calda (HUXOLL, 1982; SHARMA *et al.* 1991).

SILVEIRA *et al.* (1984) constataram que a utilização do xarope resultante da desidratação osmótica no processamento de ameixas em calda é viável do ponto de vista tecnológico. Os autores verificaram que não houve alteração nas qualidades sensoriais, em relação à ameixas processadas com calda recém-preparada.

Em experimento realizado por CÁRDENAS (1996) *apud* MONTOYA & QUINTERO (1999), foram comparadas as características sensoriais de conservas de abacaxi em calda preparadas com pedaços da fruta *in natura* e pedaços submetidos à previa imersão em solução osmótica combinados com líquido de cobertura recém-preparado e líquido derivado do tratamento osmótico. A conserva resultante da combinação de pedaços *in natura* x calda proveniente da solução osmótica apresentou a melhor aceitabilidade geral.

I.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, T.; LOPES, V. Um fruto exótico. **Alimentar**, Lisboa, ano 8, n. 35, p. 49-52, 1993.

ANDREOTTI, R. La conservazione degli alimenti mediante deidrocongelazione. **Industria Conserve**, Parma, v. 52, n. 1, p. 37-45, 1977.

ANDREOTTI, R.; TOMASICHIO, M.; DE GIORGI, A.; PALAMAS, D. Conservazioni di pesche parzialmente desidratate per osmosi diretta. **Indústria Conserve**, Parma, v. 60, n. 1, p. 96-98, 1985.

ANGELINI, R. **Desidratação osmótica de kiwi (*Actinidia deliciosa L*): estudo da reutilização da solução osmótica**. Campinas, 2002. 66p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BARONI, A. F. **Semi-desidratação congelamento e semi-desidratação secagem de cebola (*Allium cepa L.*)**. Campinas, 1997, 94p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BEUTEL, J. A.; WINTER, F. H.; MANNERS, S. C.; MILLER, M. W. A new crop for California: Kiwifruit. **California Agriculture**, California, v. n. 10, p. 5-7, 1976.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C.; JACKSON, R.; Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 2, p. 202-205, 1983.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. **Journal of food science**, Chicago, v. 58, n. 2, p. 357-360, 1993.

BORSATTO, I. Kiwi, *Actinidia deliciosa* – A fruta da saúde. **Bol. da Sec. Agr. e Abst. do RS**. Farroupilha, 11p. 1991.

CANO, M. P.; MARÍN, M. A. Pigment composition and color of frozen and canned kiwi fruit slices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 11, p. 2141-2146, 1992.

CASTALDO, D.; VOI, A. L.; TRIFIRO, A.; GHERARDI, S. Composition of italian kiwi (*Actinidia chinensis*) puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 4, p. 594-598, 1992.

CONTRERAS, J. E.; SMYRL, T. G. An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 14, n.4, p. 310-314, 1991.

DUCROQUET, J. P. H. J. Actinidia da China: um fruto exótico. **Boletim técnico da EMPASC** – Série Fruteiras, Florianópolis, n. 2, 10p, 1977.

FALCONE, M. A.; SUAZO, C. A. T. Desidratação osmótica do abacaxi (*Ananas comosus*, (L.) Merrill) Parte I: Influência da temperatura e concentração do xarope sobre a velocidade de secagem, **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1/2 p. 17-35, jan/jun, 1988.

FANG, T. T.; FOOTRAKUL, P.; LUH, B. S. Effects of branching chemical treatments and freezing methods on quality of freeze-dried mushrooms. **Journal of Food Science**. Chicago, V. 36, p. 1044-1048, 1971.

FERGUSON, A. R.; BOLLARD, E.G. Domestication of the kiwifruit. In: WARRINGTON, I. F.; WESTON, G. C. **Kiwifruit: Science and Management**. Auckland: Horticultural Science, p. 165-246, 1990.

FERREIRA, A.; SAPATA, M. M.; LEITÃO, E. B.; BRONZE, M. R.; CURADO, T.; ANDRADA, L.; ANTUNES, C.; FRAGA, A. M.; CANDEIAS, M. Influence of “combined” osmotic dehydration processes on quality of apricots. In: **12 th International Drying Symposium**, Noordwijkelhout: Elsevier Science B.V., 2000. Paper n° 146. CD-ROM produzido por Elsevier Science.

GARCIA-MARTÍNEZ, E.; MARTÍNEZ-MONZÓ. J.; CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Characterisation of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. **Food Research International**, London, v. 35, p. 307-313, 2002.

GARCIA-MARTÍNEZ, E.; ARASA, E.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Estúdio de armazenamento de um producto geleificado elaborado com kiwi deshidratado osmoticamente

<http://www.google.com/search?q=cache:9BLWtcC:cesia2002.udl.es/tc/TE-26.pdf+kiwi+tecnologia+ind%C3Bastria&hl=pt&ie=UTF-8>>. Acesso em 13/01/2003.

GARROTE, R. L.; BERTONE, R. A. Osmotic concentration at 50°C of pear and apple cubes and strawberry halves. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 15, n. 6, p. 133-138, 1992.

GENIN, N.; RENÉ, F. Influence of freezing rate and the ripeness state of fresh courgette on the quality of freeze-dried products and freeze-drying time. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 201-209, 1996.

GINGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit. Part 1: sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 11, n. 3, p. 183-195, 1987.

HAMMAMI, C.; RENÉ, F. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 32, n. 2 p. 133- 154, 1997.

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.

HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 10, n. 3, p. 831-848, 1990.

HERRMANN, K. Über die inhaltsstoffe, die qualität und die tiefgefrierprodukte von kiwis. **Die Industrielle Obst-und Gemüseverwertung**, Hannover, v. 5, p. 170-174, 1994.

HUXSOLL, C. C. Reducing the refrigeration load by partial concentration of foods prior to freezing. **Food Technology**, Chicago, v.36, n.5, p. 98-102, 1982.

ISLAM, M. N.; FLINK, L. N. Dehydration of potato. II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. **Journal Food Technology**, London, v. 60, n. 4, p. 826-828, 1982.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. Drying of fruits and vegetables In: **Handbook of Industrial Drying**. 2. ed. v. 1, Cap. 21, p. 643-689, 1994.

JUNQUEIRA, P. Fisiologia pós-colheita do kiwi. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DA CULTURA DO KIWI, 1994, Farroupilha. **Anais**. p. 17-23, 1994.

KASTER, L. C. A situação da cultura do kiwi no Brasil. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DA CULTURA DO KIWI, 1994, Farroupilha. **Anais**. Farroupilha: Embrapa, 1994. p. 1-2.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B. Viscoelastic behaviour of dehydrated products during rehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 269-277, 1999.

LAZARIDES, H. N.; MAVROUDIS, N. E. Freeze/thaw effects on mass transfer rates during osmotic dehydration. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 826-857, 1995.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, Monticello, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

LERICI, C. R.; PEPE, M.; PINNAVAIA, G. La desidratazione della frutta mediante osmosi diretta **Industrie Conserve**, Parma, v. 52, n. 2, p. 125-129, 1997.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n.5, p. 1217-1219, 1985.

LEWICKI, P. P.; LUKASZUK, A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 119-126, 2000.

LI, B.; SUN, D. W. Novel methods for rapid and thawing of foods – a review. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 54, 175-182, 2002.

LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R. Freeze drying. In: **Handbook of Industrial Drying**, 2.ed., v. 1, Cap. 10, p. 309-343, 1994.

LODGE, N.; ROBERTSON, G. L. Processing of kiwifruit. In: WARRINGTON, I. J.; WESTON, G. C. **Kiwifruit: Science and Management**, New Zealand Society for Horticultural Science, Chap. 17, p. 460-483, 1990.

MALTINI, E.; GIANGIACOMO, R. Aspetti tecnici della liofilizzazione delle fragole e delle banane. **Industrie Alimentari**, Parma, v. 15 , n. 6, p. 49-55, 1976.

MARTÍ, J.; AGUILLERA, J. M. Efecto de la velocidad de congelación en las características mecánicas y microestructurales del arándano y de la mora silvestre. **Revista Agroquímica de Tecnología Alimentar**, Santiago, v. 31, n. 4, p. 493-504, 1991.

MASKAN, M. Dryng, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave dryng. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.48, p.177-182, 2000.

MATTIUZ, B. **Enraizamento de estacas de kiwi (Actinidia deliciosa A. Chev.)**. Pelotas, 1995, 94p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas.

MAZZA, G.; LEMAGUER, M. Dehydration of carrots: effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. **Journal of Food Technology**, London, v. 18, n. 1, p. 113-123, 1983.

MONTOYA, J. E. Z.; QUINTERO, G. C. Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. **Revista da Faculdade Nacional de Agronomia**, Medellín, v. 52, n. 1, p. 451-466, 1999.

MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 57, p. 305-314, 2003.

PÄÄKKÖNEN, K.; MATTILA, M. Processing, packaging, and storage effects on quality of freeze-dried strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 5, p. 1388-1392, 1991.

PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 267-284, 1998.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 56, n. 2 p. 97- 103, 2002.

PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, Chicago, v. 20, n. 10, p. 1365-1368, mar., 1966.

PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits. Recent modifications and applications. **Process Biochemistry**, London, v. 18, n. 12, p. 18-20, dec., 1973.

QUINTERO-RAMOS, A.; DE LA VEGA, C.; HERNÁNDEZ, E.; ANZALDÚA-MORALES, A. Effect of the conditions of osmotic treatment on the quality of dried apple dices. **AIChE Symposium Series**, New York v. 89, n. 297, p. 108-113, 1993.

RAHMAN, M. S.; LAMB, J. Osmotic dehydration of pineapple. **Journal of Food Science and Technology**, Glasgow, v. 27, n. 3, p. 150-152, 1990.

RAMAMURTHY, M. S.; BONGIRWAR, D. R. Effect of freezing methods on the quality of freeze dried *Alphonso mangoes*. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 234-236, nov./dec, 1979.

RAOULT-WACK, A. L.; LAFONT, F.; RIOS, G.; GUILBERTS, S. Osmotic dehydration: study of mass transfer in terms of engineering properties. In: MUJUNDAR, A.; ROQUES, M. A. **Drying of Solids**, New York: Hemisphere, Publishing Company, 1989, p. 487-495.

RAOULT-WACK, A.; L.; LENART, A.; GUILBERTS, S. Recent advances in dewatering through immersion in concentrated solutions. In: Drying of solids, ed. A. S. **Mujumdar International Science**, New York, p. 211-251, 1992.

RAOUL-WACK, A. L.; RIOS, G.; SAUREL, R.; GIROUX, F.; GUILBERT, S. Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, Ottawa, v. 27, n. 2, p. 207-209, 1994.

RATHORE, D. S.; Propagation of Chinese gooseberry from stem cutting. **Indian Journal Horticulturae**, Bangalore, v. 11, n. 2, 237-239, 1994.

RATTI, C. Hot air and freeze-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 311-319, 2001.

RESENDE, E. D. **Estudo da conservação de fatias de manga utilizando técnicas combinadas: pré-secagem e congelamento**. Campinas, 1995, 85p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SALE, P. **Kiwifruit culture**. Wellington, New Zealand: GP Books, 94p, 1985.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F.; MAHARAJ, R. The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 123-135, 1996.

SANTOS A. M. Kiwi no Brasil: um cultivo que requer cautela. **Hortisul**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 36-40, 1989.

SAQUET, A. A.; BRACKMANN, A. A cultura do kiwi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 177-182, 1995.

SCHUCK, E. Cultivares de kiwi. **Agropecuária Catarinense**, v. 5, n. 4, p. 9-12, dez., 1992.

SHARMA, R. C.; JOSHI, S. K.; CHAUHAN, S. K.; CHOPRA, S. K.; LAL, B. B. Application of osmosis-osmo-canning of apple rings. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 86-88, 1991.

SHARMA, K. D.; LAL, B. B. Effect of partial osmotic dehydration prior to canning on drained weight and quality of three varieties of plum. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 136-138, 1999.

SHI, X. Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **Food Research International**, Ottawa, v. 28, p. 445-454, 1995.

SHOMER, I.; NEORI, H. B.; LUZKI, B.; MERIN, U. Morphological, structural and membrane change in frozen tissues of madjhoul date (*Phoenix dactylifera L.*) fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 207-215, 1998.

SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; MORI, E. E. M.; FIGUEIREDO, I. B. Secagem de ameixa cultivar carmesim III. Efeito da pré-secagem osmótica nas características organolépticas do produto final. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 239-256, 1984.

SIMONETTO, P. R.; GRELLMANN, E. O. Cultivares de kiwi com potencial de produção na região da serra do nordeste do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária**, Veranópolis, n. 7, 7p. 1998.

SOUZA, P. V. D.; MARODIN, G. A. B.; BARRADAS, C. I. N. **Cultura do quivi**. Porto Alegre. Cinco Continentes, 1996. 104p.

STERLING, C. Effect of low temperature on structure and firmness of apple tissue. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 6, p. 577-580, 1968.

SUUTARINEN, J.; HEISKA, K.; MOSS, P.; AUTIO, K. The effects of calcium chloride and sucrose pre-freezing treatments on the structure of strawberry tissues. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 33, n. 2, p. 89-102, 2000.

TALENS, P.; ESCRICHE, I.; MARTÍNES-NAVARRETE, CHIRALT, A. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. **Food Research International**, Ottawa, v. 36, p. 635-642, 2003.

TOMASICCHIO, M.; ANDREOTTI, R. Studio sul deidrocongelamento del mango. **Industria Conserve**, Parma, v. 65, n. 2, p. 127-130, apr., 1990.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, London, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

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

TRAVAGLINI, D. A.; NETO, M. P.; BLEINROTH, E. W. ; LEITÃO, M. F. F. Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial. **Manual Técnico do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas: n. 12, 73p. 1993.

TREGUNNO, N. B.; GOFF, H. D. Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects. **Food Research International**, London, v. 29, n. 5-6, p. 471-479, 1996.

VALDEZ-FRAGOSO, A; MUJICA-PAZ, H. Reuse of sucrose in pilot-scale osmotic dehydration of apples cubes. **Journal of Food Processing Engineering**, Trumbull, v.25, p. 125-139, 2002.

VALLE, J. L.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 191-204, 1998.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 11, n.1, p. 63-84, 1991.

VIDEV, K.; TANCHEV, S.; SHARMA, R. C.; JOSHI, V. K. Effect of sugar syrup concentration and temperature on the rate of osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 27, n. 5, p. 307-308, 1990.

WELTI, J. PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BALSEIRA, A. Osmotic concentration: drying of mango slices. **Drying Technology**, Monticello, v. 13, n. 1/2, p. 405-416, 1995.

YANG, A. P. P.; WILLS, C.; YANG, T. C. S. Use of a combination process of osmotic dehydration and freeze-drying to produce a raisin-type lowbush blueberry product. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1651-1664, 1987.

ZENI, E. **Análise da viabilidade do kiwi em Farroupilha**. Centro de Ciências Sociais Aplicadas da UCS. Caxias do Sul, 1991, 48p.

ZUCCHERELLI, G.& ZUCCHERELLI, G. **La Actinidia (kiwi)**. Madrid: Mundi-Prensa, 228p, 1987.

**CAPÍTULO II. CARACTERIZAÇÃO DA PRÉ-SECAGEM
OSMÓTICA DE KIWI**

RESUMO

O kiwi é um fruto apreciado pelo seu sabor característico e considerável valor nutritivo. O seu aproveitamento através do processamento convencional tem sido limitado em razão das drásticas alterações físico-químicas e sensoriais. No presente trabalho procurou-se avaliar a pré-secagem osmótica de fatias de kiwi com 10-11mm de espessura sob condições de processo pré-estabelecidas: imersas em solução de sacarose a 65% a 40°C por 15, 60, 120, 180 e 240 minutos com agitação em *shaker* a 75 oscilações horizontais e amplitude de 1cm, utilizando fruta em solução de sacarose na proporção de 1:4. Os resultados da transferência de massa revelaram ao final de 4 horas perda de umidade e de peso respectivamente de 36.06 e 30.78% enquanto o ganho de sólidos foi de 5.28%. A concentração dos pigmentos não hidrossolúveis de clorofila resultou em intensificação da cor esverdeada. As determinações da força máxima de ruptura indicaram amolecimento das fatias no início do processo em virtude do enfraquecimento da estrutura dos tecidos e aumento da firmeza após 2 horas em decorrência do ingresso de açúcares e maior resistência superficial. A perda de ácido ascórbico representou um terço do conteúdo inicial. Na análise sensorial verificou-se que a condição correspondente a pré-secagem osmótica por duas horas em solução de sacarose a 65°Brix a 40°Cduas horas de processo resultou no produto com a qualidade sensorial mais aceita, constituindo-se na condição mais indicada para a avaliação de processos complementares.

Capítulo II

SUMMARY

Kiwi is a fruit appreciated for its characteristic flavour and considerable nutritive value, but its exploitation by conventional processing methods has been limited as a result of the drastic physico-chemical and sensory alterations caused by these processes. This study aimed at characterising the osmotic dehydration of 10-11mm thick kiwi slices using the following pre-established processing conditions: immersion in a 65% sucrose solution at 40°C for 15, 60, 120, 180 and 240 minutes with constant agitation in a shaker at 75 horizontal oscillations/min. with an amplitude of 1cm. The proportion of fruit to solution was 1:4. At the end of 4 hours, the mass transfer results showed a moisture loss of 36.06% and weight loss of 30.78%, whilst the gain in solids was only 5.28%. The concentration of non-water soluble chlorophyll pigments resulted in an intensification of the green colour. The determination of maximum breaking strength indicated a softening of the slices at the beginning of the process due to weakening of the tissue structure, followed by an increase in firmness after 2 hours due to the intake of sugar and greater surface resistance. The loss of ascorbic acid represented one third of the original amount. The most acceptable sensory quality was that corresponding to two hours of process, this result being later considered in the study on complementary treatments.

Capítulo II

II.1. INTRODUÇÃO

A maioria das pesquisas pós-colheita realizadas até o momento com kiwi foram direcionadas à conservação pelo frio, refrigerada ou congelada. Esse fato deve-se à elevada susceptibilidade deste fruto a alterações indesejáveis que decorrem da sua exposição ao aquecimento, em alguma etapa da sua transformação. Entre essas alterações, destaca-se a perda da sua atrativa cor verde brilhante, que exerce decisiva influência para a aceitação do produto pelo consumidor. Além desse aspecto, o aquecimento pode conduzir a acentuadas modificações em sua textura, aroma e sabor. Não menos importante é o teor final de vitamina C, um dos componentes nutricionais mais importantes do fruto, que pode ser drasticamente afetado.

Na tecnologia de conservação de frutas, têm-se verificado ultimamente um crescente interesse pela pré-secagem osmótica, o que é compreensível e justificável, visto que vários trabalhos fazem referência a dois aspectos benéficos extremamente importantes do ponto de vista industrial, advindos da sua utilização, que são: a possível melhora da qualidade global dos produtos finais (PONTING *et al.*, 1966; DIXON & JEN, 1977; HENG *et al.*, 1990) e a comprovada economia de energia (LEWICKI & LENART, 1992; PANAGIOTOU *et al.*, 1998).

Inicialmente muitos estudos realizados com pré-secagem osmótica de frutas tiveram seu enfoque voltado à aplicação da técnica objetivando a remoção massiva da água. No entanto, gradativamente aumentou a preocupação paralela com a manutenção das características originais do fruto.

Na última década, em países onde o cultivo de kiwi desenvolveu-se rapidamente, vários trabalhos de desidratação osmótica foram realizados buscando alternativas de aproveitamento dos excedentes, seja como produto para o consumo direto da fruta na forma minimamente processada (BRESSA *et al.*, 1997; LEUNDA *et al.*, 2000) ou como produto destinado a um processo complementar convencional.

Quando a desidratação osmótica é realizada a temperaturas inferiores a 45°C, a perda de componentes voláteis e outras reações de deterioração são visivelmente reduzidas (ESCRICHE *et al.*, 2000).

VIAL *et al.* (1991) realizaram estudos com pré-secagem osmótica de fatias de kiwi utilizando um sistema com leve agitação a pressão ambiente, soluções osmóticas a 55 e 62°Brix, preparadas com sacarose, glicose e sacarose+açúcar invertido a 30, 40 e 50°C. Observaram que a natureza dos açúcares teve influência desprezível na transferência de massa. Acentuadas modificações na cor, conteúdo de ácido ascórbico e clorofila foram observadas nas fatias que foram processadas a temperatura superior a 40°C. Maior perda de água foi registrada com o aumento na temperatura e concentração, no entanto estas variáveis não afetaram o ganho de sólidos, o que também foi constatado por PANAGIOTOU *et al.* (1998).

A transferência de massa também foi avaliada por ESCRICHE *et al.* (2000) através da desidratação osmótica sob vácuo pulsante de fatias de kiwi utilizando distintos tempos de vácuo e à pressão atmosférica, nas temperaturas de 25, 35 e 45°C e soluções osmóticas de sacarose a 65°Brix com A_w 0,858 e de suco concentrado de uva a 63°Brix com A_w 0,789. A difusividade foi sempre superior nos tratamentos com suco de uva, o que foi atribuído à viscosidade inferior deste e à diferença entre os valores da atividade de água das duas soluções. No entanto, em relação às diferentes condições de pressão, estas não exerceram influência na transferência total da massa, o que foi atribuído pelos autores à baixa porosidade do kiwi, que seria responsável por uma repressão à ação hidrodinâmica.

A manutenção da coloração verde em produtos de kiwi é um dos objetivos mais perseguidos pelos pesquisadores (DALLA ROSA *et al.*, 1997). Segundo VIAL *et al.* (1991), a variação da cor é devida essencialmente à transformação da clorofila em feofitina. Neste mesmo trabalho, observou-se que a concentração da solução e que a natureza dos solutos não apresentam influência no conteúdo final de clorofila, ao contrário da temperatura que, quando superior a 40°C, acarreta significativas

diferenças visuais na cor. TORREGIANI *et al.* (1999), relacionaram a diminuição da luminosidade com a formação da feofitina, destacando que o tempo de osmose e a acidez contribuem para este fenômeno.

As perdas de ácido ascórbico são muito variáveis e dependem de cada sistema em particular. Por ser muito solúvel em água, ABUGOCH & GUARDA (1991), destacam que a primeira via de perda é a lixiviação. VIAL *et al.* (1991), ressaltam que dois fenômenos distintos devem ser considerados: o primeiro diz respeito à difusão do ácido ascórbico para a solução osmótica e o segundo refere-se a uma deterioração química de primeira ordem, que é mais acentuada quando se utilizam temperaturas mais elevadas. Os dois trabalhos salientam a importância de evitarem-se temperaturas superiores a 40°C no processo.

Os efeitos da pré-secagem osmótica nas características da textura têm sido referidos para diferentes espécies de frutas e parâmetros do processo. A cultivar, o grau de maturação inicial, a temperatura utilizada no processo, entre outras variáveis, podem afetar a estrutura e proporcionar diferenças nos teores de solutos incorporados, afetando assim de forma distinta a firmeza do produto (BOLIN & HUXSOLL, 1993; TORREGIANI, 1993; LEWICKI & LUKASZUK, 2000).

Diante do exposto, e tendo em vista o possível aproveitamento dos excedentes da produção agrícola não absorvidos pelo mercado *in natura*, evidenciou-se a necessidade de realizar de estudos visando desenvolver processos que causem mudanças mínimas nas características originais do kiwi.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar a pré-secagem osmótica de fatias de kiwi à pressão atmosférica sob moderada agitação, em solução osmótica a concentração e temperatura constantes e em tempos pré-estabelecidos, previamente a avaliação de técnicas complementares para a sua conservação.

II.2. MATERIAL E MÉTODOS

II.2.1 MATERIAL

II.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados aproximadamente 10 kg de frutos da cultivar *Hayward* adquiridos da KIWI BONA AGRÍCOLA, localizada em Campos do Jordão-SP, safra de 2000.

II.2.1.2. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados foram:

- Agitador tipo *shaker* com controle termostático, marca MARCONI, modelo 830;
- pHmetro Micronal, modelo B 374;
- Texturômetro *Universal Testing Machine*, modelo TA-TX2, marca *Stable Micro Systems*;
- Medidor de atividade de água Aqualab, modelo Cx-2 Decagon;
- Refratômetro *Carl Zeiss Jena*, faixa de leitura 0–90%;
- Espectrofotômetro para cor Hunter Lab, modelo Color Quest II;
- Reômetro digital BROOKFIELD, modelo DV-111;
- Estufa a vácuo, *VWR Scientific*, modelo 1400 E.

II.2.1.3. AGENTE DESIDRATANTE

Solução preparada com sacarose comercial marca União e água destilada, na concentração de 65% (p/p) de sólidos solúveis, expressos em °Brix.

II.2.2 MÉTODOS

II.2.2.1. COLHEITA, SELEÇÃO E CONSERVAÇÃO TEMPORÁRIA.

A colheita foi realizada na primeira quinzena de maio, quando o teor mínimo recomendado de sólidos solúveis de 6,0°Brix foi atingido, conforme estabelecido na Portaria n° 34, de 16 de janeiro de 1998, do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Os frutos foram selecionados considerando-se como critérios o seu tamanho e a sua forma, acondicionados em caixas de papelão padronizadas em duas camadas, com capacidade de 10kg e imediatamente transportados até o Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), onde foram armazenados em câmara fria à temperatura de 1 a 3°C, por três semanas.

II.2.2.2. PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA

Os ensaios prévios e os dados de literatura levaram ao estabelecimento das seguintes condições de trabalho:

- agitação: em *Shaker*, com frequência de 75 oscilações horizontais por minuto e amplitude de 1 cm, com suporte para 6 frascos *Erlenmeyer* com capacidade de 6 litros;
- tipo e concentração da solução osmótica: sacarose, 65°Brix;
- temperatura de trabalho: $40 \pm 0,2^\circ\text{C}$;
- tempos de processo: 15, 60, 120, 180 e 240 minutos;
- espessura das fatias: 10-11mm;
- proporção fruta/solução (p/p): 1/4;
- pressão: atmosférica.

As etapas do processamento, realizado em triplicata, constaram de:

- Preparação da solução osmótica a partir de sacarose e água destilada na concentração de 65% (p/p).
- Lavagem dos frutos em água corrente, descascamento e corte manual das fatias com facas inoxidáveis, separando-se para o processo as quatro fatias centrais, descartando-se as demais.
- Pesagem dos frascos de desidratação, correspondentes aos respectivos tempos de processo (1 *Erlenmeyer*/tempo de desidratação osmótica), seguido da transferência de igual número de fatias correspondendo a 300g aproximadamente para todos os frascos e após, nova pesagem do conjunto.
- Transferência imediata dos frascos para o *Shaker*, pré-aquecido a 40°C.
- Adição da solução osmótica a 40°C na proporção estabelecida.
- Retirada dos frascos nos tempos de 15, 60, 120, 180 e 240 minutos.
- Drenagem da solução osmótica em peneira de aço inoxidável por 1 minuto, seguido de enxágüe rápido das fatias com 100 ml de água destilada. Após, as amostras foram espalhadas sobre papel absorvente por 2 minutos para remoção da água superficial e pesadas.
- Congelamento a $-20\pm 2^{\circ}$ C em frascos de vidro de amostras de polpa de fatias trituradas e amostras de soluções osmóticas de cada tempo de processo.

II.2.2.3. TRANSFERÊNCIA DE MASSA NO PROCESSO

Determinaram-se para cada tempo de pré-secagem osmótica, os parâmetros de perda de peso (PP), perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS), expressos em porcentagem. Utilizaram-se as seguintes equações, conforme LARANJEIRA (1997):

$$PP (\%) = 100 (1 - m_f/m_i)$$

$$PU (\%) = 100 (U_i m_i - U_f m_f)/m_i$$

$$IS (\%) = 100 (ST_f m_f - ST_i m_i)/m_i$$

Onde:

PP (%) = perda porcentual de peso das fatias;

PU (%) = perda porcentual de umidade com base na massa inicial de fatias;

IS (%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial de fatias;

m_i = massa inicial de fatias;

m_f = massa final em determinado tempo de processo;

ST_i = porcentual inicial de sólidos totais das fatias;

ST_f = porcentual final de sólidos totais das fatias em determinado tempo de processo.

II.2.2.4. MÉTODOS ANALÍTICOS

a) SÓLIDOS SOLÚVEIS

O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi determinado através de leitura direta em refratômetro, marca CARL ZEISS (JENA), modelo 32-G 110d, com correção de acordo com a temperatura.

b) ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Determinada por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio utilizando fenolftaleína como indicador, segundo procedimento indicado pelo Instituto ADOLFO LUTZ (1976), associado com leitura potenciométrica considerando-se o ponto de viragem em pH 8,1. Os resultados foram expressos em porcentagem do ácido cítrico.

c) PH

Foi determinado em potenciômetro marca Micronal, modelo B-374, utilizando soluções-tampão com pH 4,0 e 7,0 para a calibração.

d) ÁCIDO ASCÓRBICO

Foi determinado por volumetria de oxi-redução com titulação das amostras com solução 2,6-dicloro-fenol indofenol-sódico (DCFI), segundo o método 43.056 da A.O.A.C (1984), modificado por BENASSI (1990).

e) AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS

Foram determinados segundo os métodos 4.13.2 e 4.13.3. do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976).

f) ATIVIDADE DE ÁGUA

Determinada em higrômetro marca AQUALAB, modelo CX-2, após as cápsulas próprias do equipamento contendo as amostras terem atingido 20°C em banho térmico acoplado. Para a calibração do equipamento foram utilizadas soluções-

padrão saturadas de nitrato de magnésio ($0,544 \pm 0,002$), cloreto de sódio ($0,755 \pm 0,001$), cloreto de potássio ($0,861 \pm 0,003$) e água destilada ($1,000 \pm 0,003$).

g) SÓLIDOS TOTAIS

Conforme recomendado pela A.O.A.C (1995), método 9245, adaptado com secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido a 40°C por 12 horas e posterior transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e pesagens consecutivas a cada 1 hora, até peso constante.

II.2.2.5. ANÁLISE INSTRUMENTAL

a) AVALIAÇÃO DA COR

A cor da amostra *in natura* foi estabelecida como padrão. Determinaram-se os parâmetros L^* , a^* e b^* através de leitura direta das amostras no visor de espectrofotômetro *Hunter Lab*, sistema CIELab, utilizando calibração RSIN, iluminante D_{65} e ângulo de detecção a 10° . Cada amostra foi composta de 3 fatias e as leituras realizadas nas 6 faces do conjunto, para os 6 tempos de desidratação osmótica, ou seja, 0 (*in natura*), 15, 60, 120, 180 e 240 minutos. A partir dos parâmetros L^* , a^* e b^* calculou-se a diferença total de cor (ΔE) e a diferença de cromaticidade (ΔC) entre as fatias *in natura* e as fatias nos tempos de pré-secagem osmótica, através das seguintes equações:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta C = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

onde $\Delta L^* = L^* - L_o^*$, $\Delta a^* = a^* - a_o^*$ e $\Delta b^* = b^* - b_o^*$, sendo L^* a luminosidade, a^* e b^* os índices de croma e o sub-índice "o" o valor padrão da amostra *in natura*.

b) AVALIAÇÃO DA TEXTURA

Considerou-se a força máxima de ruptura (FMR) como parâmetro representativo para avaliar a textura das fatias. A determinação foi realizada em *Texturômetro Universal Testing Machine*, modelo TA-TX2, marca *Stable Systems*, utilizando-se no ensaio uma sonda cilíndrica achatada com 50 mm de diâmetro, a velocidade de 1 mm/s. A amostra foi composta de 3 fatias e as determinações foram realizadas nas fatias de kiwi *in natura* e nas fatias provenientes dos 5 tempos de pré-secagem osmótica.

II.2.2.6. CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO OSMÓTICA RESIDUAL

Foram realizadas determinações de pH, ácido ascórbico, atividade de água, teor de sólidos solúveis, cor, turbidez e viscosidade nos xaropes provenientes dos 5 tempos de desidratação osmótica estudados.

A cor e a turbidez da solução residual foram determinadas em espectrofotômetro *Hunter Lab*, utilizando iluminante D₆₅ e ângulo de detecção a 10°, com colocação das amostras em cubeta com caminho óptico limpo de 10mm.

A viscosidade foi determinada em reômetro BROOKFIELD DV-III, utilizando *spindle* 18 a 120rpm por 30 segundos a 20°C.

II.2.2.7. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Avaliaram-se amostras de fatias de kiwi *in natura* e fatias resultantes da pré-secagem osmótica por 240 minutos. Foram realizadas pesquisas de coliformes totais/fecais e bolores/leveduras, conforme metodologia da *APHA-American Public Health Association* (VANDERSANT & SPLITSTTOESSER, 1992).

II.2.2.8. AVALIAÇÃO SENSORIAL

Foi realizada através de teste afetivo de aceitação por 32 provadores não treinados, avaliando as amostras de fatias de kiwi resultantes de uma, duas, três e quatro horas de pré-secagem osmótica, em ordem inteiramente casualizada e codificadas com números aleatórios de três dígitos. Foi utilizada uma ficha de avaliação (ANEXO I), com escala hedônica não estruturada, variando da nota 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei muitíssimo), conforme MORAES (1993). Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tuckey, para verificar possível diferença significativa entre os tempos de processamento a um nível de confiança de 5%, utilizando-se o Programa *STATISTICA 5.0*.

II.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

II.3.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

II.3.1.1. SÓLIDOS SOLÚVEIS, pH E ACIDEZ TITULÁVEL

Ao observar-se os valores da Tabela II.1 em base úmida constata-se que o pH e a acidez praticamente não sofreram alterações ao longo do processo. A acidez diminuiu em valor absoluto, conforme indicam os dados apresentados em base seca. Este fato pode ser relacionado à migração de componentes do fruto para a solução, juntamente com a saída de água.

Tabela II.1- Valores médios de sólidos solúveis, pH e acidez titulável das fatias de kiwi

Parâmetros ¹	Tempo (minutos)						
	0	15	60	120	180	240	
pH	3,21	3,19	3,18	3,18	3,17	3,17	
DP (±) ²	0,006	0,010	0,006	0,006	0,006	0,006	
b.u. ³	1,22	1,22	1,26	1,30	1,30	1,31	
Acidez titulável (g. ác. cítrico/100g)	DP (±)	0,035	0,044	0,012	0,044	0,044	0,053
b.s. ⁴	7,49	7,48	5,54	4,96	4,39	4,20	
DP (±)	0,161	0,227	0,052	0,165	0,146	0,168	
Sólidos solúveis (°Brix)	13,10	15,90	18,90	22,70	24,70	26,40	
DP (±)	0,265	0,361	0,529	0,436	0,436	0,700	
Rel. sólidos solúveis/ acidez titulável	10,74	13,03	15,00	17,46	19,00	20,15	
DP (±)	0,292	0,573	0,390	0,933	0,990	1,037	

(¹): valores médios de três repetições

(²): desvio padrão

(³): em base úmida

(⁴): em base seca

O teor de sólidos solúveis das fatias de kiwi no tempo zero, correspondente à fruta *in natura*, foi de 13,1°Brix. Esse percentual equivale aproximadamente ao dobro do valor determinado por ocasião da colheita. Esse aumento nos sólidos solúveis deve-se à maturação gradativa ocorrida durante o período de três semanas de estocagem em ambiente refrigerado. O estágio de maturação para a utilização dos frutos no experimento foi estipulado com base na consistência considerada apropriada, avaliada previamente em testes preliminares.

Os valores da relação °Brix/acidez, importante parâmetro de interesse tecnológico, apresentaram ao final do processo aproximadamente o dobro do conteúdo inicial. Contribuíram para tal fenômeno a remoção de água juntamente com o ingresso de sólidos, o que fica evidenciado na Tabela II.2 ao observar-se a evolução do teor de açúcares redutores, em especial a sacarose. Ressalte-se que por vezes o kiwi é classificado pelos consumidores como um fruto “muito ácido”, sensação que pode ser amenizada através da pré-secagem osmótica.

II.3.1.2. AÇÚCARES REDUTORES, NÃO-REDUTORES E TOTAIS.

De acordo com GIANGIACOMO *et al.* (1987), a dinâmica da transferência de açúcares entre a solução osmótica e a fruta é complexa, envolvendo diretamente a permeabilidade, a acidez e os próprios açúcares originalmente presentes na fruta.

Verifica-se na Tabela II.2 que os açúcares redutores predominam no fruto *in natura*. Segundo TORREGIANI *et al.* (1999) e CASTALDO *et al.* (1992), a glicose e a frutose estão presentes em quantidades praticamente iguais, em torno de 4,5g/100g de fruta fresca. O expressivo aumento dos açúcares não-redutores está relacionado evidentemente à incorporação da sacarose utilizada no processo como agente desidratante. Como se observa, o aumento aproximado de sacarose foi de 13 e 7 vezes, respectivamente em base úmida e seca ao final das 4 horas de pré-secagem. Constata-se que a proporção açúcares redutores:não-redutores originalmente no fruto

in natura na proporção 30:1, passou a ser aproximadamente 4:1 ao final do tratamento, em base úmida.

Tabela II. 2- Valores médios de açúcares redutores, não-redutores e totais nas fatias de kiwi

Parâmetros ¹	Tempo (minutos)						
	0	15	60	120	180	240	
Açúcares redutores (%)	b.u. ²	9,22	10,78	12,72	14,57	16,09	16,59
	DP (±) ³	0,28	0,74	0,99	0,66	0,57	0,65
	b.s. ⁴	56,56	56,38	56,02	55,61	54,36	53,21
	DP (±)	1,33	0,70	1,41	2,41	1,93	2,08
Açúcares não-redutores (%)	b.u.	0,30	0,50	1,25	2,08	2,99	3,78
	DP (±)	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04	0,20
	b.s.	1,84	2,62	5,51	7,93	10,12	12,12
	DP (±)	0,27	0,19	0,25	0,23	0,15	0,60
Açúcares totais (%)	b.u.	9,52	11,28	13,97	16,65	19,08	20,37
	DP (±)	0,23	0,74	1,04	0,68	0,56	0,71
	b.s.	58,40	59,00	61,53	63,54	64,48	65,33
	DP (±)	1,43	1,38	0,33	2,39	1,88	2,25

(¹): valores médios de três repetições

(²): em base úmida

(³): desvio padrão

(⁴): em base seca

O fenômeno da hidrólise da sacarose ao incorporar-se à fruta pode influenciar na quantidade de açúcares redutores presentes ao final do processo. TORREGIANI *et al.* (1999) realizaram um experimento avaliando três estágios de maturação de kiwis, chamados “firme”, “médio” e “macio”. Apesar de terem utilizado somente sacarose no xarope, observaram que ao final do tratamento as quantidades de glicose e frutose aumentaram nos frutos tipo “firme”, que possuem maior acidez, ao contrário dos outros dois estágios, onde foi detectada uma diminuição nos açúcares redutores. No presente trabalho, os resultados apresentados na Tabela II.2 em base seca revelaram uma pequena diminuição de açúcares redutores, o que pode estar relacionado a migração destes para a solução residual. GIANGIACOMO *et al.* (1987) salientaram que não é possível distinguir a quantidade de

monossacarídeos oriundos da hidrólise daqueles que se difundem para a solução osmótica.

II.3.1.3. ÁCIDO ASCÓRBICO

As perdas de ácido ascórbico durante o processo representaram aproximadamente um terço do conteúdo inicial, conforme se verifica na Tabela II.3. Porcentual similar é relatado por VIAL *et al.* (1991) ao final de 210 minutos em um processo conduzido também a 40°C numa solução osmótica de sacarose a 62°Brix em sistema a 100rpm e por FORNI *et al.* (1990), após 4 horas a 25°C em solução a 70°Brix. Por sua vez, estudos realizados por ABUGOCH & GUARDA (1991) revelaram perdas de 58, 65 e 70% à temperatura de 30°C, que foram atribuídas à lixiviação, para os tempos de 60, 120 e 180 minutos respectivamente, ao trabalharem com fatias de 7mm de espessura, usando como agente osmótico suco concentrado de maçã a 70,5% de sólidos solúveis em sistema a 1500rpm.

Tabela II.3– Valores médios de ácido ascórbico nas fatias de kiwi

Parâmetros ¹	Tempo (minutos)						
	0	15	60	120	180	240	
Ácido ascórbico (mg/100g)	b.u. ²	88,49	96,11	96,48	98,90	101,74	104,67
	DP (±) ³	1,35	2,47	0,62	2,01	1,56	3,65
	b.s. ⁴	542,92	502,69	424,67	377,49	343,83	335,69
	DP (±)	7,62	3,69	2,74	7,69	5,26	7,95
Perda ác. Ascórbico (%)	-	7,41	21,78	30,47	36,67	38,17	
	DP (±)		0,16	1,96	0,96	0,40	0,72

(¹): valores médios de três repetições

(²): em base úmida

(³): desvio padrão

(⁴): em base seca

As perdas de ácido ascórbico durante a pré-secagem osmótica podem ocorrer basicamente através de dois fenômenos: difusão para a solução desidratante ou degradação química (VIAL *et al.*, 1991). Considerando que no presente estudo a

temperatura utilizada foi relativamente baixa e por outro lado, atentando-se para o fato de que quando ocorreu a transferência da maior parcela de água registrou-se uma perda em torno de 75% da perda total, ou seja, no decorrer das 2 horas iniciais de tratamento, é muito provável que tenha predominado a perda por difusão. Este fato pode ser reforçado pela observação da Tabela II.7, onde a transferência de ácido ascórbico para a solução mais acentuada foi registrada justamente no período inicial da pré-secagem osmótica.

II.3.2 TRANSFERÊNCIA DE MASSA

A Tabela II.4 apresenta os valores dos parâmetros da transferência de massa nos tempos 0, 15, 60, 120, 180 e 240 minutos de pré-secagem osmótica.

Tabela II.4– Parâmetros de transferência de massa nos diferentes tempos de pré-secagem osmótica nas fatias de kiwi

Parâmetros ¹	Tempo (minutos)					
	0	15	60	120	180	240
Umidade (g/100g)	83,70	80,88	77,28	73,80	70,41	68,82
DP (±) ²	0,70	1,07	0,38	0,45	0,61	0,95
Perda de umidade (g/100g)	-	9,11	18,89	27,00	31,94	36,06
DP (±)		0,29	0,42	0,57	0,60	0,61
Perda de peso (g/100g)	-	7,78	16,13	23,16	27,27	30,78
DP (±)		0,39	0,23	0,35	0,68	0,43
Incorporação de sólidos (g/100g)	-	1,33	2,76	3,84	4,67	5,28
DP (±)		0,08	0,15	0,16	0,12	0,24
Sólidos totais (g/100g)	16,30	19,12	22,72	26,20	29,63	31,18
DP (±)	0,21	0,22	0,60	0,49	1,39	0,38
Atividade de água	0,985	0,981	0,974	0,969	0,965	0,963
DP (±)	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001

(¹): valores médios de três repetições

(²): desvio padrão

Na Tabela II.4 evidencia-se que o elevado gradiente osmótico formado entre a solução concentrada de sacarose e a baixa concentração de sólidos nas fatias proporcionou uma perda de umidade de aproximadamente 50% da perda total, ao final de uma hora. A seguir, apesar da solução continuar concentrada em torno de 61°Brix, observase uma gradativa diminuição na saída de água. Comportamento similar foi observado por vários autores (RAOULT-WACK *et al.*, 1994; LAZARIDES *et al.*, 1995; ARGANDOÑA, 1999). Essa redução estar relacionada com a formação de uma camada superficial de açúcar que passa a atuar como uma barreira à transferência de massa. Também as mudanças estruturais nos tecidos da matéria-prima conduzem a uma compactação superficial, tendo como consequência maior resistência à troca osmótica.

A incorporação de sólidos não se intensificou após a primeira hora, ao contrário aumentou lenta e gradativamente até o final. A intensidade com que este ingresso se manifesta depende das características da microestrutura da matéria-prima, das modificações que esta sofre em pré-tratamentos e das próprias condições do processamento, que podem acarretar alterações na permeabilidade e seletividade da estrutura dos tecidos (ISLAM & FLINK, 1982; LENART & FLINK, 1984). Segundo VALLE *et al.* (1998), o ganho de sólidos está relacionado no mínimo a três mecanismos: difusão para o interior das células, penetração da solução osmótica nos espaços intercelulares e retenção superficial de xarope nos produtos.

Através da Figura II.1 pode-se visualizar melhor a evolução da pré-secagem osmótica.

A baixa incorporação de sólidos de aproximadamente 5% pode ser relacionada às condições relativamente brandas utilizadas no processo, ou seja temperatura de 40°C juntamente com uma leve agitação, onde as fatias não foram submetidas a nenhum pré-tratamento que conduzisse à uma desestruturação acentuada dos tecidos.

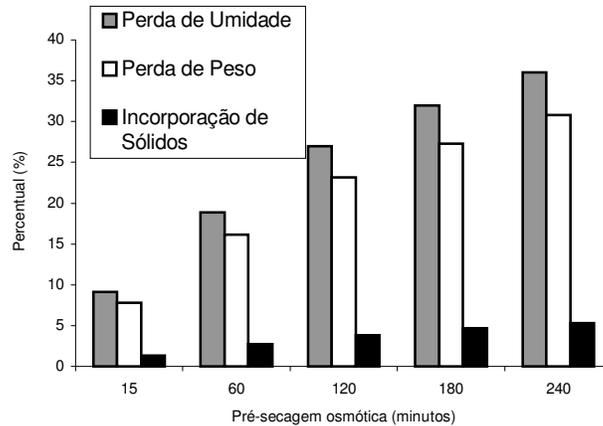


Figura II.1 – Parâmetros da pré-secagem osmótica nas fatias de kiwi

A perda de peso, que representa a diferença entre a perda de umidade e a incorporação de sólidos que se verifica no processo, tende à estabilização. Segundo LAZARIDES *et al.* (1995), este comportamento não ocorre somente devido a incorporação de solutos, mas também deve-se à gelatinização da pectina presente no tecido da fruta. Ao final de 240 minutos de processo, a perda de peso não afetou desfavoravelmente a aparência geral do produto, apesar de ter-se observado visualmente uma pequena variação no volume das fatias.

Por sua vez, devido a própria concentração e incorporação, os sólidos totais praticamente duplicaram ao final do processo. A saída de água e o simultâneo ingresso de solutos de forma intensa no início do processo, traduziram-se também numa variação mais acentuada da atividade de água nessa fase, o que evidentemente era esperado.

II.3.3 COR E TEXTURA INSTRUMENTAIS

II.3.3.1. COR

As fatias de kiwi, resultantes dos vários tempos de pré-secagem osmótica, foram submetidas à leitura de cor (sistema L*, a* e b* CIELab) com a finalidade de

observar as alterações decorrentes do processo, comparando-as com a amostra *in natura*.

Tabela II.5- Valores médios dos parâmetros da cor luminosidade (L*), coordenadas de cromaticidade (a*, b*), diferença de cromaticidade (ΔC) e a diferença total de cor (ΔE) em relação à amostra padrão (tempo zero) nas fatias de kiwi

Parâmetros ¹	Tempo (minutos)					
	0	15	60	120	180	240
L*	48,24	47,70	45,89	45,48	45,39	45,42
DP (\pm) ²	4,30	1,76	2,89	0,91	2,66	2,00
a*	- 2,68	- 4,08	- 4,21	-3,97	- 4,38	- 4,33
DP (\pm)	0,24	0,15	0,17	0,18	0,15	0,20
b*	16,43	19,67	20,12	20,01	20,54	20,41
DP (\pm)	0,86	0,36	0,29	1,27	0,51	0,50
ΔC	-	3,50	3,99	3,80	4,45	4,31
DP (\pm)		0,08	0,12	0,13	0,07	0,29
ΔE	-	3,57	4,63	4,70	5,28	5,15
DP (\pm)		0,10	0,28	0,14	0,16	0,08

(¹) : valores médios de três repetições

(²) : desvio padrão

L* : luminosidade

+a* : vermelho; -a* : verde; +b* : amarelo; -b* : azul

ΔC : diferença de cromaticidade

ΔE : diferença total de cor

Observa-se pela Tabela II.5 que após 60 minutos de pré-secagem osmótica ocorreu praticamente a estabilização da cor, verificando-se somente pequenas variações nos seus parâmetros até o final do processo. A variação do parâmetro a*, que define o componente verde (-) e vermelho (+), em comparação à fruta *in natura*, evidencia a concentração dos pigmentos de clorofila, principalmente no início do processo quando a taxa de remoção da água foi elevada. Em relação ao parâmetro b*, observa-se que após uma hora de pré-secagem osmótica, ocorreu somente um ligeiro incremento na cor amarela (+), enquanto que a luminosidade

diminuiu lentamente ao longo de todo o processo. Conforme VIAL *et al.* (1991), quando a pré-secagem osmótica é realizada a 40°C ou menos, a variação na cor de fatias de kiwi é decorrente da variação da concentração de clorofila, cujos pigmentos não são hidrossolúveis e localizam-se nos cloroplastos, não se difundindo assim para a solução osmótica. Comportamento semelhante é relatado por HENG *et al.* (1990), que estudaram a variação da cor em cubos de mamão submetidos à pré-secagem osmótica, atribuindo a intensificação da cor no processo à concentração dos carotenóides hidrofóbicos nos espaços intercelulares da fruta.

A diferença total da cor em colorímetro (ΔE) não pode ser considerada como uma determinação precisa para avaliar a diferença dos tratamentos em relação à amostra padrão, no entanto fornece um referencial de partida para uma análise mais detalhada (FERREIRA, 1991). Observa-se que os valores de ΔE indicam variação acentuada da cor no início do tratamento em relação às fatias *in natura*, sem entretanto revelarem diferenças marcantes entre si durante o transcorrer do processo. Os valores de croma (ΔC), sempre próximos aos respectivos valores de ΔE , confirmam que a predominância das alterações foi devida à variação de a^* e b^* .

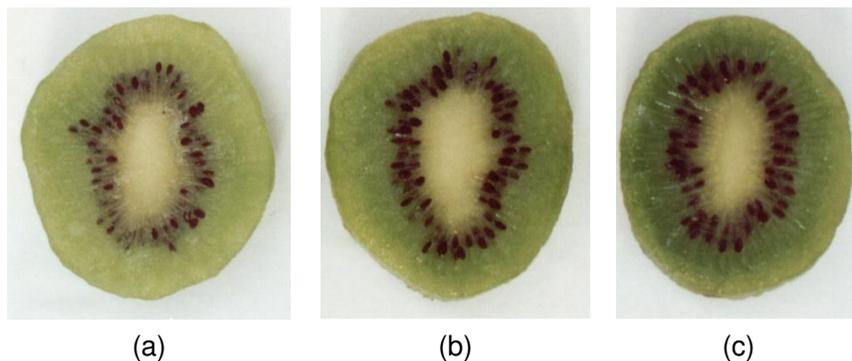


Figura II.2- Fatia *in natura* (a) e fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 120 (b) e 240 (c) minutos.

II.3.3.2. FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA

A variação da força máxima de ruptura das amostras desidratadas osmoticamente em relação às fatias *in natura* é apresentada na Tabela II.6.

Tabela II.6- Valores médios da força máxima de ruptura e as diferenças em relação a amostra padrão nas fatias de kiwi

Parâmetro	Tempo (minutos)						
	0	15	60	120	180	240	
TEXTURA ¹	fmr (N) ²	73,37	68,44	60,60	53,03	55,11	57,05
	DP (±) ³	1,76	1,17	1,28	1,27	2,00	1,41
	Δfmr (%) ⁴	-	6,72	17,40	27,72	24,89	22,24
	DP (±)	-	0,23	0,85	0,69	0,36	0,50

(¹): valores médios de três repetições

(²): força máxima de ruptura

(³): desvio padrão

(⁴): variação da força máxima de ruptura

Observa-se que apesar das condições moderadas em que foi conduzido o processo, principalmente no que se refere à temperatura e à agitação, as fatias amoleceram após 2 horas de processo, apresentando diminuição de aproximadamente 28% na força máxima de ruptura em relação à matéria-prima inicial. Entretanto, após esse período verifica-se uma inversão dos valores, onde as fatias apresentaram aumento na firmeza. O comportamento parece sugerir um enfraquecimento da estrutura celular enquanto as trocas osmóticas são intensas, com reflexo direto na diminuição da firmeza das fatias e, logo a seguir, reverte-se o comportamento inicial devido à concentração dos constituintes celulares, fato que pode ser associado ao ingresso de sólidos e à maior resistência ao rompimento das amostras na superfície. Em trabalho realizado por TORREGIANNI *et al.* (1999), utilizando solução de sacarose a 70% a 25°C e kiwi nos estágios de maturação firme, médio e macio, foi observado ao final de 2 horas de pré-secagem osmótica, um incremento de 17% na força máxima de ruptura nas fatias do grupo “macio”, enquanto que os outros estágios não apresentaram variação significativa. Os autores atribuíram simplesmente o aumento à concentração dos sólidos solúveis no produto.

II.3.4 XAROPE RESIDUAL

São apresentadas na Tabela II.7, as variações ocorridas no pH, ácido ascórbico, atividade de água, teor de sólidos solúveis, cor, turbidez e viscosidade da solução osmótica no decorrer do processo.

Tabela II.7- Variação dos parâmetros físico-químicos da solução osmótica

Parâmetro ¹	Tempo (minutos)						
	0	15	60	120	180	240	
pH	6,50	4,15	4,05	3,63	3,61	3,60	
	DP (±) ²	0,16	0,05	0,11	0,07	0,03	0,03
Ácido ascórbico (mg/100ml)	0	2,80	4,81	7,87	8,62	9,56	
	DP (±)		0,10	0,13	0,09	0,03	0,21
Atividade de água	0,845	0,889	0,903	0,905	0,907	0,908	
	DP (±)	0,007	0,008	0,003	0,003	0,004	0,001
Sólidos solúveis (°Brix)	65,00	63,80	62,70	61,50	60,90	59,60	
	DP (±)	0,74	0,43	0,32	0,03	0,98	0,36
Co r	(ΔC)	-	0,18	0,29	0,31	0,81	1,24
	DP (±)		0,01	0,02	0,02	0,03	0,11
	(ΔE)	-	0,23	0,32	0,38	0,89	1,29
	DP (±)		0,01	0,02	0,03	0,04	0,03
Turbidez (%)	3,45	10,00	12,88	13,92	15,26	16,65	
	DP (±)	0,09	0,08	0,10	0,05	0,31	0,29
Viscosidade (mPas)	154,20	107,40	69,20	49,30	45,60	38,20	
	DP (±)	3,00	2,61	1,71	1,21	1,00	1,30

(¹) : valores médios de três repetições

(²) : desvio padrão

ΔC : diferença de cromaticidade

ΔE : diferença total de cor

A acentuada diminuição no pH do xarope durante a primeira hora de pré-secagem osmótica deve-se à transferência de ácidos orgânicos e água juntamente com outros elementos das fatias de kiwi para a solução, aumentando a concentração hidrogeniônica do meio. Após duas horas, o seu valor tornou-se estável, o que também foi observado por VALDEZ-FRAGOSO *et al.*, (1999).

Conforme pode-se visualizar na Tabela II.7, a maior transferência de ácido ascórbico ocorreu nas duas primeiras horas, acompanhando a acentuada perda de água verificada nesse período, o que evidentemente era esperado visto que este componente é hidrossolúvel. Cabe lembrar aqui que o processo foi conduzido utilizando a proporção 1:4 (fruta:xarope), o que explica a pequena quantidade encontrada ao final de quatro horas, em torno de 10mg/100ml.

Após aproximadamente uma hora de processo a atividade de água ultrapassou a 0,90, que é o valor mínimo necessário para o início do crescimento de bactérias deteriorativas. Os valores de pH do meio o tornam mais propício ao desenvolvimento de fungos e leveduras.

A transferência de água das fatias para o xarope residual e o concomitante ingresso de sacarose nas fatias de kiwi proporcionou um decréscimo de aproximadamente 5°Brix no transcorrer do tratamento, o que evidencia que a solução manteve-se concentrada.

A pequena variação positiva da diferença de croma (ΔC) que se observa na Tabela II.7 pode estar relacionada à transferência de alguns pigmentos advindos das fatias, o que foi verificado de forma mais acentuada após duas horas de tratamento. Os valores da diferença total da cor (ΔE), muito próximos aos respectivos valores de ΔC , mostram que a luminosidade não influenciou na mudança de cor, já que a variação ficou restrita a cromaticidade. HENG *et al.* (1990) também reportaram uma significativa parcela de pigmentos de mamão transferidos à solução por difusão, no estágio final da pré-secagem osmótica. Além da clorofila, CANO & MARÍN (1992) também encontraram pigmentos de beta-caroteno e xantofila na calda de fatias de kiwi enlatado.

O elevado aumento dos valores de turbidez nos instantes iniciais do processo refletem a passagem de pequenos fragmentos e materiais insolúveis da fruta para a solução osmótica, gerados principalmente durante o corte em fatias.

O decréscimo observado na viscosidade deve-se principalmente a água proveniente das fatias. No entanto torna-se oportuno a seguinte consideração adicional: juntamente com a água, durante a transferência de massa, ocorre a passagem de açúcares para a solução osmótica, tanto mono como também dissacarídeos, que são constituintes sob forma solúvel dos tecidos da fruta. Em kiwi, 90% dos açúcares correspondem à soma da glicose e frutose, que são solutos de baixo peso molecular (CASTALDO *et al.*, 1992). Dessa forma o agente osmótico pode ser enriquecido com estes açúcares, ao mesmo tempo em que em sentido contrário ocorre a incorporação de sacarose nas fatias. Conforme GARCIA-MARTÍNEZ *et al.* (2003) não somente a quantidade, mas também os tipos de solutos presentes na solução afetam a viscosidade.

II.3.5 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os resultados da avaliação microbiológica, realizada em fatias de kiwi *in natura* e em fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 4 horas, são mostrados na Tabela II.8.

Tabela II.8– Avaliação microbiológica de fatias de kiwi *in natura* e osmoticamente desidratadas

Amostras	Bolores e leveduras (UFC/g)	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes fecais (NMP/g)
<i>in natura</i>	$1,4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$	0
DO ¹	$6,0 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$	0

(¹) : fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 4 horas a 40°C

UFC: unidade formadora de colônia

NMP: número mais provável

As frutas osmoticamente desidratadas requerem sempre um método ou processo complementar de conservação para serem comercializadas não se constituindo portanto, em “produto final”. Devido a esse fato a legislação brasileira não estabelece padrões microbiológicos específicos que regulamentem a sua obtenção. Contudo, a Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos/Ministério da Saúde estabelece que, no caso de

produtos não caracterizados nas tabelas, deve considerar-se como base para o seu enquadramento a similaridade da natureza e do processamento do produto. Ao adotar-se o mesmo procedimento de QUERIDO (2000), ou seja, considerando-se a fruta osmoticamente desidratada como um produto com características intermediárias entre a fruta fresca e as frutas secas/desidratadas/glacçadas, para as quais a legislação em vigor estabelece respectivamente 2×10^3 NMP/g para bolores/leveduras e 10NMP/g para coliformes fecais como contagem máxima, conclui-se pela Tabela II.8 que o produto atende aos requisitos da legislação vigente.

II.3.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL

Na Tabela II.9 estão apresentados os resultados do teste de aceitação em fatias de kiwi osmoticamente desidratadas, realizado por 32 provadores.

Tabela II. 9 – Valores médios do teste de aceitação¹ para as fatias de kiwi.

Tratamentos	Médias ²	Desvio Padrão (\pm)
DO ³ uma hora	5,2 b	1,36
DO duas horas	7,1 a	1,18
DO três horas	6,4 b	1,36
DO quatro horas	5,3 b	1,00

(¹): Escores de aceitação

1. Desgostei extremamente

2. Desgostei muito

3. Desgostei moderadamente

4. Desgostei ligeiramente

5. Não gostei nem desgostei

6. Gostei ligeiramente

7. Gostei moderadamente

8. Gostei muito

9. Gostei extremamente

(²): Letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($p \leq 0,05$)

(³): Pré-secagem osmótica a 40°C

Observa-se que ao nível de significância de 5%, a média da amostra resultante de duas horas de pré-secagem osmótica foi estatisticamente superior em aceitação, em comparação às outras três, ficando situada entre “gostei moderadamente e “gostei muito” na nota atribuída pelos provadores na ficha de avaliação. Nos comentários complementares registrados pelos provadores sobre a qualidade da amostra mais aceita, destacou-se principalmente o sabor, seguido da aparência geral e textura respectivamente.

Em trabalhos realizados por FORNI *et al.* (1990) com fatias de kiwi cv. *Abbott* a 25°C em solução de sacarose a 70°Brix durante 2, 4 e 6 horas para posterior congelamento e por TORREGGIANI *et al.* (1987), com amora preta destinada à complementar pasteurização, onde o processo constou da imersão em solução de glicose+sacarose a 25°C por 2, 4 e 6 horas, a análise sensorial indicou igualmente o período de 2 horas como sendo aquele tempo que conferiu as melhores características aos produtos, a exemplo do presente estudo. Na avaliação da influência da pasteurização em diferentes binômios de tempo e temperatura sobre a qualidade de pêssego e cereja previamente osmo-desidratados, SENESI *et al.* (1988) também realizaram a imersão prévia por duas horas, em xarope constituído de glicose+sacarose+maltose, a temperatura ambiente.

Apesar das frutas pré-secas por osmose não serem comercializadas em razão da sua curta vida-de-prateleira, os resultados da sua análise sensorial podem auxiliar na tomada de decisão relativamente ao estabelecimento das condições de trabalho em processos complementares.

II.4. CONCLUSÃO

A interpretação dos resultados do processo e das determinações analíticas permite concluir que a condição na qual as fatias de kiwi foram submetidas à pré-secagem osmótica por duas horas em solução de sacarose a 65°Brix a 40°C resultou na obtenção do produto em que a quantidade de água removida simultaneamente ao percentual de solutos incorporados conferiram às fatias de kiwi a qualidade sensorial mais aceita, revelando-se portanto na condição mais indicada para ser utilizada no estudo de processos complementares com vistas à estabilização do produto.

II.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUGOCH, J. L.; GUARDA, M. A. Estudio de la perdida de acido ascorbico total en rodajas de kiwi durante la deshidratacion osmotica. **Alimentos**, Santiago, v. 16, n. 5, 1991.

A.O.A.C. **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis. 14ed. Washington, 1984.

A.O.A.C. **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis. 16th ed. Washington, 1997.

ARGANDOÑA, E. J. S. **Desidratação de goiaba por imersão e secagem**. Campinas, 1999. 102 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BENASSI, M. T. **Análise dos estudos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990. 159p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. **Journal of food science**, Chicago, v. 58, n. 2, p. 357-360, 1993.

BRESSA, F.; DALLA ROSA, M.; MASTROCOLA, D. Use of direct osmosis treatment to produce minimally processed kiwifruit slices in a continuous pilot plant. **Acta Horticulturae**, Thessaloniki, v.2, n.44, p. 649-655, 1997.

CANO, M. P.; MARÍN, M. A. Pigment composition and color of frozen and canned kiwi fruit slices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 11, p. 2141-2146, 1992.

CASTALDO, D.; VOI, A. L.; TRIFIRO, A.; GHERARDI, S. Composition of italian kiwi (*Actinidia chinensis*) puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 4, p. 594-598, 1992.

DALLA ROSA, M.; BRESSA, F.; MASTROCOLA, D.; CARPI, G. Evaluation of mass transfer kinetics in kiwifruit slices during osmotic dehydration under high pressure treatments. **Acta Horticulturae**, Thessaloniki, v. 2, n. 444, p. 655-661, 1997.

DIXON, G. M.; JEN, J. J. A research note: changes of sugar and acids of osmovac-dried apple slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 4, p. 1126-1127, 1977.

ESCRICHE, I.; GARCIA-PINCHI, R.; ANDRÉS, A.; FITO, P. Osmotic dehydration of kiwifruit (*Actinidia chinensis*): fluxes and mass transfer kinetics. **Journal of Food Processing**, Trumbull, v. 23, n. 3, p. 191-205, 2000.

FERREIRA, V. L. P. Colorimetria em alimentos. Campinas: **ITAL**, 1991.

FORNI, E.; TORREGGIANI, D.; CRIVELLI, G.; MAESTRELLI, A.; BERTOLO, G.; SANTELLI, F. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. **Acta Horticulturae**, Thessaloniki, v. 282, p. 425-433, 1990.

GARCIA-MARTÍNEZ, E.; ARASA, E.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Estúdio de armazenamento de um producto geleificado elaborado com kiwi desidratadoosmoticamente.

<<http://www.google.com/search?q=cache:9BLWtcC:cesia2002.udl.es/tc/TE-26.pdf+kiwi+tecnologia+ind%C3Bastria&hl=pt&ie=UTF-8>>. Acesso em 13/01/2003.

GINGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit. Part 1: sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 11, n. 3, p. 183-195, 1987.

HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 10, n. 3, p. 831-848, 1990.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.1, Métodos químicos e físicos para análise. 2. ed. São Paulo, 1976.

ISLAM, M. N.; FLINK, L. N. Dehydration of potato. II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **Journal Food Technology**, London, v. 60, n. 4, p. 826-828, 1982.

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de abacaxi (*Ananas comosus* L.) para aplicação à tecnologia de métodos combinados**. Campinas, 1997. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LAZARIDES, H. N.; NICKOLAIDIS, A.; KATSANIDIS. Sorption changes induced by osmotic preconcentration of apple slices in different osmotic media. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 2, p. 348-359, 1995.

LENART, A.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of potato. II. Spatial distribution on the osmotic effect. **Journal Food Technology**, London, v. 19, n. 4, p. 65-89, 1984.

LEUNDA, M. A.; GUERRERO, S. N.; ALZAMORA, S. M. Color and chlorophyll content changes of minimally processed kiwifruit. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 24, n. 1, p. 17-38, 2000.

LEWICKI, P. P.; LENART, A. Osmotic dehydration of fruits and vegetables. **Journal Food Technology**, London, v. 21, n. 4, p. 691-713, 1992.

LEWICKI, P. P.; LUKASZUK. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 119-126, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Portaria nº 34, de 16 janeiro de 1998. **Normas de identidade e qualidade do kiwi**, Brasília, 1998.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: Unicamp, 1993. 93p.

PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 267-284, 1998.

PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, Chicago, v. 20, n. 10, p. 1365-1368, 1966.

QUERIDO, A. F. **Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de cajú (*Anacardium***

occidentale, L). Campinas, 2000. 113p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RAOUL-WACK, A. L.; RIOS, G.; SAUREL, R.; GIROUX, F.; GUILBERT, S. Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, Ottawa, v. 27, n. 2, p. 207-209, 1994.

SENESI, E.; TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Influenza della pastorizzazione sulla qualità di frutta osmodisidratata: percoche e ciliege. **Industrie Conserve**, Parma, v. 63, n. 4, p. 358-363, 1988.

TORREGGIANI, D.; FORNI, E.; RIZZOLO, A. Osmotic dehydration of fruit. Part II: influence of the osmosis time on the stability of processed cherries. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull, v. 12, n. 1, p. 27-44, 1987.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, London, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; FORNI, E.; MAESTRELLI, A.; QUADRI, F. Influence of osmotic dehydration on texture and pectic composition of kiwifruit slices. **Drying Technology**, Monticello, v. 17, n. 7/8, p. 1387-1397, 1999.

VALDEZ-FRAGOSO, A.; WELTI-CHANES, J.; GIROUX, F. Physico-chemical characteristics of sucrose syrup used for the osmotic dehydration of apples (*Golden delicious*). **Food Science and Technology International**, London, v. 5, n. 3, p. 255-261, 1999.

Capítulo II

VALLE, J. M.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 191-204, 1998.

VANDERSANT, C. & SPLITSTTOESSER, F. D. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3th ed. **American Public Health Association** (APHA), Washington, DC., 1992, 1219p.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 11, n.1, p. 63-84, 1991.

**CAPÍTULO III. EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO
NA QUALIDADE DE KIWI SECO**

RESUMO

Em algumas regiões do Brasil a cultura do kiwi encontrou ótimo potencial para o seu desenvolvimento. A cultivar *Hayward* destaca-se pela produção de frutos com elevada qualidade no sabor, tamanho, conservação e valor nutricional. A pré-secagem osmótica tem sido recomendada para reduzir o tempo necessário para a secagem, o consumo de energia no processo e obter frutas secas com boas características sensoriais. Este trabalho procurou avaliar os efeitos da pré-secagem osmótica por duas horas em xarope de sacarose a 65°Brix e 40°C e moderada agitação a 75rpm em parâmetros de qualidade de fatias de kiwi secas com circulação forçada de ar aquecido a 40°C até atingir-se 25% de umidade residual, comparativamente à secagem convencional. Os resultados revelaram que o tratamento prévio acarretou uma diminuição de 10% no tempo necessário ao processo, um incremento no rendimento em peso de 38 e 22% respectivamente antes e após a reidratação e uma perda em ácido ascórbico 15% superior. A aparência e a qualidade global das fatias resultantes das duas técnicas de secagem foram avaliadas por julgadores não-treinados utilizando escala hedônica não-estruturada, com a apresentação das amostras na forma seca e na forma de fatias reconstituídas com água e açúcar. Obteve-se médias de aceitação significativamente mais elevadas para os produtos submetidos à osmose preliminarmente à secagem.

Capítulo III

SUMMARY

The cultivation of kiwi shows an optimum potential for development in some regions of Brazil. The cultivar *Hayward* stands out on account of its production of fruits with excellent flavour, size, conservation and nutritional value. Osmotic dehydration prior to drying has been recommended in order to reduce the drying time and energy consumption and improve the sensory characteristics of the dried fruit. This study aimed at evaluating the effects of a pre-osmotic dehydration for two hours in a 65°Brix sucrose solution at 40°C with moderate shaking, on the quality parameters of kiwi slices dried with forced air circulation at a temperature of 40°C until reaching a residual moisture content of 25%, as compared to conventional drying. The results showed that the pre-treatment reduced the process time by 10%, increased the yield in weight before and after re-hydration by factors of 38 and 22% respectively and caused a 15% increase in ascorbic acid loss. The appearance and overall quality of the slices resulting from the two techniques were evaluated by non-trained judges using a non-structured hedonic scale and presentation of the samples both in the dry form and reconstituted in water and sugar. The acceptance means were significantly higher for the products submitted to a preliminary osmotic concentration.

Capítulo III

III.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, crescente atenção tem sido dada à qualidade de alimentos secos. O método de secagem e as conseqüentes alterações físico-químicas podem afetar ao final do processo as propriedades sensoriais e nutricionais. Segundo MASKAN (2000) a maior vida-de-prateleira, a diversidade de produtos e a substancial redução de volume são as principais razões para a popularidade de frutas e hortaliças secas, que pode ser ainda mais expandida no futuro através de melhorias na qualidade dos produtos e maior eficiência dos processos, traduzindo-se assim em redução dos custos e aumento do grau de aceitação pelo mercado consumidor.

A secagem de frutas com circulação forçada de ar aquecido é amplamente utilizada devido a sua simplicidade operacional. No entanto, conforme JAYARAMAN & DAS GUPTA (1992), a maior inconveniência decorrente do seu uso, reside nos irreversíveis danos à aparência, textura e incompleta reidratação.

A pré-secagem osmótica como processo prévio à secagem com ar aquecido tem sido recomendada por vários pesquisadores, com o propósito de reduzir o tempo necessário à secagem e desta forma, além de diminuir o consumo de energia no processo, contribuir para a obtenção de produtos com boas características sensoriais (PONTING *et al.*, 1966; TORREGIANI, 1993; LENART & FLINK 1984). Segundo VALLE *et al.* (1998), a melhoria na qualidade de frutas secas previamente tratadas osmoticamente com açúcares deve-se ao acréscimo na relação sólidos solúveis/acidez, proteção dos pigmentos e componentes voláteis sensíveis ao calor, além da aquisição de boas propriedades reológicas após a reidratação.

Diversos autores realizaram pesquisas com osmo-secagem de frutas, entre os quais: QUINTERO-RAMOS *et al.* (1993), com maçã; SILVEIRA *et al.* (1984), com ameixa; SILVEIRA *et al.* (1996), com abacaxi e SANKAT *et al.* (1996). Nestes trabalhos constatou-se que a pré-secagem osmótica contribuiu em geral para a

melhoria da qualidade sensorial. ARGANDOÑA (1999) com goiaba e ARAÚJO (2000) com banana também relatam respectivamente melhora na cor e aparência geral dos produtos finais.

O kiwi é preferencialmente consumido *in natura*, sendo o seu aproveitamento industrial relativamente limitado em virtude da sua elevada susceptibilidade a alterações físico-químicas e sensoriais frente às técnicas convencionais de estabilização.

Vários trabalhos de pré-secagem osmótica avaliando aspectos como a cinética da transferência de massa (ESCRICHE *et al.* 2000), mudanças na cor (LEUNDA *et al.* 2000), perda de ácido ascórbico (ABUGOCH & GUARDA, 1991) e a influência de variáveis do processo na cor e conteúdo de ácido ascórbico (Vial *et al.* 1991) foram realizados com este fruto. Por sua vez, SIMMONS (1978), PANAGIOTOU *et al.* (1998) e MASKAN (2000) efetuaram trabalhos de secagem com ar aquecido. Entretanto, são encontradas escassas informações bibliográficas referentes ao processo combinado da pré-secagem osmótica e secagem em kiwi.

Neste trabalho buscou-se avaliar a influência da pré-secagem osmótica na qualidade de fatias de kiwi secas com circulação forçada de ar aquecido, comparativamente à secagem convencional.

III.2. MATERIAL E MÉTODOS

III.2.1 MATERIAL

III.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Utilizou-se aproximadamente 5kg de frutos de kiwi adquiridos no pomar da KIWI BONA AGRICOLA localizado em Campos do Jordão-SP, cultivar *Hayward*. Os frutos foram conservados temporariamente em câmara fria a 1-3°C, localizada no DTA/FEA/UNICAMP.

III.2.1.2. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados foram:

- Agitador *shaker* com controle termostático, marca Marconi, modelo 830;
- Texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX2, marca Stable Systems;
- Medidor de atividade de água Aqualab, modelo Cx-2 Decagon;
- Estufa a vácuo, *VWR Scientific*, modelo 1400 E;
- Anemômetro Cole Parmer, modelo 37000-00;
- Estufa marca Fanem, modelo 330.

III.2.2 MÉTODOS

III.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Os kiwis foram lavados, descascados manualmente com faca inoxidável, cortados em fatias com 10-11mm de espessura e imersas em solução de metabissulfito de potássio a 1% por 15 minutos a 40°C.

III.2.2.2. PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA

Fatias de kiwi foram pré-desidratadas em xarope de sacarose a 65% (p/p) de sólidos solúveis na proporção 4:1 (xarope:fatias) e submetidas a moderada agitação em *shaker* com 75 oscilações/minuto e amplitude de 1cm durante 2 horas a 40±0,2°C, tendo sido realizadas três repetições. Os parâmetros perda de peso (PP), perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS), foram determinados e expressos em porcentagem, de acordo com LARANJEIRA (1997).

$$PP (\%) = 100 (1 - m_f/m_i)$$

$$PU (\%) = 100 (U_i m_i - U_f m_f)/m_i$$

$$IS (\%) = 100 (ST_f m_f - ST_i m_i)/m_i$$

Onde:

PP (%) = perda porcentual de peso das fatias;

PU (%) = perda porcentual de umidade com base na massa inicial de fatias;

IS (%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial de fatias;

m_i = massa inicial de fatias;

m_f = massa final em determinado tempo de processo;

ST_i = porcentual inicial de sólidos totais das fatias;

ST_f = porcentual final de sólidos totais das fatias em determinado tempo de processo.

III.2.2.3. SECAGEM

Fatias de kiwi *in natura* e fatias pré-desidratadas parcialmente em solução osmótica foram submetidas à secagem em bandejas revestidas previamente com papel alumínio em estufa com circulação forçada de ar aquecido média de 1,2m/s, a $40\pm 3^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura foi escolhida com base nos ensaios prévios realizados com fatias de kiwi. A variação relativa de peso foi registrada através de pesagens das fatias dos dois tratamentos a cada 3 horas. O término da secagem foi determinado através do cálculo prévio do peso final das fatias de kiwi a ser atingido, calculado a partir do conhecimento do peso inicial, umidade inicial das amostras e da umidade final a ser atingida, com base na Resolução 12/78 da ANVISA que estabelece 25% de umidade residual como limite máximo em frutas secas. Utilizou-se a seguinte fórmula para o estabelecimento do peso final: $P_f = [P_i (100 - U_i)/(100 - U_f)]$, onde:

P_f : Peso final das fatias a atingir;

P_i : Peso inicial das fatias;

U_i : Umidade inicial das fatias;

U_f : Umidade final das fatias.

III.2.2.4. DETERMINAÇÕES

Amostras de fatias de kiwi *in natura*, fatias submetidas à pré-secagem osmótica e fatias secas com e sem o pré-tratamento foram analisadas, em triplicata, determinando-se:

a) SÓLIDOS TOTAIS

Conforme recomendado pela A.O.A.C (1995), método 9245, adaptado com secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido a 40°C por 12 horas e posterior transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e pesagens consecutivas a cada 1 hora, até peso constante.

b) ATIVIDADE DE ÁGUA

Determinada em higrômetro marca AQUALAB, modelo CX-2, após as cápsulas próprias do equipamento contendo as amostras terem atingido 20°C em banho térmico acoplado. Para a calibração do equipamento foram utilizadas soluções-padrão saturadas de nitrato de magnésio ($0,544 \pm 0,002$), cloreto de sódio ($0,755 \pm 0,001$), cloreto de potássio ($0,861 \pm 0,003$) e água destilada ($1,000 \pm 0,003$).

c) ÁCIDO ASCÓRBICO

Foi determinado por volumetria de oxi-redução com titulação das amostras com solução 2,6-dicloro-fenol indofenol-sódico (DCFI), segundo o método 43.056 da A.O.A.C (1984), modificado por BENASSI (1990).

d) CAPACIDADE DE REIDRATAÇÃO

Adotou-se o mesmo procedimento que MASKAN (2000), com pesagem inicial das fatias e imersão em água destilada a 50°C por 60 minutos, seguido de drenagem em peneira com malha de 1mm por 30 segundos e rápido enxágüe com água destilada, secagem suave com papel absorvente para a remoção da água superficial e nova pesagem. Na expressão dos resultados, em porcentual de água incorporada, levou-se em consideração a diferença de peso entre as amostras .

III.2.2.5. AVALIAÇÃO DA FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA

A avaliação foi realizada em *Texturômetro Universal Testing Machine*, modelo TA-TX2, marca *Stable Systems*. Ensaios prévios levaram à escolha de uma sonda cilíndrica com 50mm de diâmetro a velocidade de 1mm/s para a determinação da força máxima necessária à ruptura das fatias de kiwi com aproximadamente 6mm

de espessura e 36mm de diâmetro. Previamente a análise as fatias secas foram reidratadas em água destilada durante 60 minutos. A amostra foi composta de 3 fatias e foram avaliadas fatias *in natura* e fatias provenientes da pré-secagem osmótica, secagem em estufa e tratamento osmótico combinado com a secagem em estufa.

III.2.2.6. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Avaliaram-se amostras de fatias de kiwi *in natura* e fatias resultantes da pré-secagem osmótica por 120 minutos. Foram realizadas pesquisas de coliformes totais/fecais e bolores/leveduras, conforme metodologia da *APHA-American Public Health Association* (VANDERSANT & SPLITSTTOESSER, 1992).

III.2.2.7. AVALIAÇÃO SENSORIAL

As duas amostras resultantes da secagem de fatias de kiwi *in natura* e fatias previamente submetidas ao processo osmótico foram avaliadas por 36 julgadores não treinados através de teste de aceitação, utilizando-se uma ficha de avaliação (ANEXO II) com escala hedônica não estruturada, variando de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei muitíssimo), conforme MORAES (1993).

As amostras foram avaliadas sob dois aspectos, numa mesma sessão. Inicialmente solicitou-se aos julgadores para expressarem a sua impressão considerando somente a aparência geral das amostras secas. Este procedimento deve-se ao fato de que várias frutas secas, e entre incluem-se as fatias de kiwi, apresentam-se demasiadamente duras para consumo direto, apesar de possuírem teor de umidade de 25% aproximadamente. A seguir, as fatias foram apresentadas na forma reconstituída com água e açúcar, tendo-se solicitado nessa fase que os provadores avaliassem a qualidade global através na degustação.

Capítulo III

Na reconstituição das amostras levaram-se em consideração testes preliminares, optando-se por realizá-la através de imersão das fatias em solução a 30°Brix por 12 horas à temperatura ambiente, na proporção 1:1(p/p) (fatias:solução de sacarose), seguido de aquecimento até o ponto de fervura e resfriamento à temperatura ambiente. A adição da sacarose teve o propósito de atenuar a acidez natural das fatias, melhorando desta maneira o sabor. A apresentação das amostras procedeu-se de forma inteiramente casualizada e codificadas com números aleatórios de três dígitos.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tuckey para verificar possível diferença significativa entre as amostras secas com e sem desidratação osmótica anterior ao processo nas duas formas de apresentação, a um nível de confiança de 5%, utilizando-se o Programa *STATISTICA 5.0*.

III.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

III.3.1 PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA

Os valores médios obtidos para os parâmetros de transferência de massa resultantes da pré-secagem osmótica por duas horas em solução de sacarose a 65°Brix, em *shaker* a 75 oscilações/minuto e a 40°C estão apresentados na Tabela III.1.

Tabela III.1- Transferência de massa nas fatias de kiwi durante a pré-secagem osmótica

Parâmetros	Valores (g/100g)	Desvio Padrão (\pm)
Perda de umidade	27,00	0,65
Perda de peso	23,16	0,37
Ganho de sólidos	3,84	0,18

III.3.2 VARIAÇÃO RELATIVA DE PESO, UMIDADE E ATIVIDADE E ÁGUA

A Tabela III.2 apresenta a variação relativa de peso e o teor de umidade durante a secagem a 40°C de fatias de kiwi *in natura* e fatias submetidas à pré-secagem osmótica por 2 horas até atingir-se a umidade máxima pré-estabelecida de 25%, com base na legislação de frutas secas.

Pela observação dos resultados da Tabela III.2 pode-se verificar que a perda de água durante a secagem ocorreu em gradientes distintos em função da umidade inicial do produto, sendo portanto influenciada pelo tratamento prévio a secagem.

Tabela III.2 – Variação¹ relativa de peso e umidade (%) na secagem a 40 °C de fatias de kiwi

Tratamento	Tempo (horas)											
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
0 DO ²	VRP ³	100	73,56	51,39	42,67	36,97	31,27	27,9	25,62	23,86	22,27	21,15
	DP (±) ⁴		2,54	1,79	1,68	1,42	3,21	1,51	1,04	2,16	1,29	1,40
	U ⁵	83,70	77,84	68,28	61,80	55,90	47,88	41,56	36,37	31,07	26,80	22,93
	DP (±)	1,78	2,01	2,28	1,51	1,24	1,77	2,03	2,09	1,93	0,94	1,96
120 DO	VRP	100	77,53	64,26	58,82	47,30	41,95	39,35	36,49	35,60	33,81	-
	DP (±)		1,16	1,57	1,04	1,12	1,56	0,74	0,53	1,09	0,73	
	U	73,80	66,21	59,23	50,40	44,70	37,54	33,41	32,82	26,40	22,50	-
	DP (±)	0,73	1,20	1,15	0,80	1,05	1,10	1,12	1,24	0,94	0,85	

(¹): valores médios de três repetições

(²): desidratação osmótica

(³): variação relativa de peso

(⁴): desvio padrão

(⁵): teor de umidade

De acordo com LEWICKI & LUKASZUK (2000), a incorporação de substâncias osmoativas no tratamento preliminar resulta no aparecimento de uma superfície concentrada de sólidos que proporciona uma resistência adicional à transferência de massa e conduz à diminuição da taxa de eliminação de água, que segundo RAHMAN & LAMB (1990), é também afetada pela natureza higroscópica da sacarose na posterior secagem com ar aquecido. Por sua vez MAZZA (1983), enfatiza que a cristalização da sacarose diminui a difusividade do vapor de água durante a secagem no interior do produto, enquanto que o açúcar permanecendo dissolvido diminui a pressão do vapor de água, ou seja, em ambas as situações a taxa de remoção de água é reduzida nos produtos parcialmente secos por osmose. Além disso, a compactação da estrutura celular resultante do encolhimento devido a pré-secagem osmótica também contribui para a maior resistência à saída de água nas fatias.

As fatias pré-desidratadas até 73,8% atingiram o teor inferior a 25% de umidade residual em tempo de secagem 10% inferior aproximadamente, correspondente a 3 horas. Apesar da maior taxa de remoção de água nas fatias *in natura*, era esperada uma redução no tempo necessário ao processo para as fatias pré-desidratadas, principalmente em função do menor conteúdo inicial de umidade. O percentual de sólidos incorporados, embora relativamente baixo, conforme foi apresentado na Tabela III.1, também pode ter contribuído para esse fato.

A Tabela III.3 mostra a variação da atividade de água nas fatias de kiwi submetidas a diferentes condições de remoção de água.

Tabela III.3– Valores da atividade de água das fatias de kiwi nas diferentes condições.

Tratamentos			
<i>in natura</i>	Após DO	Após SEC	Após DO+SEC
0,985	0,969 ± 0,004	0,674 ± 0,006	0,624 ± 0,009

DO: desidratação osmótica das fatias por 2 horas a 40°C

SEC: secagem com circulação de ar forçado a 40°C

O teor de umidade nas fatias de kiwi após o tratamento osmótico de 73,80%, conforme apresentado na Tabela III.2, explica o valor elevado de 0,969 para a Aa, mostrado na Tabela III.3. Por sua vez, o conteúdo de umidade da amostra de fatias de kiwi ao final da secagem com ar forçado e da amostra de fatias pré-desidratadas em solução osmótica de sacarose é de aproximadamente 25%. Ao se comparar os valores da Aa nestas duas condições verifica-se que os sólidos incorporados na pré-secagem osmótica tiveram influência na redução desse parâmetro.

III.3.3 REIDRATAÇÃO E SÓLIDOS TOTAIS

Na Figura III.1 estão apresentados os percentuais do ganho de peso resultantes na reidratação após imersão durante uma hora em água destilada à 50°C,

respectivamente das fatias de kiwi submetidas somente à pré-secagem osmótica por duas horas, fatias secas na forma *in natura* e fatias secas com ar forçado após imersão na solução osmótica por duas horas a 40°C.

Segundo KROKIDA *et al.* (1999), na reidratação dos tecidos de frutas secas ocorrem três processos simultâneos: absorção de água pelo produto, expansão e lixiviação de sólidos solúveis.

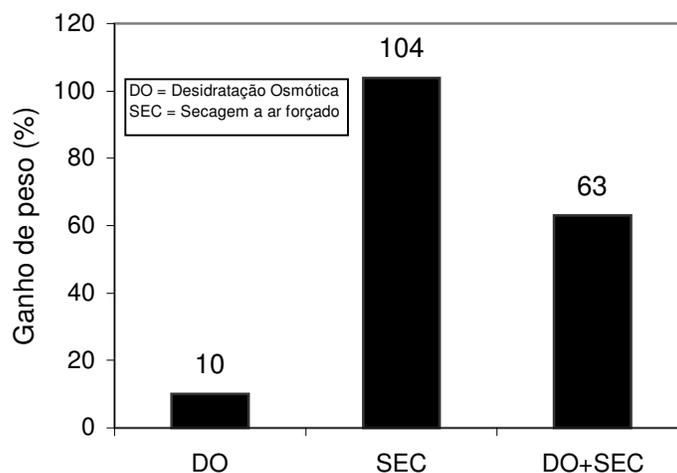


Figura III.1- Porcentuais do ganho de peso na reidratação das fatias de kiwi.

Ao observar-se a Figura III.1 verifica-se que ao final da reidratação, o ganho de peso porcentual de água reincorporado às fatias tratadas previamente em solução osmótica foi aproximadamente 40% inferior ao verificado na amostra que não recebeu este tratamento. Este fato pode estar relacionado com a maior resistência à absorção de água em decorrência da incorporação de sólidos provenientes da solução osmótica durante a pré-secagem. O teor de umidade inicial de aproximadamente 70% explica a baixa quantidade de água absorvida durante a reidratação das fatias submetidas somente ao tratamento osmótico.

MAZZA (1983) cita uma redução de até 50% na quantidade de água absorvida em estudo realizado com rodela de cenoura pré-desidratadas parcialmente em solução de sacarose a 60% de sólidos solúveis e posterior secagem com ar

aquecido a 50°C. O autor ressaltou, no entanto, que o rendimento final em peso após a reidratação é um aspecto que deve ser considerado.

Ao observar-se a Figura III.2 verifica-se que o peso total das amostras secas tratadas preliminarmente em solução osmótica representa um acréscimo de 60 e 28%, antes e após a reidratação das fatias respectivamente, em comparação com as amostras secas sem o tratamento prévio.

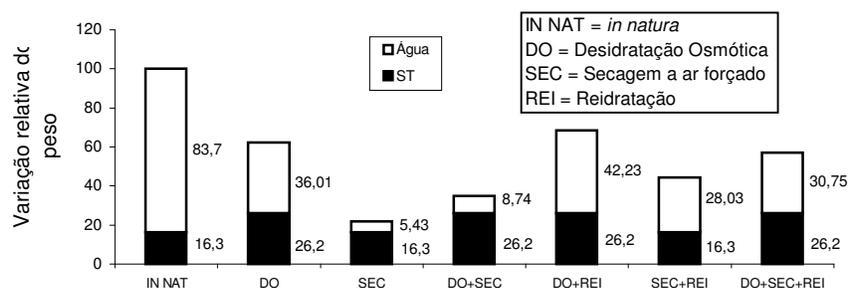


Figura III.2- Variação relativa no peso dos sólidos totais e no conteúdo de umidade das fatias de kiwi

Na comparação com o peso inicial das fatias *in natura* observa-se que as tratadas preliminarmente em solução osmótica apresentaram após a reidratação aproximadamente um ganho de peso 13% superior às secas diretamente em estufa. Os resultados revelam portanto, rendimento superior para as fatias submetidas a pré-secagem osmótica, apesar da sua menor capacidade de reidratação, mostrada na Figura III.1.

III.3.4 FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA

Na Figura III.3 estão apresentados os valores da das amostras de fatias de kiwi *in natura*, fatias reidratadas após a pré-secagem osmótica por duas horas e fatias secas reidratadas com e sem o tratamento osmótico prévio.

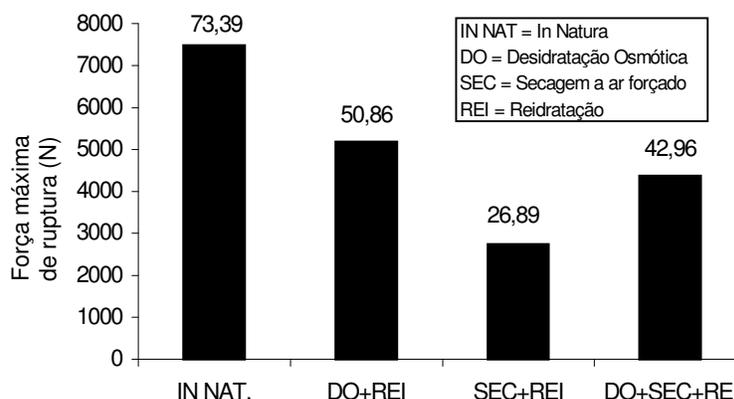


Figura III.3- Valores médios da força máxima de ruptura em fatias de kiwi.

Ao comparar-se os valores obtidos na amostra de fatias previamente imersas em solução de sacarose seguido de secagem com circulação de ar aquecido com os valores determinados nas fatias secas somente com ar aquecido, pode-se constatar que os solutos incorporados no tratamento osmótico exerceram influência positiva na firmeza, após a reidratação das fatias. Os solutos provavelmente conferiram maior rigidez à estrutura celular, contribuindo assim para obtenção de fatias com maior resistência ao rompimento e textura mais similar a fruta *in natura*. A maior maciez observada nas fatias tratadas pode ser relacionada, segundo LEWICKI & LUKASZUK (2000), à presença de substâncias osmoativas que modificam as suas propriedades físicas.

III.3.5 ÁCIDO ASCÓRBICO

Na Figura III.4, pode-se comparar o conteúdo de ácido ascórbico da amostra de fatias de kiwi *in natura* com os resultados encontrados nas fatias após a secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido à 40°C sem tratamento prévio e com as fatias em que aplicou-se o tratamento osmótico por 2 horas previamente a secagem.

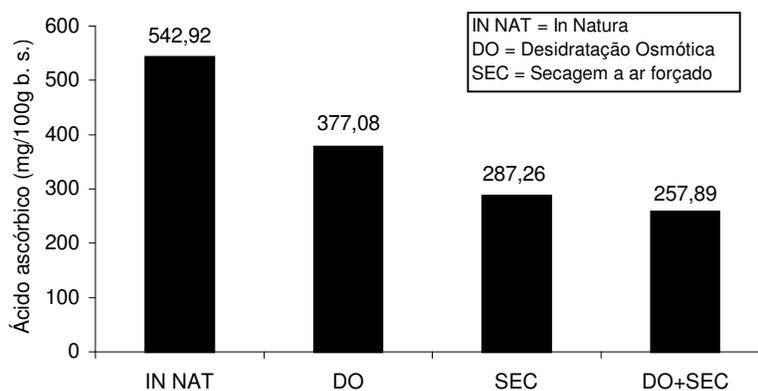


Figura III.4– Conteúdo de ácido ascórbico em base seca nas fatias de kiwi em várias condições.

Observa-se que a amostra pré-tratada apresentou ao final menor conteúdo em ácido ascórbico, revelando uma perda total final de aproximadamente 67% em relação à amostra *in natura*. No entanto é oportuno atentar para o fato de que 30,5% deste valor ocorreu na pré-secagem osmótica, tendo-se verificado assim uma perda aproximada de 36% na fase de secagem complementar, conforme é mostrado na Tabela III.4. Ao considerar-se conjuntamente a perda promovida pela secagem direta das fatias *in natura* de 53% e a perda verificada somente na secagem complementar das fatias pré-tratadas, os resultados parecem indicar que a pré-secagem osmótica atuou como agente protetor à oxidação do ácido ascórbico durante a secagem final com ar forçado.

Tabela III.4- Perdas de ácido ascórbico em fatias de kiwi decorrentes da desidratação osmótica e secagem.

Tratamentos			
<i>in natura</i>	DO (%)	SEC (%)	DO+SEC (%)
0	30,50 ± 1,86	53,21 ± 2,40	67,08 ± 1,68

DO: desidratação osmótica das fatias por 2 horas a 40°C

SEC: secagem com circulação de ar forçado a 40°C

Em trabalhos de osmo-secagem realizados com tomate (AZOUBEL,1999) e banana (ARAÚJO, 2000; EL-AOUAR 2001), também foram detectadas perdas totais maiores nas amostras que preliminarmente foram submetidas ao processo osmótico.

Os conteúdos finais próximos a 250 e 300mg/100g em base seca encontrados no presente estudo para as amostras com e sem tratamento prévio respectivamente, são teores ainda consideráveis para frutas secas, apesar das perdas observadas.

III.3.6 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Na Tabela III.5 são apresentados os resultados das determinações microbiológicas das fatias de kiwi após secagem *in natura* e secagem após a pré-secagem osmótica, até a umidade residual aproximada de 25%.

Tabela III.5– Avaliação microbiológica das amostras de fatias de kiwi desidratadas

Amostras	Bolores e leveduras (UFC/g)	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes fecais (NMP/g)
SEC ¹ <i>in natura</i>	3,4 x 10 ²	1,8x10 ²	0
DO ² + SEC	4,1 x 10 ²	3,4 x 10 ²	0

(¹): fatias *in natura* secas a 40°C

(²): fatias submetidas a desidratação osmótica por 2 horas e secas a 40°C

UFC: unidade formadora de colônia

NMP: número mais provável

Os produtos apresentaram contagens inferiores às máximas estipuladas pela RDC nº 12 (ANVISA 2001) para frutas secas, atendendo portanto aos requisitos da legislação vigente.

III.3.7 ANÁLISE SENSORIAL

A Figura III.5 apresenta os valores médios da análise sensorial de fatias secas de kiwi quanto a aparência geral, através da apresentação das amostras sem proceder-se a reconstituição, e os valores médios da avaliação da qualidade global através da degustação de fatias secas previamente reconstituídas com água e açúcar.

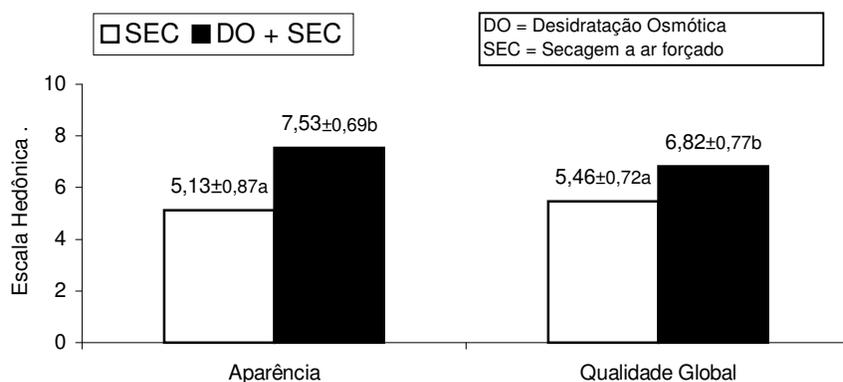


Figura III.5– Valores médios atribuídos às fatias de kiwi na análise sensorial.

Observa-se que as fatias submetidas a pré-secagem osmótica anteriormente a secagem final com ar forçado apresentaram maior aceitação da sua aparência geral como também da sua qualidade global, em relação às fatias secas não previamente tratadas, com significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. Quanto a aparência, os julgadores classificaram as fatias submetidas à pré-secagem osmótica entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” na escala hedônica. A aparência da amostra que não recebeu o tratamento osmótico previamente à secagem foi classificada entre “não gostei nem desgostei” e “gostei ligeiramente”. Por sua vez na avaliação da qualidade geral, avaliada através da degustação das fatias de kiwi reconstituídas, os provadores classificaram as fatias submetidas à pré-secagem osmótica entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, enquanto que as fatias que não receberam o tratamento osmótico previamente à secagem foram classificadas entre “não gostei nem desgostei” e “gostei ligeiramente”.

Através da Figura III.5 verifica-se também que a reconstituição com água e açúcar parece favorecer a aceitação da amostra que não recebeu o tratamento osmótico previamente à secagem, o que não ocorreu com a amostra submetida ao tratamento prévio.

A Figura III.6 permite a comparação visual das amostras após a secagem das fatias.

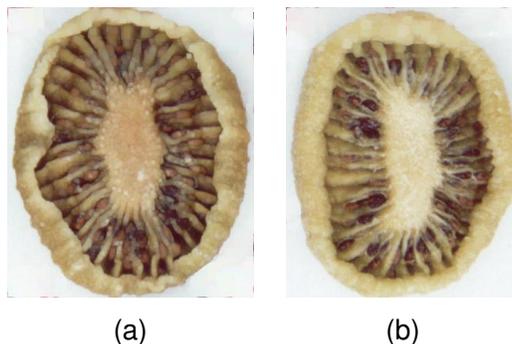


Figura III.6- Fatias secas *in natura* (a) e com prévia desidratação osmótica(b).

Pode-se perceber o efeito da pré-secagem osmótica sobre a aparência ao final do processo quando as fatias atingiram o teor de 25% de umidade, principalmente no que diz respeito ao grau de encolhimento e coloração das fatias, cujos aspectos foram predominantemente ressaltados pelos avaliadores nos comentários adicionais registrados na ficha de avaliação. Também através de comentários complementares na mesma ficha, alguns provadores justificaram sua avaliação relativamente aos valores atribuídos a qualidade global, fazendo referência principalmente a maior firmeza, seguido do aroma mais pronunciado e sabor mais agradável das fatias reconstituídas que foram submetidas à osmose previamente à secagem.

III.4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o estudo foi realizado, pode-se concluir que:

- a pré-secagem osmótica proporcionou uma redução aproximada de 10% no tempo necessário à secagem, um incremento respectivamente de 60 e 28% no rendimento em peso das amostras antes e após a reidratação e uma perda em ácido ascórbico aproximadamente 15% superior, em comparação à secagem de fatias de kiwi na forma convencional;
- na avaliação das amostras secas e reconstituídas, evidenciou-se que a pré-secagem osmótica conferiu propriedades sensoriais às fatias que se traduziram em médias de aceitação significativamente superiores aquelas obtidas pelas amostras não submetidas a este tratamento, notadamente em relação à aparência e a sua firmeza, contribuindo assim para a melhora da qualidade geral de fatias de kiwi secas com circulação forçada de ar aquecido.

III.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUGOCH, L.; ABEL GUARDA, M. Estudio de la perdida de acido ascorbico total en rodajas de kiwi durante la deshidratacion osmotica. **Alimentos**, Santiago, v. 16, n. 5, 1991.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Frutas Secas ou Dessecadas. Resolução nº 12, de 24 de julho de 1978. **Documento**, Brasília, p. 1-2. 1978.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Documento**, Brasília, p. 1-49. 2001.

A.O.A.C **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis; 16th ed.; Washington, 1995.

ARAÚJO, E. A. F. **Estudo da cinética de secagem de fatias de banana nanica (*Musa ocimimiate* Var. Cavendish) osmoticamente desidratada**. Campinas, 2000. 87p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

ARGANDOÑA, E. J. S. **Desidratação de goiaba por imersão e secagem**. Campinas, 1999. 102p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

AZOUBEL, P. M. **Estudo da cinética de desidratação por imersão e secagem e tomate e cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*)**. Campinas, 1999.

87p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BENASSI, M. T. **Análise dos estudos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados.** Campinas, 1990. 159p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

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

ESCRICHE, I.; GARCIA-PINCHI, R.; ANDRÉS, A.; FITO, P. Osmotic dehydration of kiwifruit (*Actinidia chinensis*): fluxes and mass transfer kinetics. **Journal of Food Processing**, Trumbull, v. 23, n. 3, p. 191-205, 2000.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, K. Dehydration of fruits and vegetables. Recent developments in principles and techniques. **Drying Technology**, Monticello, v. 10, n. 1, p. 1-50, 1992.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B. Viscoelastic behaviour of dehydrated products during rehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 269-277, 1999.

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de abacaxi (*Ananas comosus L.*) para aplicação à tecnologia de métodos combinados.** Campinas, 1997. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LENART, A.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of potato. II. spatial distribution on the osmotic effect. **Journal Food Technology**, London, v. 19, n. 4, p. 65-89, 1984.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, Monticello, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

LEUNDA, M. A.; GUERRERO, S. N.; ALZAMORA, S. M. Color and chlorophyll content changes of minimally processed kiwifruit. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 24, n. 1, p. 17-38, 2000.

LEWICKI, P. P.; LUKASZUK. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 119-126, 2000.

MASKAN, M. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 48, n. 177-182, 2000.

MAZZA, G.; LEMAGUER, M. Dehydration of carrots: effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. **Journal of Food Technology**, London, v. 18, n. 1, p. 113-123, 1983.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: Unicamp, 1993. 93p.

PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 267-284, 1998.

PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, Chicago, v. 20, n. 10, p. 1365-1368, 1966.

QUINTERO-RAMOS, A.; DE LA VEGA, C.; HERNÁNDEZ, E.; ANZALDÚA-MORALES, A. Efect of the conditions of osmotic treatment on the quality of dried apple dices. **AIChE Symposium Series**, New York v. 89, n. 297, p. 108-113, 1993.

RAHMAN, M. S.; LAMB, J. Osmotic dehydration of pineapple. **Journal of Food Science and Technology**, Glasgow, v. 27, n. 3, p. 150-152, 1990.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F.; MAHARAJ, R. The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 123-135, 1996.

SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; MORI, E. E. M.; FIGUEIREDO, I. B. Secagem de ameixa cultivar carmesim III. Efeito da pré-secagem osmótica nas características organolépticas do produto final. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 239-256, 1984.

SILVEIRA, E. T. F.; RAHMAN, M. S.; BUCKLE, K. A. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. **Food Research International**, Ottawa, v. 29, n. 3/4, p. 227-233, 1996.

SIMMONS, I. D. Drying and candying of chinese gooseberries. **Food Technology in Australia**, Sydney, n. 6, p. 236-239, 1978.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, London, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

Capítulo III

VALLE, J. M.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, Ottawa, v. 31, n. 3, p. 191-204, 1998.

VANDERSANT, C. & SPLITSTTO ESSER, F.D. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3th ed. **American Public Health Association** (APHA), Washington, DC., 1992, 1219p.

**CAPÍTULO IV. EFEITO DO OSMO-CONGELAMENTO NA
QUALIDADE DE FATIAS DE KIWI**

RESUMO

No Brasil, entre as frutíferas de clima temperado, o kiwi tem apresentado crescente aumento no consumo nos últimos anos. O congelamento convencional desse fruto na forma de fatias resulta em acentuada alteração da estrutura celular, cujo grau depende da quantidade de água presente e da velocidade de formação de cristais de gelo. Neste trabalho avaliou-se o efeito da pré-secagem osmótica por imersão e moderada agitação em xarope de sacarose a 65°Brix e 40°C combinada com diferentes métodos de congelamento sobre a qualidade final. Fatias sem e com a pré-secagem osmótica durante 120 e 240 minutos revestidas com papel alumínio, foram congeladas mediante três métodos: a) em ar estático utilizando *freezer* a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 12 horas, b) em contato com placas a $-44\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 60 minutos e c) por imersão em nitrogênio líquido a -196°C durante 15 segundos. Após, todas as amostras foram imediatamente transferidas para um recipiente de isopor e estocadas em câmara fria a -20°C por uma semana, avaliando-se então a exsudação e a firmeza através da metodologia de superfície de resposta. Os resultados experimentais permitiram concluir que a pré-secagem osmótica exerceu maior influência do que as taxas de congelamento na redução do líquido exsudado e no aumento da firmeza após o descongelamento nos níveis estudados. O processo prévio também revelou a possibilidade da adoção de métodos convencionais de congelamento com boa manutenção das propriedades originais nas fatias de kiwi. A remoção de água e o simultâneo ingresso de solutos durante a desidratação osmótica contribuiu para a melhora da aparência, textura e proporcionou a intensificação da coloração esverdeada.

Capítulo IV

SUMMARY

Of the temperate climate fruits cultivated in Brazil, kiwi has presented a constant increase in consumption over the last few years. Conventional freezing of this fruit in the form of slices results in accentuated alterations of the cellular structure, the degree depending on the amount of water present and the velocity of ice crystal formation. This study evaluated the effect of prior immersion in a 65°Brix sucrose solution at 40°C with moderate shaking, combined with different rates of freezing, on the final quality. Slices with and without pre-treatment for 120 and 240 minutes, were wrapped in aluminium paper and frozen by three methods as follows: a) static air using a freezer at $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 12 hours, b) contact with plates at $-44\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 60 minutes and c) immersion in liquid nitrogen at -196°C for 15 seconds. After treatment the samples were immediately transferred to a cold box and stored in a cold chamber at -20°C for one week before determining the degree of exudation and firmness of the samples using response surface methodology. At the levels studied, the results allowed for the conclusion that prior osmotic dehydration exerted a greater influence on the reduction in exudation and increase in firmness after defrosting, than the rate of freezing. The pre-treatment also allowed for the possibility of using conventional methods of freezing with good maintenance of the original properties of the kiwi slices. The removal of water and simultaneous intake of solutes during the osmotic dehydration contributed to an improvement in appearance and texture and allowed for an intensification of the green colour.

Capítulo IV

IV.1. INTRODUÇÃO

Apesar da popularidade dos alimentos congelados, o mercado de frutas congeladas ainda é pequeno. A preservação de frutas por congelamento bem sucedida pode manter a distribuição constante durante todo o ano e abastecer o mercado das regiões mais distantes a preços razoáveis (LAZARIDES & MAVROUDIS, 1995).

Nos processos convencionais de congelamento e descongelamento a estrutura celular das frutas é drasticamente afetada. O grau dessa alteração é dependente da quantidade de água presente e da taxa de congelamento utilizada.

A velocidade no congelamento determina a forma como a água se arranja no produto, formando cristais de gelo de tamanho variado e, desta forma, afeta sua qualidade (HELDMAN, 1983). Além do tamanho, também a localização dos cristais afeta a textura final (MARTI & AGUILLERA, 1991). Durante o processo formam-se cristais inter e intracelulares, cujo tamanho é governado pelas condições do congelamento (SHOMER *et al.* 1998).

A qualidade de produtos congelados relaciona-se com a avaliação das características sensoriais como a aparência geral, cor, odor, sabor e textura. Um fator importante diz respeito à análise da firmeza após o descongelamento, relacionado com o amolecimento decorrente da liberação de líquido exsudado. Em frutas as alterações na firmeza estão associadas com as modificações estruturais das células, como a resistência da parede, coesão, espaços intercelulares e a sua composição química. A avaliação da perda de turgescência por exsudação é um importante parâmetro de sua qualidade. A prévia remoção parcial da água dos tecidos aliada a técnica apropriada na utilização do frio de forma a minimizar as alterações estruturais, são sempre aspectos a serem considerados para o êxito no congelamento de frutas.

Uma diminuição no conteúdo de água da matéria-prima resulta em diminuição da quantidade de água a ser congelada, possibilitando assim uma redução na carga frigorífica necessária para o congelamento. Por conseqüência, produtos osmo-congelados têm menor custo no acondicionamento, distribuição e estocagem, além da manutenção na qualidade (BISWAL *et al.*, 1991; AGNELLI *et al.*, 2004). Segundo SUUTARINEN *et al.*, (2000) com a diminuição na água livre e conseqüente redução na exsudação, consegue-se melhora na aparência, no sabor, no aroma e no comportamento reológico dos produtos.

O congelamento e o descongelamento são métodos complexos que envolvem transferência de calor e possibilitam uma série de mudanças físicas e químicas que podem afetar acentuadamente a qualidade do produto.

O osmo-congelamento possibilita reduzir o tempo no congelamento (LI *et al.*, 2002) e a sua utilização tem sido proposta para remover parcialmente a água e assim diminuir os efeitos adversos do congelamento, com a conseqüente redução do colapso e perda de líquido celular (FORNI *et al.* 1990). A diminuição do líquido exsudado será proporcional ao tempo de osmose (LAZARIDES & MAVROUDIS, 1995).

A prévia desidratação osmótica apresenta-se como uma alternativa em potencial para reduzir o gasto com energia no congelamento de vegetais com elevado conteúdo de água (ANDREOTTI, 1977; HUXSOLL, 1982; GARROTE & BERTONE, 1989; RAOULT-WACK *et al.*, 1992; TORREGGIANI, 1993;).

BOLIN & HUXOL (1993) trabalharam com pêras em pedaços e observaram ser necessária uma perda de peso na faixa 20-30% durante o tratamento osmótico para obter-se adequada firmeza após o descongelamento. Conforme TORREGGIANI & BERTOLO (2001) além da melhora na textura, a penetração de solutos combinada com o efeito da desidratação pode modificar a composição e contribuir para a retenção de pigmentos, vitaminas e compostos aromáticos durante o

armazenamento congelado. O efeito protetor decorrente da redução no conteúdo de água sobrepõe-se aos danos ocasionados nos tecidos pelo processo. TREGUNO & GOFF (1996), observaram que a presença dos açúcares incorporados durante a pré-secagem osmótica, aumentou a firmeza das fatias após o descongelamento em comparação às amostras não tratadas. Os autores verificaram que os açúcares incorporados atuam como crioprotetores das células no congelamento e descongelamento, mantendo dessa forma a integridade da membrana celular.

A influência do osmo-congelamento na coloração e transferência de massa em fatias de kiwi de 1cm de espessura foi analisada por TALENS *et al.*, (2001). O tratamento osmótico foi levado a efeito a pressão atmosférica e através de vácuo pulsante em soluções de sacarose a 35, 45, 55 e 65°Brix à 40°C até atingir-se a concentração de 30°Brix nas amostras e o congelamento foi realizado a -40°C em ar estático. A baixa viscosidade de soluções pouco concentradas e o vácuo pulsante favoreceram o efeito hidrodinâmico da entrada da solução para os poros, resultando em baixa perda de umidade e longo tempo de processo, o que segundo os autores levou à desnaturação das membranas celulares e promoveu elevado ganho de sólidos. Pequenas mudanças foram observadas na coloração final das fatias em razão da baixa degradação da clorofila, atribuída a temperatura moderada utilizada no processo. Amostras tratadas a 65°Brix apresentaram maior firmeza após o tratamento prévio e após o descongelamento revelaram uma coloração mais intensa. As amostras tratadas a 35 e 45°Brix e com vácuo pulsante apresentaram elevado grau de exsudação.

Vários outros pesquisadores realizaram trabalhos de osmo-congelamento com diferentes frutas, entre os quais: ANDREOTTI *et al.* (1985), com pêssego; TOMASICCHIO *et al.* (1986), com abacaxi, morango e ameixa; BOLIN & HUXSOLL (1993) e TOMASICCHIO *et al.* (1989), com pera; TOMASICCHIO & ANDREOTTI (1990), com manga; ERBA *et al.* (1994), com pêssego; TREGUNO & GOFF (1996) e LAZARIDES & MAVROUDIS (1995), com maçã e FORNI *et al.* (1997), com damasco.

Estudos sobre a influência dos métodos de congelamento na qualidade de frutas congeladas são relatados por MARTI & AGUILERA (1991), HUNG & THOMPSON (1989), COOKE *et al.* (1976) e LENARTOWICZ *et al.* (1979), entre outros.

A pré-secagem osmótica tem sido reportada como uma etapa fundamental no congelamento de kiwis para reduzir o seu conteúdo em água livre (CHIRALT *et al.*, 2001). CRIVELLI *et al.* (1990), citam que kiwis osmo-congelados sob diferentes formas podem ser destinados ao consumo direto ou à preparação de produtos como salada de fruta. Os autores relatam a excelente manutenção da cor original e boa aceitação do sabor, aroma e textura em teste sensorial. ROBBERS *et al.* (1997) avaliaram kiwis da cultivar *Hayward* congelando cubos com 40, 50 e 60% de umidade, pré-secos com ar aquecido a 32° C ou pré-desidratados osmoticamente em solução de sacarose a 60 ou 72° Brix. A cultivar *Abbott* foi investigada por FORNI *et al.* (1990), utilizando fatias de 10mm e solução osmótica de sacarose a 70° Brix e 25° C, congelando posteriormente as fatias em sistema *Individual Quick Freezing* por 15 minutos.

Em trabalho realizado por TOMASICCHIO & ANDREOTTI (1990) com fatias de manga a desidratação parcial até 50% de redução de peso seguido de congelamento a -40° C com circulação forçada de ar possibilitou boa preservação das características sensoriais após a estocagem a -25° C por 3 meses. RESENDE (1995) também trabalhou com fatias de manga e verificou acentuada redução nos valores da exsudação para níveis até 30% de água previamente removida. Observou melhora na textura das fatias, em comparação às amostras *in natura*. submetidas aos mesmos processos de congelamento. A velocidade de congelamento não resultou em efeito significativo para as amostras em que foi realizado o tratamento osmótico em níveis acima de 20% de água removida.

Para avaliar o efeito da velocidade de congelamento na qualidade final de mirtilo e amora, MARTÍ & AGUILERA (1991) utilizaram ar estático a -23±2° C, placas a

-50°C e imersão em nitrogênio líquido. Os autores observaram melhora na textura e redução na exsudação quando as frutas foram congeladas em nitrogênio e quando foi utilizado o congelamento lento a estrutura celular em ambas as frutas foi drasticamente afetada.

No Brasil, entre as frutíferas de clima temperado, o kiwi tem apresentado crescente elevação de consumo nos últimos anos na forma *in natura*. No entanto, o aproveitamento industrial dos volumes excedentes ainda é inexpressivo.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da pré-secagem osmótica combinada com diferentes métodos de congelamento sobre a qualidade final, através da determinação do grau de exsudação e firmeza de fatias de kiwi após o descongelamento.

IV.2. MATERIAL E MÉTODOS

IV.2.1 MATERIAL

IV.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Neste trabalho utilizaram-se aproximadamente 5kg de frutos da cv. *Hayward*, adquiridos diretamente do proprietário da KIWI BONA AGRÍCOLA, Campos do Jordão-SP, safra 2000. Após a colheita os frutos foram transportados e armazenados a $2\pm 1^{\circ}$ C até a sua utilização nos experimentos.

IV.2.1.2. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados foram:

- Agitador tipo *Shaker* com controle termostático, marca MARCONI, modelo 830;
- Texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX2, marca Stable Systems;
- Freezer horizontal marca METAL FRIO, modelo HC - 4;
- Congelador de placas marca FRIGOSTRELLA , modelo PM -5.

IV.2.1.3. AGENTE DESIDRATANTE

Solução preparada com sacarose e água destilada, na concentração de 65°Brix.

IV.2.2 MÉTODOS

IV.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Após a retirada da câmara fria os frutos permaneceram a temperatura ambiente por 3 dias. Este período foi estabelecido por conferir aos frutos a consistência considerada adequada à sua utilização, conforme testes prévios realizados. Neste estágio os frutos apresentaram conteúdo em sólidos solúveis de 12–13º Brix. A seguir os frutos foram lavados em água potável, descascados e cortados manualmente com facas inoxidáveis, selecionando-se para o experimento as quatro fatias centrais de cada fruto.

IV.2.2.2. PRÉ-DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A pré-desidratação osmótica foi realizada através da imersão das fatias em solução de sacarose a 65º Brix, proporção fruta/solução 1:4 (p/p), a 40º C, utilizando *Erlenmeyer* de 6 litros e *shaker* com 75 oscilações por minuto e amplitude de 1cm, durante 120 e 240 minutos. A perda de peso (PP), perda de umidade (PU) e a incorporação de sólidos (IS), expressos em porcentagem, foram determinadas para cada tempo de pré-secagem osmótica a partir das seguintes equações, de acordo com LARANJEIRA (1997).

$$PP (\%) = 100 (1 - m_f / m_i)$$

$$PU (\%) = 100 (U_i m_i - U_f m_f) / m_i$$

$$IS (\%) = 100 (ST_f m_f - ST_i m_i) / m_i$$

Onde:

PP (%) = perda porcentual de peso das fatias;

PU (%) = perda porcentual de umidade com base na massa inicial de fatias;

IS (%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial de fatias;

m_i = massa inicial de fatias;

m_f = massa final em determinado tempo de processo;

ST_i = percentual inicial de sólidos totais das fatias;

ST_f = percentual final de sólidos totais das fatias em determinado tempo de processo.

IV.2.2.3. CONGELAMENTO

Os ensaios foram realizados com as amostras de fatias de kiwi *in natura* e fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 120 e 240 minutos. Para comparar os efeitos do congelamento lento, do congelamento em uma condição intermediária e o efeito do congelamento rápido nas fatias, foram utilizadas as seguintes condições:

a) congelamento em ar estático: as amostras foram colocadas em *freezer* horizontal a $-20 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 12 horas, após o prévio agrupamento das fatias em camada horizontal única, revestida com papel alumínio;

b) congelamento em placas: as amostras foram colocadas em bandejas de congelador de placas a $-44 \pm 2^\circ \text{C}$ durante por 60 minutos, após o prévio agrupamento das fatias em camada horizontal única, revestida com papel alumínio, e;

c) congelamento em nitrogênio líquido: as amostras foram imersas a aproximadamente -196°C durante 15 segundos, após o prévio agrupamento das fatias em camada horizontal única, revestida com papel alumínio, seguido de acondicionamento complementar em filme laminado com fechamento através de seladora elétrica.

Após o congelamento as amostras foram imediatamente transferidas para um recipiente de isopor e estocadas em câmara de estocagem a -20°C por uma semana, efetuando-se então as determinações propostas.

IV.2.2.4. DETERMINAÇÕES

a) SÓLIDOS TOTAIS

Conforme recomendado pela A.O.A.C (1995), método 9245, adaptado com secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido a 40°C por 12 horas e posterior transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e pesagens consecutivas a cada 1 hora, até peso constante.

b) EXUDAÇÃO

Para determinar o efeito combinado dos métodos de congelamento com a pré-secagem osmótica na quantidade de líquido exsudado, adotou-se o procedimento utilizado por FÜSTER *et al.* (1994). Inicialmente registrou-se o peso de um conjunto proveta+funil coberto com papel alumínio, seguido de imediata colocação da fatia congelada de kiwi no funil e pesagem do conjunto. Após permanecer em repouso por 2 horas a temperatura ambiente, retirou-se a fatia e a seguir procedeu-se a pesagem final do conjunto. Dessa forma, obteve-se pela diferença de peso entre o conjunto contendo o líquido gotejado e o conjunto sem o líquido gotejado, a quantidade de líquido exsudado após o descongelamento. A determinação foi realizada em triplicata e a expressão dos resultados em g/100g da amostra.

c) TEXTURA INSTRUMENTAL

A determinação da força máxima de ruptura em foi realizada em *Texturômetro Universal Testing Machine*, modelo TA-TX2, marca *Stable Systems*. As fatias de kiwi, após descongeladas a temperatura ambiente por duas horas foram submetidas à compressão através de uma sonda cilíndrica com 50mm de diâmetro a

velocidade de 1mm/s. A amostra foi composta de 3 fatias de cada tratamento resultante da combinação da pré-secagem osmótica e métodos de congelamento.

d) DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios realizados em triplicata foram baseados numa matriz com planejamento fatorial 3^2 , sendo as variáveis independentes pré-secagem osmótica e métodos de congelamento estudadas em três níveis (-1, 0 e +1). A desidratação osmótica teve faixa de variação entre 0 e 240 minutos e os métodos de congelamento constaram de: ar estático, contato em placas e nitrogênio líquido.

Os resultados da quantidade de líquido exsudado e a força máxima de ruptura foram analisados aplicando-se a metodologia da superfície de resposta conforme BARROS NETO *et al.* (1996), utilizando o programa STATISTICA 5.0.

Tabela IV.1- Valores codificados e reais das variáveis independentes.

Variáveis Independentes	Níveis		
	-1	0	1
Pré-secagem Osmótica	0	120	240
Métodos de Congelamento	Ar Estático	Placas	Nitrogênio Líquido

IV.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.3.1 PARÂMETROS DA PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA

Os resultados relativos à transferência de massa obtidos após o tratamento em solução osmótica de sacarose a 65°Brix em *Shaker* com 75 oscilações/minuto e amplitude de 1cm a 40°C estão apresentados na Tabela IV.2.

Tabela IV.2- Parâmetros da transferência de massa na pré-secagem osmótica

Parâmetros ¹	Tempo (minutos)		
	0	120	240
Umidade (%)	84,26	74,42	69,31
DP (±) ²	0,43	0,42	0,68
Perda de umidade (%)	-	27,29	36,46
DP (±)		0,35	0,51
Perda de peso (%)	-	23,24	31,03
DP (±)		0,37	0,74
Incorporação de sólidos (%)	-	4,05	5,43
DP (±)		0,09	0,59
Sólidos totais (%)	15,74	25,58	30,69
DP (±)	0,42	0,34	0,92

(¹): valores médios de três repetições

(²): desvio padrão

Os resultados obtidos são similares aos encontrados na caracterização do processo de desidratação osmótica (Capítulo II), onde foram detalhadamente discutidos. No entanto, tendo em consideração a importância que assume o teor de umidade das fatias em cada condição de congelamento, é conveniente salientar no presente estudo que a perda de umidade de 27,29 e 36,46% e perda de peso de 23,24 e 31,03% em relação a fruta *in natura*, resultantes do pré-tratamento osmótico

por 120 e 240 minutos de processo respectivamente, representou apenas uma redução de 9,84 e 14,95% no conteúdo de umidade total das fatias, conforme pode-se observar na Tabela IV.2. Em ensaios preliminares de congelamento em *freezer* a -20°C verificou-se que as fatias apresentaram boa aparência geral e pequena diminuição no volume quando tem-se redução de água em torno de 10%, no entanto a textura é acentuadamente alterada e tem-se considerável perda de líquido por exsudação no descongelamento.

IV.3.2 RESULTADOS DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Na Tabela IV.3 estão apresentados os resultados da exsudação (%) e da força máxima de ruptura (N) dos ensaios do planejamento experimental realizados com fatias de kiwi após o descongelamento.

Tabela IV. 3– Valores médios da exsudação (%) e força máxima de ruptura (N) das fatias de kiwi.

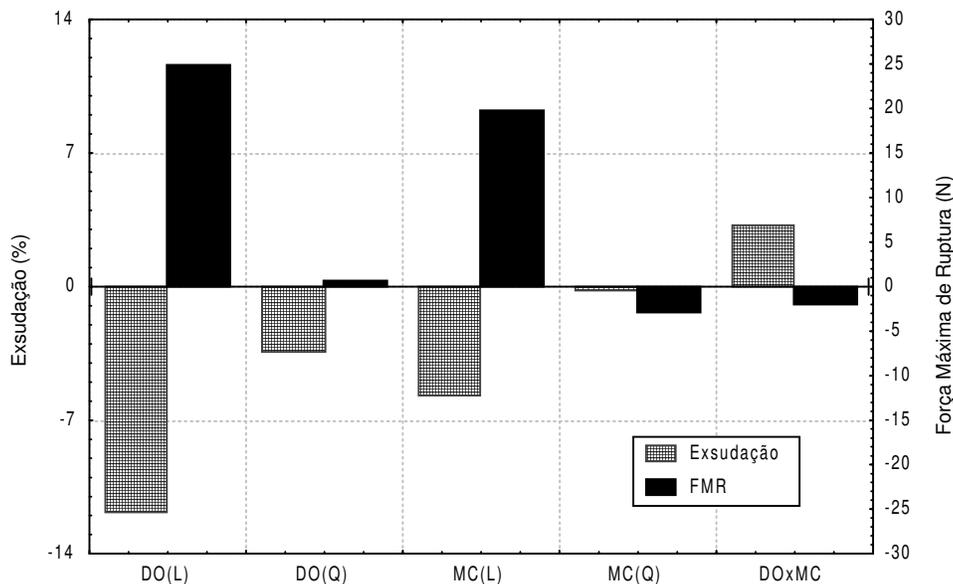
Ensaio	DO ¹	MC ²	Exsudação	FMR
1	0	Ar estático	20,73 ± 1,27	12,49 ± 0,66
2	0	Placas	15,15 ± 0,50	21,10 ± 1,01
3	0	Nitrogênio líquido	10,46 ± 0,76	32,20 ± 1,51
4	120	Ar estático	8,14 ± 0,76	25,56 ± 1,47
5	120	Placas	5,98 ± 0,52	30,36 ± 2,02
6	120	Nitrogênio líquido	4,36 ± 0,84	49,36 ± 2,54
7	240	Ar estático	5,26 ± 0,37	39,04 ± 2,67
8	240	Placas	3,68 ± 0,43	46,75 ± 2,00
9	240	Nitrogênio líquido	2,02 ± 0,24	54,90 ± 3,07

(¹): desidratação osmótica (minutos)

(²): métodos de congelamento

Observa-se que baixos valores de líquido exsudado estão associados geralmente com valores elevados de força máxima de ruptura, indicando existência de uma correlação entre estas variáveis.

Para facilitar a visualização e a interpretação, são apresentados na Figura IV.1 os efeitos linear e quadrático e a interação da pré-secagem osmótica e das taxas de congelamento sobre a exsudação e a força máxima de ruptura.



DO: Desidratação Osmótica L: Linear
 MC: Método de congelamento Q: Quadrática

Figura IV.1– Efeitos da desidratação osmótica e método de congelamento sobre a exsudação e força máxima de ruptura.

Apesar das duas variáveis independentes estudadas terem apresentado efeito significativo a um intervalo de confiança de 95% sobre as respostas de interesse, ou seja, a exsudação e a força máxima de ruptura, percebe-se que a variável pré-secagem osmótica exerceu maior influência sobre esses dois parâmetros, o que fica evidenciado ao avaliar-se a amplitude dos respectivos efeitos.

O efeito da pré-secagem osmótica sobre a exsudação foi negativo, indicando que o aumento no tempo de permanência em solução osmótica previamente ao congelamento reduz o percentual de líquido exsudado. Por sua vez o efeito exercido na força máxima de ruptura foi positivo, ou seja, valores superiores são obtidos em tempos maiores de processo, tendo-se como consequência a obtenção de fatias mais firmes.

Com relação aos métodos de congelamentos utilizados, observa-se comportamento semelhante ao da pré-secagem osmótica sobre a exsudação e a força máxima de ruptura. Os métodos de congelamento também apresentaram efeito negativo sobre a exsudação, indicando que o aumento na velocidade de congelamento reduz o percentual de líquido exsudado. O efeito na força máxima de ruptura também foi positivo, indicando que valores superiores são obtidos em tempos maiores de congelamento, obtendo-se conseqüentemente fatias mais firmes.

IV.3.3 VALIDAÇÃO E SUPERFÍCIES DE RESPOSTA.

Através dos efeitos significativos observados para a exsudação e para a força máxima de ruptura tornou-se possível estabelecer para cada variável um modelo estatístico codificado para descrever o seu comportamento na faixa estudada, com base nos coeficientes de regressão, representados pelas equações 1 e 2 mostradas a seguir:

$$\text{Exsudação (\%)} = 6,17 - 5,90.DO + 3,39.DO^2 - 2,88.MC + 1,76.DO.MC \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{FMR (N)} = 33,15 + 12,48.DO + 9,89.MC + 2,86.MC^2 \quad (\text{Equação 2})$$

onde DO representa a desidratação osmótica em qualquer tempo de processo na faixa de -1 a +1 (0 - 240 minutos) e MC representa o método de congelamento, que pode ser somente -1 (ar estático), 0 (placas) ou +1 (nitrogênio líquido).

O modelo estatístico proposto é preditivo porque a análise de variância apresentou regressão significativa, falta de ajuste não significativa ao nível de 95% de confiança, coeficientes de correlação de 0,98 e 0,96 e relação $F_{\text{calculado}} / F_{\text{tabelado}}$ igual a 94 e 75, respectivamente para a exsudação e a força máxima de ruptura. Desta forma foi possível obter a superfície de resposta para a exsudação e a força máxima de ruptura e os respectivos gráficos de contorno para a pré-secagem osmótica e tipo de congelamento utilizado, conforme pode ser observado respectivamente pelas Figuras IV.2 e IV.4.

IV.3.4 AVALIAÇÃO DA EXSUDAÇÃO

Observa-se pela Figura IV.2 que o aumento no tempo da pré-secagem osmótica juntamente com o aumento na velocidade de congelamento promoveram uma sensível redução no percentual de líquido exsudado das fatias após o descongelamento.

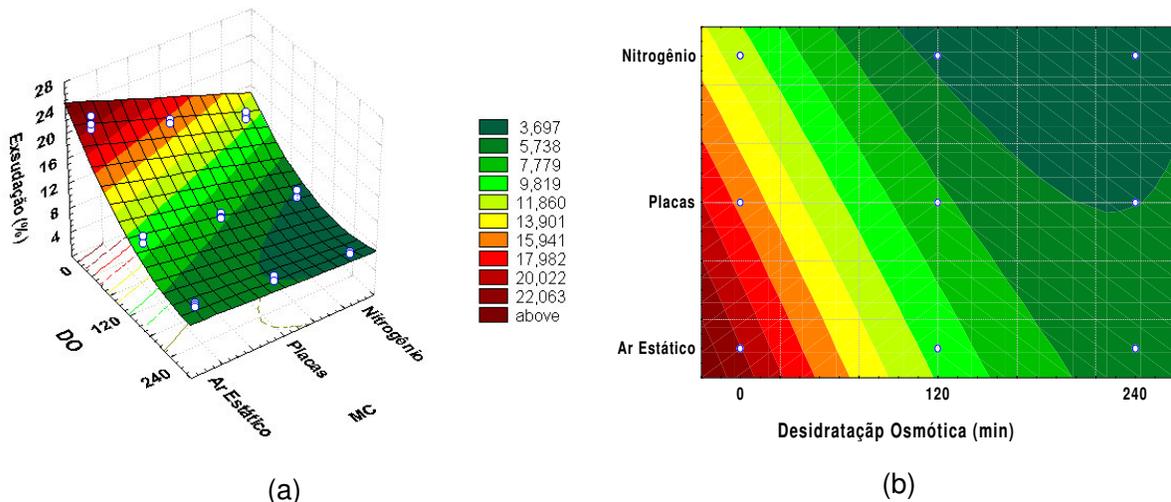


Figura IV.2– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a exsudação das fatias de kiwi após o descongelamento.

A compactação e a concentração do líquido celular resultante da remoção de água por osmose parecem ter conferido maior resistência à desestruturação dos tecidos. Segundo BOLIN & HUXSOLL (1993), ao diminuir a tendência na migração de água para os espaços intracelulares reduzem-se os danos causados pela formação de cristais de gelo no congelamento. Também REZENDE (1995) enfatiza a existência de relação direta entre a estrutura inicial dos tecidos e a exsudação, relatando uma redução média de 9,34 para 4,27% na perda de líquido após o descongelamento, ao comparar os efeitos do congelamento lento a -18°C com o congelamento rápido a -78°C , em fatias de manga nas quais removeu-se 10% do conteúdo de umidade inicial através de pré-secagem.

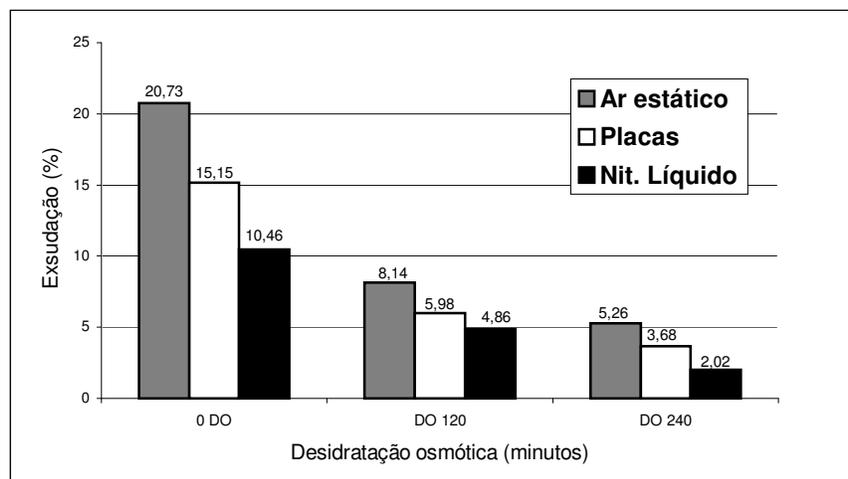


Figura IV.3– Valores percentuais da exsudação em fatias de kiwi osmocongeladas.

As fatias de kiwi, submetidas ao tratamento osmótico, apresentaram ao final de 4 horas redução média de 74,63, 75,1 e 80,69% no líquido exsudado, respectivamente para o congelamento em ar estático, contato em placas e nitrogênio líquido, o que pode ser visualizado pela Figura IV.3. Observa-se também que o congelamento lento em ar estático das fatias resultou em valores médios de exsudação 45 e 100% mais elevados do que os determinados para o congelamento em placas e em nitrogênio líquido respectivamente, nos três níveis de desidratação osmótica estudados.

IV.3.5 AVALIAÇÃO DA FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA.

A superfície de resposta e as curvas de contorno para a força máxima de ruptura estão apresentadas na Figura IV.4.

A superfície de resposta e as curvas de contorno mostram que o aumento no tempo da pré-concentração osmótica ou a adoção de um método de congelamento que propicie maior velocidade no processo permite obter valores mais elevados para a força máxima de ruptura das fatias de kiwi após o descongelamento.

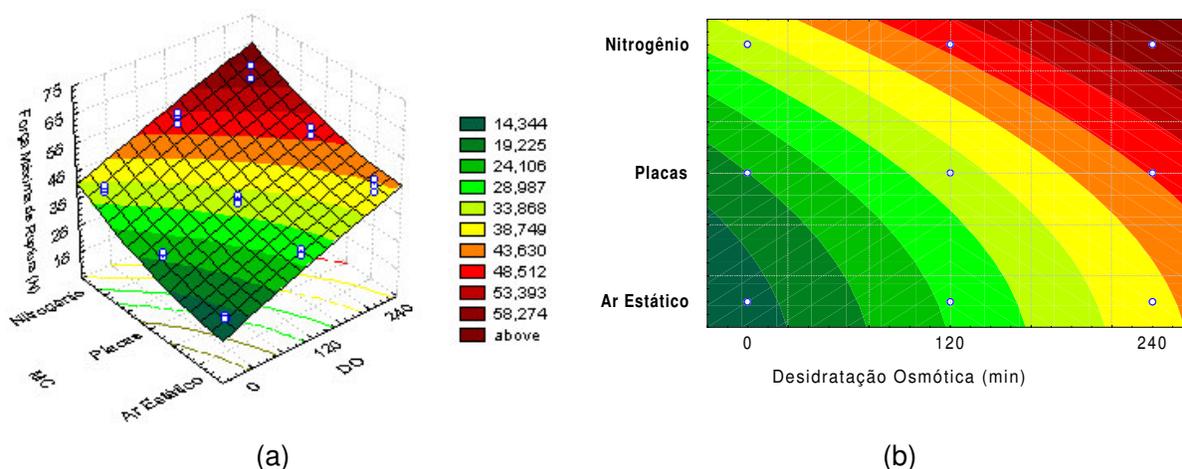


Figura IV.4– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a força máxima de ruptura das fatias de kiwi após o descongelamento.

A redução na quantidade de água e a incorporação de açúcares durante a concentração por osmose implicaram em maior resistência à desestruturação dos tecidos no subsequente congelamento e por conseqüência em fatias com maior firmeza após o descongelamento. Este efeito também foi relatado por BOLIN & HUXSOLL (1993) ao trabalharem com cubos de pêra osmo-congelados. Os autores observaram, no entanto a necessidade de atingir-se uma redução mínima de 20% no peso da matéria-prima através da desidratação osmótica para alcançar-se o efeito desejado. Em estudos com cubos de kiwi osmo-congelados com 13mm, ROBBERS *et al.* (1997) atribuíram o aumento na força máxima de ruptura à diminuição do teor de água que ocorre no pré-tratamento.

Através da Figura IV.5 percebe-se que a pré-secagem osmótica por 4 horas seguida de congelamento em ar estático, contato em placas e imersão em nitrogênio líquido resultou, após o descongelamento, numa força máxima de ruptura respectivamente 3,13, 2,20 e 1,70 vezes superior aos valores determinados para as amostras congeladas com as mesmas taxas, porém sem o tratamento preliminar. Entretanto estes resultados constituem-se ainda em valores aproximadamente 45, 34 e 22% inferiores aos encontrados para a amostra *in natura*.

Os valores médios obtidos entre os três métodos de congelamento nos tempos 0, 120 e 240 minutos de pré-secagem osmótica, respectivamente 21,93, 35,09 e 46,92N, representam um acréscimo de 60,00% na força máxima de ruptura das amostras submetidas por 2 horas e de 113,95%% após 4 horas.

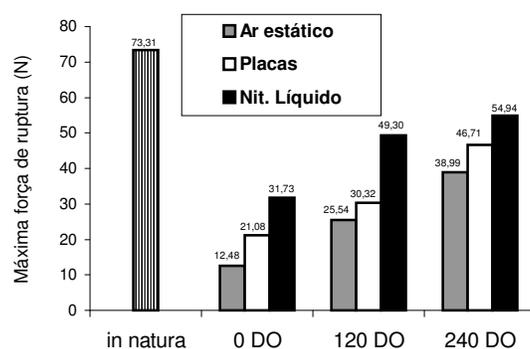


Figura IV.5– Valores da força máxima de ruptura em fatias de kiwi osmocongeladas

Observa-se também que o aumento na velocidade de congelamento exerceu maior influência nas fatias com níveis de umidade mais elevados, ou seja, em geral a diferença entre os valores da força máxima de ruptura resultantes do congelamento por nitrogênio líquido, em placas e por ar estático nas fatias que não foram submetidas a pré-secagem osmótica foi maior do que a diferença entre os valores da força máxima de ruptura resultante dos três métodos de congelamento estudados nas fatias de kiwi que foram submetidas ao tratamento osmótico.

O ingresso de solutos e o conseqüente aumento dos sólidos totais são parâmetros diretamente relacionados por vários pesquisadores (GARROTE & BERTONE, 1989; LAZARIDES & MAVROUDIS, 1995; SUUTARINEN *et al.*, 2000) para obtenção de melhor textura em frutas osmocongeladas. TREGUNO & GOFF (1996), também confirmaram através de testes reológicos e microscopia eletrônica de varredura, que a crioproteção conferida pela presença de açúcares aumentou a firmeza após o descongelamento de fatias de maçãs tratadas em solução osmótica.

IV.3.6 AVALIAÇÃO VISUAL

Na Figura IV.6 verifica-se que a aparência da amostra congelada sem pré-secagem osmótica (b) foi afetada de forma mais pronunciada pelo processo em função da acentuada desestruturação celular durante o congelamento e devido a plasmólise durante a exsudação no descongelamento.

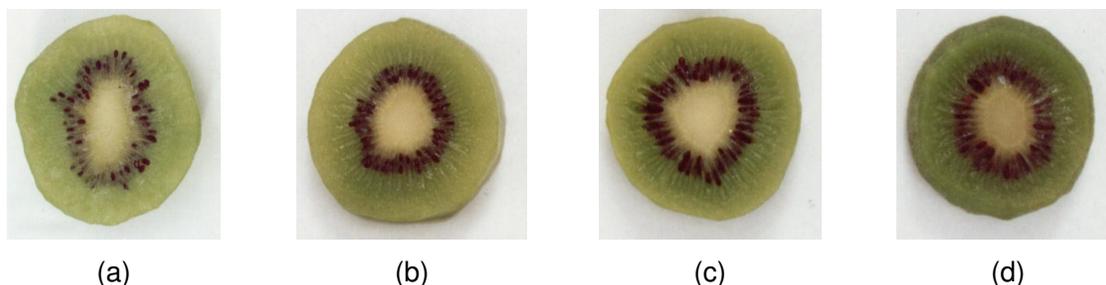


Figura IV.6– Fatias de kiwi *in natura* (a) e fatias osmo-congeladas por contato em placas previamente desidratadas em osmose por 0 (b), 120 (c) e 240 (d) minutos.

A amostra submetida à pré-secagem osmótica por 120 minutos (c) apresentou as características geométricas bem definidas onde a incorporação de solutos provavelmente proporcionou maior resistência ao colapso celular. Por sua vez, a concentração preliminar por 240 minutos (d) caracterizou-se pela intensificação na coloração esverdeada decorrente da concentração dos pigmentos de clorofila durante a eliminação de água das fatias e pelo encolhimento devido à redução no seu volume.

IV.4. CONCLUSÕES

Os resultados experimentais permitem concluir que:

- a pré-secagem osmótica exerceu maior influência do que os métodos de congelamento na redução do líquido exsudado e no aumento da firmeza após o descongelamento das fatias de kiwi nos níveis estudados;
- valores baixos de líquido exsudado podem ser associados geralmente com valores elevados de força máxima de ruptura;
- a pré-secagem osmótica possibilita a adoção de métodos convencionais de congelamento em fatias de kiwi com boa manutenção das propriedades originais;
- a remoção de água e o concomitante ingresso de solutos na pré-secagem osmótica contribuiu para a melhora da aparência, textura e proporcionou a intensificação da coloração esverdeada.

IV.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELLI, M. E.; MARANI, C. M.; MASCHERONI, R. H. Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, 2004 (*in press*).

ANDREOTTI, R. La conservazione degli alimenti mediante deidrocongelazione. **Industria Conserve**, Parma, v. 52, n. 1, p. 37-45, 1977.

ANDREOTTI, R.; TOMASICHIO, M.; DE GIORGI, A.; PALAMAS, D. Conservazioni di pesche parzialmente desidratate per osmosi diretta. **Industria Conserve**, Parma, v. 60, n. 1, p. 96-98, 1985.

A.O.A.C **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis; 16th ed.; Washington, 1995.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas, EDUNICAMP, 1996. 299p.

BISWAL, R. N.; BOZORGMEHR, K.; TOMPKINS, F. D.; LIU, X. Osmotic concentration of green beans prior to freezing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 4, p. 1008-1011, 1991

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 2, p. 357-360, 1993

CHIRALT, A.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; TALENS, P.; MORAGA, G.; AYALA, A.; FITO, P. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 129-135, 2001.

COOKE, R. D.; ALLISON, C. J.; BALDRY, J.; CAYGILL, J. C.; FERBER, C. E. M.; KANAGASABATATHY, L.; VEALE, M. J. Studies of mango processing. II deep freezing of mango slices. **Journal of Food Technology**, London, v. 11, n. 4, p. 475-484, 1976.

CRIVELLE, G.; NANI, R.; TORREGIANI, D.; BERTOLO, G. Trials on the industrial processing of kiwifruit. **Acta Horticulturae**, Thessaloniki, v. 282, p. 409-415, 1990.

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

FORNI, E.; TORREGIANI, D.; CRIVELLI, G.; MAESTRELLI, A.; BERTOLO, G.; SANTELLI, F. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. **Acta Horticulturae**, Thessaloniki, v. 282, p. 425-433, 1990.

FORNI, E.; SORMANI, A.; SCALISE, S.; TORREGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. **Food Research International**, Ottawa, v. 30, n. 2, p. 87-94, 1997.

FÚSTER, C.; PRÉSTAMO, G.; CANO, M. P. Drip loss, peroxidase and sensory changes in kiwi fruit slice during frozen storage. **Journal of Science of Food Agriculture**, London, v. 64, n. 1, p. 23-29, 1994.

GARROTE, R. L.; BERTONE, R. A. Osmotic concentration at low temperature of frozen strawberry halves. Effect of glycerol, glucose and sucrose solutions on exudate loss during thawing. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 22, n. 5, p. 262-267, 1989.

HELDMAN, D. R. Factors influencing food freezing rates. **Food Technology**, Chicago, v. 37, n. 4, p. 103-109, 1983.

HUNG, Y. C.; THOMPSON, D. R. Changes in texture of green peas during freezing and frozen storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 1, 1989.

HUXSOLL, C. C. Reducing the refrigeration load by partial concentration of foods prior to freezing. **Food Technology**, Chicago, v. 36, n. 5, p. 98-102, 1982.

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de abacaxi (*Ananas comosus* L.) para aplicação à tecnologia de métodos combinados**. Campinas, 1997. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LAZARIDES, H. N.; MAVROUDIS, N. E. Freeze/thaw effects on mass transfer rates during osmotic dehydration. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 826-857, 1995.

LENARTOWICZ, W.; PLOCHARSKI, W.; ZBROSZCZYK, J.; PIOTROWSKI, J. The effect of freezing method on the quality of frozen fruit. **Bulletin de l'Institut International du Froid**, Paris, v. 59, n. 4, p. 1170-1173, 1979.

LI, B.; SUN, D. W. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 54, p. 175-182, 2002.

MARTÍ, J.; AGUILLERA, J. M. Efecto de la velocidad de congelación en las características mecánicas y microestructurales del arándano y de la mora silvestre. **Revista Agroquímica de Tecnología Alimentar**, Santiago, v. 31, n. 4, p. 493-504, 1991.

RAOULT-WACK, A.; L.; LENART, A.; GUILBERTS, S. Recent advances in dewatering through immersion in concentrated solutions. In: *Drying of solids*, ed. A. S. **Mujumdar International Science**, New York, p. 211-251, 1992.

RESENDE, E. D. **Estudo da conservação de fatias de manga utilizando técnicas combinadas: pré-secagem e congelamento**. Campinas, 1995, 85p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

ROBBERS, M.; SINGH, P.; CUNHA, L. M. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit., **Journal of Food Science**, Chicago , v. 62, n. 5, p. 1039-1042, 1997.

SHOMER, I.; NEORI, H. B.; LUZKI, B.; MERIN, U. Morphological, structural and membrane change in frozen tissues of madjhoul date (*Phoenix dactylifera L.*) fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 207-215, 1998.

SUUTARINEN, J.; HEISKA, K.; MOSS, P.; AUTIO, K. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 33, n. 2, p. 89-102, 2000.

TALENS, P.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FITO, P.; CHIRALT, A. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwifruit. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Ottawa, v. 3, p. 191-199, 2001.

TOMASICCHIO, M.; ANDREOTTI, R.; DE GIORGI, A. Desidratazione parziale della frutta per osmosi. **Industria Conserve**, Parma, v. 61, n. 2. p. 108-114, 1986.

TOMASICCHIO, M.; ANDREOTTI, R.; BERTINI. Studio sul deidrocongelamento delle pere. **Industria Conserve**, Parma, v. 64, n. 3, p. 237-244, 1989.

TOMASICCHIO, M.; ANDREOTTI, R. Studio sul deidrocongelamento del mango. **Industria Conserve**, Parma, v. 65, n. 2, p. 127-130, 1990.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, London, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

Capítulo IV

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

TREGUNNO, N. B.; GOFF, H. D. Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects. **Food Research International**, London, v. 29, n. 5-6, p. 471-479, 1996.

**CAPÍTULO V. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FATIAS
DE KIWI OSMO-LIOFILIZADAS**

RESUMO

Pesquisas recentes mostraram que o kiwi possui, além do seu valor nutritivo, substâncias que auxiliam na prevenção de doenças específicas. Por sua vez, é crescente a preocupação do setor produtivo com a obtenção de produtos que mantenham elevada similaridade com a fruta fresca, aumentando assim a probabilidade da sua aceitação pelos consumidores, cada vez mais atentos aos possíveis benefícios resultantes à sua saúde. Procurou-se neste estudo avaliar os efeitos da pré-secagem osmótica e de três métodos de congelamento sobre o tempo de processo e parâmetros de qualidade como a taxa de reidratação e a firmeza em fatias de kiwi liofilizadas, utilizando a metodologia de superfície de resposta. Fatias com 10mm de espessura foram imersas em solução osmótica de sacarose a 65°Brix e 40°C durante 60 e 120 minutos sob leve agitação. Amostras sem e com este tratamento prévio foram congeladas em ar estático a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 12 horas, por contato em placas a $-44\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 60 minutos e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C durante 15 segundos e liofilizadas até atingir-se 5% de umidade residual. Os resultados indicaram que a quantidade de água reincorporada na reidratação das fatias foi mais influenciada pelos métodos de congelamento. Por outro lado, o aumento da firmeza mostrou-se mais dependente do tratamento osmótico, não se traduzindo entretanto em redução do tempo de processo, mas proporcionando melhora à textura e coloração das fatias. A liofilização de fatias previamente submetidas ou não à pré-secagem osmótica por 60 minutos, quando congeladas em ar estático ou em placas de contato, apresentaram resultados gerais mais satisfatórios, em relação às demais condições estudadas. O processo também possibilitou a retenção de níveis elevados de ácido ascórbico.

SUMMARY

Recent research has shown that in addition to its nutritive value, kiwi possesses substances that help in the prevention of specific diseases. For their part the productive sector is increasingly concerned to obtain products maintaining a high level of similarity with the fresh fruit, thus increasing the probability of consumer acceptance, the latter being more and more aware of possible health benefits from their foods. The objectives of this study were to evaluate the effects of prior osmotic concentration and three methods of freezing on the process time and quality parameters such as the rate of re-hydration and the firmness of freeze-dried kiwi slices, using response surface methodology. Ten millimetre thick slices were immersed in an osmotic solution of sucrose at 65°Brix and 40°C with mild shaking. Samples with and without this prior treatment for 60 and 120 minutes were frozen in static air at $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 12 hours, in contact with plates at $-44\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 60 minutes and by immersion in liquid nitrogen at -196°C for 15 seconds, followed by freeze-drying to a residual moisture content of 5%. The results indicated that the amount of water incorporated during the re-hydration of the slices was more influenced by the freezing method used, whilst the increase in firmness was shown to be more dependent on the osmotic treatment, which did not translate into a reduction in process time, although improving the texture and colour of the slices. The freeze-drying of slices previously submitted or otherwise to osmotic dehydration for 60 minutes, when frozen in static air or by contact with plates, generally presented better results than the other conditions studied. This process also allowed for high levels of ascorbic acid retention.

V.1. INTRODUÇÃO

São amplamente conhecidas as características de qualidade conferidas pela liofilização em produtos alimentares, constituindo-se no método de secagem que melhor retém as propriedades sensoriais e nutritivas. Por sua vez, é também bem conhecido o elevado custo operacional resultante do processo.

Em virtude do interesse crescente pela qualidade dos produtos, a liofilização poderá tornar-se numa importante alternativa para a preservação de alimentos (RATTI, 2001).

Segundo HAMMAMI & RENÉ (1997) a utilização da liofilização na conservação de alimentos é ainda restrita à obtenção de produtos com alto valor agregado como café, morangos, ingredientes para alimentos “ready-to-eat” como vegetais, pastas, carne, peixes, etc, e em várias ervas aromáticas. Os autores salientam a importância de estudos da avaliação de efeitos dos tratamentos prévios e das condições iniciais do processo sobre o tempo necessário a liofilização, visto ser este geralmente o fator limitante da sua aplicação.

Estudos realizados por HAWKES & FLINK (1978) e LERICI *et al.* (1977) em fatias de maçã e por YANG *et al.* (1987) com mirtilo mostraram excelente retenção do sabor, melhora na aparência e firmeza quando as frutas foram submetidas à pré-secagem osmótica previamente à liofilização. Também KROKIDA *et al.* (1999) relataram que a incorporação de sólidos confere efeito protetor à textura após a reidratação.

O método de congelamento preliminar utilizado também pode ter influência na qualidade final de frutas liofilizadas. Trabalhos realizados por FANG *et al.* (1971) com cogumelos e por MALTINI & GIANGIACOMO (1976) com morango e banana

revelaram melhores resultados quando adotou-se o congelamento lento, enquanto que por RAMAMURTHY & BONGIRWAR (1979) em estudos com manga concluíram que o congelamento rápido proporciona melhores resultados. Por outro lado, GENIN & RENÉ (1997) e HAMMAMI & RENÉ (1997) verificaram que a taxa de congelamento adotada não influenciou nos parâmetros sensoriais de qualidade e nem no tempo de processo necessário para a liofilização de morangos.

A liofilização pode apresentar-se como uma alternativa interessante em produtos com propriedades específicas. O adequado processamento e acondicionamento em condições controladas, ou seja, livre de oxigênio e vapor de água utilizando-se embalagens opacas herméticas e enchimento com gás seco inerte, possibilita a utilização dos produtos em qualquer época com retenção de todas as características físico-químicas, biológicas e sensoriais. Em parte o elevado custo decorrente do processo pode ser contra-balançado pela prolongada vida-de-prateleira, total e instantânea reconstituição com água, ausência de manuseio e armazenamento sem refrigeração (LIAPIS & BRUTTINI, 1994).

Estudos realizados nos E.U.A. com as frutas mais consumidas naquele país revelaram que o kiwi, além de possuir elevado teor de vitamina C, sais minerais, fibras dietéticas e baixo valor calórico, possui substâncias que auxiliam na prevenção de doenças específicas. Segundo BACHMANN (1999) neste fruto são encontradas substâncias como a glutadina que auxilia na prevenção de câncer, o inositol que é benéfico no tratamento da depressão e diabete, a luteína com efeito preventivo de cataratas e degeneração macular, a serotonina com efeito calmante, a arginina com efeito preventivo contra a formação de placas nas artérias e os carotenóides que atuam como precursores da vitamina A, entre outras. LA CHANCE (1997), em estudo nutricional comparativo entre as frutas mais consumidas pela população, verificou que o kiwi apresentou a maior densidade de nutrientes recomendados pelo Food and Drug Administration (FDA). Este autor ressalta os teores da Vitamina E, Vitamina C e Magnésio que são importantes agentes antioxidantes e protetores da saúde cardiovascular.

É crescente atualmente a preocupação do setor produtivo com a obtenção de produtos que mantenham elevada similaridade com a fruta fresca e uma vez satisfeita esta condição aumenta a probabilidade de aceitação pelos consumidores, cada vez mais exigentes em relação à qualidade geral dos produtos e atentos aos possíveis benefícios resultantes à sua saúde.

Nesta linha de raciocínio, procurou-se no presente estudo avaliar os efeitos da pré-secagem osmótica e de diferentes métodos de congelamento sobre o tempo de processo e parâmetros de qualidade em fatias de kiwi liofilizadas.

V.2. MATERIAL E MÉTODOS

V.2.1 MATERIAL

V.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Os frutos de kiwi utilizados neste trabalho foram adquiridos no pomar da KIWI BONA AGRICOLA localizado em Campos do Jordão–SP, safra 2000, cultivar *Hayward*. No experimento foram necessários aproximadamente 5kg que foram armazenados temporariamente em câmara fria a 1-3°C, localizada no DTA/FEA/UNICAMP.

V.2.1.2. EQUIPAMENTOS

- Agitador *shaker* com controle termostático, marca Marconi, modelo 830;
- Texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX2, marca Stable Systems;
- Medidor de atividade de água Aqualab, modelo Cx–2 Decagon;
- Estufa a vácuo, *VWR Scientific*, modelo 1400 E;
- Liofilizador marca Edwards Super Modulyo;
- Freezer horizontal marca METAL FRIO, modelo HC - 4;
- Congelador de placas marca FRIGOSTRELLA , modelo PM –5;

V.2.2 MÉTODOS

V.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Após a retirada da câmara fria os frutos permaneceram a temperatura ambiente por 3 dias, atingindo ao final deste período a faixa 12–13^º Brix, que foi considerada adequada para a utilização nos experimentos em função da sua consistência, conforme testes prévios realizados. A seguir os frutos foram lavados em água potável, descascados e cortados manualmente com facas inoxidáveis, selecionando-se para o experimento as quatro fatias centrais de cada fruto.

V.2.2.2. PRÉ-DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A pré-secagem osmótica foi realizada através da imersão das fatias em solução de sacarose a 65^º Brix, proporção fruta/solução 1:4 (p/p), a 40^º C, utilizando *Erlenmeyer* de 6 litros e *shaker* com 75 oscilações por minuto e amplitude de 1 cm, durante 60 e 120 minutos. Os parâmetros de perda de peso (PP), perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS), foram determinados conforme LARANJEIRA (1997), expressando-se os resultados em porcentagem.

$$PP (\%) = 100 (1 - m_f/m_i)$$

$$PU (\%) = 100 (U_i m_i - U_f m_f)/m_i$$

$$IS (\%) = 100 (ST_f m_f - ST_i m_i)/m_i$$

Onde:

PP (%) = perda porcentual de peso das fatias;

PU (%) = perda porcentual de umidade com base na massa inicial de fatias;

IS (%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial de fatias;

m_i = massa inicial de fatias;

m_f = massa final em determinado tempo de processo;

ST_i = percentual inicial de sólidos totais das fatias;

ST_f = percentual final de sólidos totais das fatias em determinado tempo de processo.

V.2.2.3. LIOFILIZAÇÃO

Fatias de kiwi *in natura* e fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 60 e 120 minutos, foram preliminarmente congeladas mediante três métodos: a) em ar estático, utilizando freezer horizontal a $-20 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 12 horas, após o prévio agrupamento das fatias em camada horizontal única, revestida com papel alumínio; b) em placas a $-44 \pm 2^\circ \text{C}$ por 60 minutos, também agrupadas e revestidas previamente com papel alumínio e; c) por imersão em nitrogênio líquido a -196°C durante 15 segundos. Neste último, as fatias foram acondicionadas de forma complementar em filme laminado com fechamento através de seladora elétrica. Após, as amostras foram imediatamente transferidas para as bandejas do liofilizador, que opera a -40°C e 53Pa. A variação relativa de peso foi registrada através de pesagens das fatias inicialmente a cada seis horas até completar 18 horas de processo e a seguir a cada três horas até o final da liofilização. Considerou-se como final do processo o tempo de secagem em que se atingiu o peso pré-estabelecido, calculado a partir do conhecimento do peso e umidade inicial e da umidade final a ser alcançada, levando em consideração a Resolução 12/78 da ANVISA que estabelece o limite máximo de 5% de umidade em frutas liofilizadas. Utilizou-se a seguinte fórmula para o estabelecimento do peso final:

$$P_f = [P_i (100 - U_i)/(100 - U_f)],$$

onde:

P_f : Peso final das fatias a atingir;

P_i : Peso inicial das fatias;

U_i : Umidade inicial das fatias;

U_f : Umidade final das fatias.

V.2.2.4. DETERMINAÇÕES

Amostras de fatias *in natura*, fatias submetidas à pré-secagem osmótica e fatias liofilizadas com e sem este pré-tratamento foram analisadas, em triplicata, determinando-se:

a) SÓLIDOS TOTAIS

Conforme recomendado pela A.O.A.C (1995), método 9245, adaptado com secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido a 40°C por 12 horas e posterior transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e pesagens consecutivas a cada 1 hora, até peso constante.

b) ATIVIDADE DE ÁGUA

Determinada em higrômetro marca AQUALAB, modelo CX-2, após as cápsulas próprias do equipamento contendo as amostras terem atingido 20°C em banho térmico acoplado. Para a calibração do equipamento foram utilizadas soluções-padrão saturadas de nitrato de magnésio ($0,544 \pm 0,002$), cloreto de sódio ($0,755 \pm 0,001$), cloreto de potássio ($0,861 \pm 0,003$) e água destilada ($1,000 \pm 0,003$).

c) ÁCIDO ASCÓRBICO

Foi determinado por volumetria de oxi-redução com titulação das amostras com solução 2,6-dicloro-fenol indofenol-sódico (DCFI), segundo o método 43.056 da A.O.A.C (1984), modificado por BENASSI (1990).

d) TAXA DE REIDRATAÇÃO

Adotou-se o mesmo procedimento que MASKAN (2000), com pesagem inicial das fatias e imersão em água destilada a 50°C por 60 minutos, seguido de drenagem em peneira com malha de 1mm por 30 segundos e rápido enxágüe com água destilada, secagem suave com papel absorvente para a remoção da água superficial e nova pesagem. Na expressão dos resultados, em porcentual de água incorporada, considerou-se a diferença de peso entre as amostras .

e) TEXTURA INSTRUMENTAL

A avaliação foi realizada em *Texturômetro Universal Testing Machine*, modelo TA-TX2, marca *Stable Systems*. Ensaio prévios levaram à escolha de uma sonda cilíndrica com 50mm de diâmetro a velocidade de 1mm/s para a determinação da força máxima necessária à ruptura das fatias de kiwi com aproximadamente 9mm de espessura e 46mm de diâmetro. Previamente a análise as fatias liofilizadas foram reidratadas em água destilada por 60 minutos. A amostra foi composta de 3 fatias para cada condição de liofilização.

V.2.2.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram conduzidos em triplicata e basearam-se numa matriz com planejamento fatorial 3^2 com as variáveis independentes pré-secagem osmótica e métodos de congelamento, em três níveis. A pré-secagem osmótica teve faixa de variação entre 0 e 120 minutos e os métodos de congelamento constituíram-se em: ar estático, contato em placas e nitrogênio líquido, conforme mostra a Tabela V.1.

Tabela V.1- Valores codificados e reais das variáveis independentes.

Variáveis Independentes	Níveis		
	-1	0	1
Pré Secagem Osmótica	0	60	120
Métodos de Congelamento	Ar Estático	Placas	Nitrogênio Líquido

Após a liofilização os resultados percentuais da quantidade de água reincorporada na reidratação e da força máxima de ruptura foram analisados utilizando-se a metodologia da superfície de resposta conforme BARROS NETO *et al.* (1996), através do programa STATISTICA 5.0.

V.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

V.3.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS FATIAS

Na Tabela V.2 são apresentados os parâmetros das fatias *in natura* e fatias pré-concentradas em solução osmótica de sacarose a 65°Brix a 40°C durante 60 e 120 minutos, utilizadas nos ensaios de liofilização do presente trabalho.

Tabela V.2- Valores¹ de umidade (U), perda de umidade (PU), perda de peso (PP), incorporação de sólidos (IS), sólidos totais (ST) e atividade de água (Aw)

Fatias	U (%)	PU (%)	PP (%)	IS (%)	ST (%)	Aw
<i>in natura</i>	83,70	-	-	-	16,30	0,985
DP (±) ²	1,80				0,92	0,001
DO-60 ³	77,28	18,89	16,13	2,76	22,72	0,974
DP (±)	1,50	1,81	0,99	0,22	1,01	0,003
DO-120 ⁴	73,80	27,00	23,16	3,84	26,20	0,969
DP (±)	1,26	1,14	0,75	0,27	1,33	0,002

(¹): valores médios de três repetições

(²): desvio padrão

(³): desidratação osmótica por 60 minutos a 40°C

(⁴): desidratação osmótica por 120 minutos a 40°C

V.3.2 AVALIAÇÃO DO TEMPO DE PROCESSO

A Tabela V.3 mostra os resultados da variação relativa de peso e teor de umidade dos ensaios de liofilização com fatias de kiwi *in natura* e fatias submetidas previamente à pré-secagem osmótica combinadas com congelamento em ar estático, contato em placas e imersão em nitrogênio líquido até atingir-se o peso pré-estabelecido correspondente à umidade máxima de 5%, com base na legislação de frutas liofilizadas.

Capítulo V

Tabela V.3- Valores médios da variação relativa de peso (VRP) e umidade (U) das fatias de kiwi durante a liofilização

Tratamentos		Tempo de processo (horas)								
		0	6	12	18	21	24	27	30	
0 DO	EST	VRP	100,00	55,46	27,34	18,83	17,02			
		DP (±)		1,61	0,96	1,10	0,61			
		U(%)	83,70	70,61	43,37	13,42	4,21			
		DP (±)	0,70	1,09	0,74	0,65	0,13			
	PLA	VRP	100,00	63,35	31,82	18,37	17,13			
		DP (±)		1,17	1,21	1,20	1,21			
		U(%)	83,70	74,27	48,78	11,27	4,84			
		DP (±)	0,86	1,41	1,08	0,62	0,16			
	NIT	VRP	100,00	70,53	42,29	25,56	20,37	19,28	17,43	16,84
		DP (±)		0,69	0,61	0,87	0,85	0,46	1,24	0,38
		U(%)	83,70	76,89	61,44	36,24	19,97	15,47	6,49	3,21
		DP (±)	0,65	1,91	0,39	1,38	0,70	0,74	0,26	0,40
60 DO	EST	VRP	100,00	55,64	32,21	24,67	23,62			
		DP (±)		1,66	0,85	0,49	0,30			
		U(%)	77,28	59,17	29,47	7,91	3,81			
		DP (±)	1,69	0,53	1,16	0,18	0,17			
	PLA	VRP	100,00	63,60	37,50	26,55	23,89			
		DP (±)		0,68	0,67	1,21	0,34			
		U(%)	77,28	64,28	39,54	12,43	4,91			
		DP (±)	1,02	0,56	6,88	0,48	0,13			
	NIT	VRP	100,00	71,42	47,26	31,23	27,52	26,03	24,31	23,63
		DP (±)		1,00	0,53	0,66	0,69	0,68	0,30	0,40
		U(%)	77,28	68,19	51,93	27,26	17,44	12,71	6,55	3,89
		DP (±)	0,59	0,69	0,45	0,39	0,45	0,37	0,29	0,29

Tabela V.3- Valores médios da variação relativa de peso (VRP) e umidade (U) das fatias de kiwi durante a liofilização (Continuação)

Tratamentos		Tempo de processo (horas)								
		0	6	12	18	21	24	27	30	
120 DO	EST	VRP	100,00	58,85	36,12	28,86	27,90	27,08		
		DP (±)		0,64	0,84	0,47	0,42	0,22		
		U(%)	73,80	55,48	27,54	9,23	5,97	3,24		
		DP (±)	0,35	0,45	0,42	0,28	0,32	0,21		
	PLA	VRP	100,00	66,17	39,82	30,41	28,00	27,51		
		DP (±)		0,56	0,45	0,38	0,30	0,08		
		U(%)	73,80	59,80	34,20	13,84	6,41	4,75		
		DP (±)	0,71	0,51	2,03	0,23	0,14	0,19		
	NIT	VRP	100,00	75,46	51,08	35,60	31,38	29,96	27,90	27,30
		DP (±)		0,58	0,63	0,35	0,34	0,36	0,10	0,16
		U(%)	73,80	65,28	48,71	26,40	16,51	12,54	6,31	4,34
		DP (±)	0,62	0,38	0,31	0,38	0,44	0,32	0,23	0,16

0 DO: sem prévia desidratação osmótica
 60 DO: prévia desidratação osmótica por 60 minutos
 120 DO: prévia desidratação osmótica por 120 minutos
 EST: congelamento em ar estático
 PLA: congelamento em placas de contato
 NIT: congelamento em nitrogênio líquido

Pela Tabela V.3 observa-se que a remoção de água das fatias durante a liofilização ocorreu em taxas distintas em função das condições iniciais resultantes da pré-secagem osmótica e métodos de congelamento.

Os valores médios entre os três tipos de congelamento das três condições de pré-secagem osmótica da variação relativa de peso ao final do processo de 17,00, 23,75 e 27,30 indicam que o tratamento prévio por 60 e 120 minutos proporcionou um acréscimo no rendimento das fatias liofilizadas em respectivamente 28,42 e 37,73%, em comparação ao peso final das fatias liofilizadas *in natura*.

Verifica-se que apesar das amostras previamente desidratadas por osmose durante 0, 60 e 120 minutos terem ingressado no liofilizador com umidade de

83,70, 77,28 e 73,80% respectivamente, essa diferença não se traduziu em diminuição no tempo necessário para as fatias alcançarem teor inferior a 5%, sinalizando que os açúcares incorporados promoveram maior resistência à eliminação de água no processo. Essa constatação também foi observada por HAWKES & FLINK (1978) e por YANG (1987), cujos autores atribuíram o fato ao aumento da viscosidade dos líquidos intercelulares decorrentes da pré-secagem osmótica. Apesar da maior dificuldade à evaporação de água LERICI *et al.* (1977) observaram uma redução aproximada de 10% no tempo requerido à liofilização quando fatias de maçã com 10mm de espessura foram tratadas por osmose em solução a 70,5º Brix e 45º C durante 4 horas.

As taxas de congelamento utilizadas influenciaram na velocidade de remoção de água das fatias nos três níveis de prévia desidratação osmótica. Apesar da metodologia adotada ter proporcionado pequenas diferenças nos valores médios de umidade finais entre os três métodos de congelamento nos tempos correspondentes ao término do processo, ou seja, no período em que se obteve peso inferior ao correspondente ao teor máximo de 5%, verifica-se que as fatias congeladas em ar estático e por contato em placas alcançaram o percentual de umidade desejado em períodos notadamente inferiores aos registrados quando se usou o congelamento com imersão das fatias em nitrogênio líquido, obtendo-se uma redução aproximada do tempo necessário ao processo de 30% nas fatias não tratadas e nas submetidas por uma hora de pré-secagem osmótica e de 20% nas tratadas por duas horas.

De acordo com MALTINI & GIANGIACOMO (1976) e HAMMAMI & RENÉ (1997) o método de congelamento afeta inicialmente o tamanho dos cristais de gelo formados e por conseqüência a porosidade final do produto liofilizado. Segundo os autores, tendo em consideração que a transferência de massa é facilitada em meio com maior porosidade, pode-se inferir que quanto maior o tamanho dos cristais maior facilidade ter-se-á na remoção da água, refletindo-se em diminuição do tempo de processo.

LIAPIS & BRUTTINI (1994), enfatizam que ao final da fase de congelamento quando a água a ser removida está separada dos solutos, os cristais de gelo determinarão a forma, a distribuição do tamanho dos poros e a sua rede de conexão na camada superficial do produto, onde inicia a sublimação. Se os cristais de gelo formados são pequenos e descontínuos então a taxa de transferência do vapor de água na camada superficial poderá ser limitada e por outro lado se os cristais de gelo forem grandes e homogêneos, a taxa será elevada e conseqüentemente o tempo de processo na liofilização poderá ser reduzido.

V.3.3 RESULTADOS DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Na Tabela V.4 estão apresentados os resultados da reidratação e da força máxima de ruptura dos ensaios do planejamento experimental realizados com fatias de kiwi após a liofilização. Verifica-se que valores menores do percentual de reidratação estão associados com valores elevados da força máxima de ruptura, indicando uma correlação entre estas variáveis.

Tabela V.4– Valores médios da reidratação (%) e força máxima de ruptura (N) das fatias de kiwi

Ensaio	DO ¹	MC ²	Reidratação	Força máxima de ruptura
1	0	Ar estático	220 ±2,48	7,99 ±0,57
2	60	Ar estático	187 ±2,63	16,12 ±0,26
3	120	Ar estático	176 ±2,29	21,93 ±0,54
4	0	Placas	215 ±4,54	16,35 ±0,48
5	60	Placas	189 ±2,10	18,12 ±0,33
6	120	Placas	180 ±2,10	24,80 ±0,75
7	0	Nitrogênio Líquido	153 ±2,44	23,23 ±0,43
8	60	Nitrogênio Líquido	137 ±1,46	33,13 ±0,76
9	120	Nitrogênio Líquido	129 ±1,16	45,01 ±1,09

(¹) : Desidratação osmótica (minutos)

(²): Métodos de congelamento

Os efeitos linear, quadrático e a interação da pré-secagem osmótica e dos métodos de congelamento sobre a porcentagem de reidratação e força máxima de ruptura são apresentados na Figura V.1.

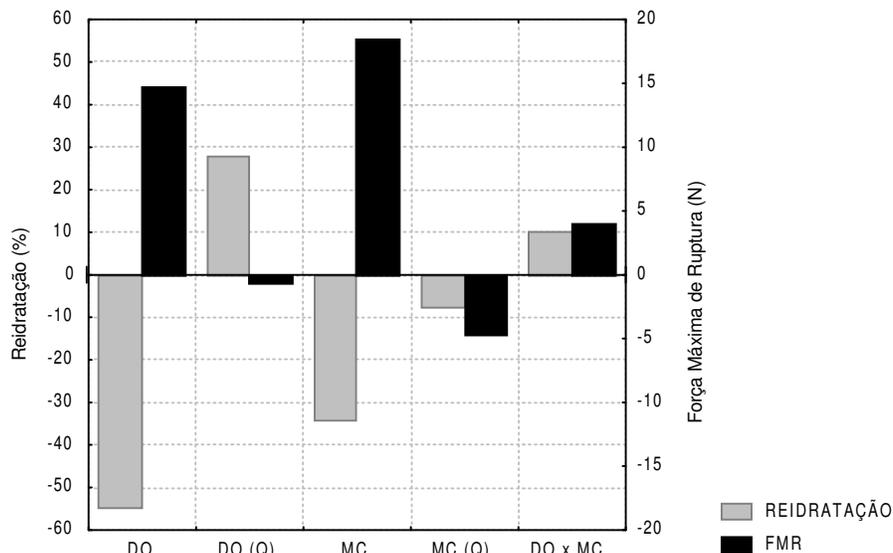


Figura V.1- Amplitude dos efeitos da desidratação osmótica e dos métodos de congelamento sobre a reidratação e força máxima de ruptura.

As duas variáveis independentes apresentaram efeito significativo sobre a reidratação e a força máxima de ruptura a um intervalo de confiança de 95%. No entanto pela análise das amplitudes dos efeitos percebe-se que a pré-secagem osmótica exerceu maior influência sobre a reidratação, enquanto que o aumento na velocidade de congelamento influenciou com predominância na força máxima de ruptura.

Tanto o efeito da pré-secagem osmótica como o efeito dos métodos de congelamento foram negativos sobre a reidratação, ou seja, o aumento no tempo de osmose e na velocidade de congelamento levaram à diminuição no percentual de água reincorporada. De forma análoga, observa-se que os efeitos das duas variáveis também foram significativos sobre a força máxima de ruptura, porém com sinal positivo.

V.3.4 VALIDAÇÃO E SUPERFÍCIES DE RESPOSTA

Os efeitos significativos observados para a reidratação e a força máxima de ruptura possibilitaram estabelecer para cada variável um modelo estatístico codificado para descrever o seu comportamento na faixa estudada, com base nos coeficientes de regressão, representados pelas equações (V.1) e (V.2):

$$\text{Reidratação} = 189,4 - 17,2.DO + 7,9.DO^2 - 27,3.MC - 28,6.MC^2 + 5,0.DO.MC \quad (V.1)$$

$$\text{FMR} = 19,25 + 7,36.DO + 0,76.DO^2 + 9,22.MC + 4,81.MC^2 + 1,96.DO.MC \quad (V.2)$$

onde DO representa a desidratação osmótica em qualquer tempo de processo na faixa -1 a +1 (0 a 120 minutos) e MC representa o método de congelamento, que pode ser somente -1 (ar estático), 0 (placas) ou +1 (nitrogênio líquido).

A análise de variância apresentou regressão significativa, falta de ajuste não significativa ao nível de 95% de confiança, coeficientes de correlação 0,99 e 0,96 respectivamente para a taxa de reidratação e a força máxima de ruptura, sendo a relação entre o valor do teste F calculado e o tabelado igual a 39 e 199, que são valores bem superiores aos valores 3 e 4 sugeridos por BARROS NETO (1996), mostrando desta forma que o modelo estatístico proposto apresenta um bom ajuste e pode ser considerado preditivo. As superfícies de resposta e os respectivos gráficos de contorno para as duas variáveis dependentes são apresentados nas Figuras V.2 e V.4.

V.3.5 AVALIAÇÃO DA REIDRATAÇÃO

A Figura V.2 mostra que o aumento no tempo da pré-secagem osmótica e na velocidade de congelamento reduziu o percentual de água absorvida pelas fatias após a liofilização.

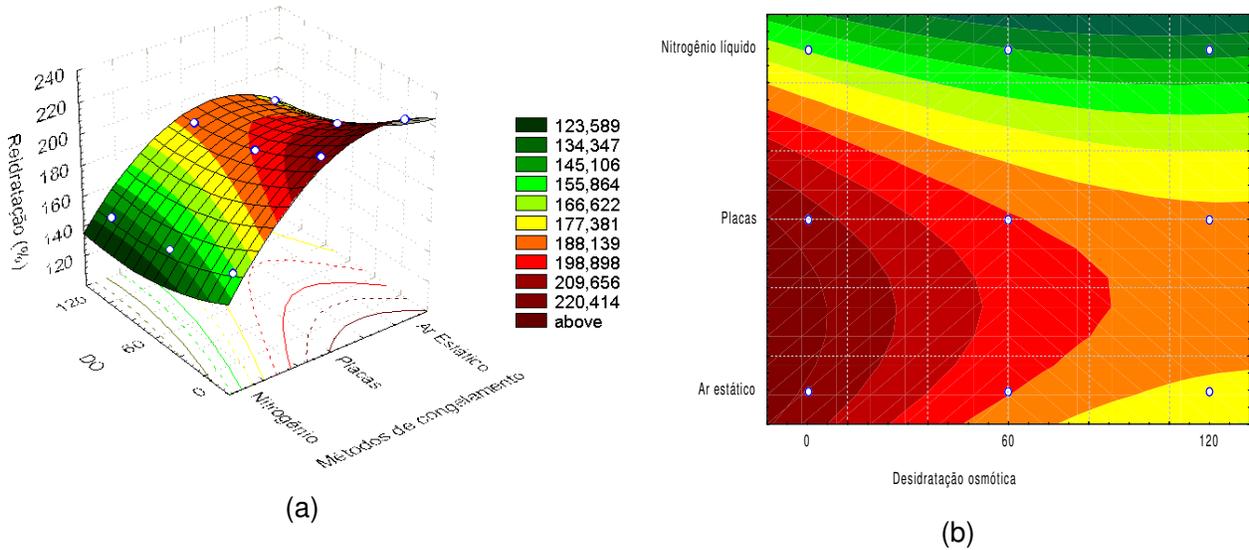


Figura V.2– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a porcentagem de reidratação das fatias de kiwi após a liofilização.

A reidratação é um processo complexo que visa a restauração das propriedades originais quando o material seco é colocado em contato com a água, sendo geralmente aceito que o grau de reidratação é dependente do grau de desestruturação celular do produto. Conforme LEWICKI & LUKASZUK (2000), os tratamentos prévios, a subsequente remoção de água e a própria reidratação causam várias alterações na estrutura e composição dos tecidos, prejudicando as propriedades de reconstituição.

A Figura V.3 mostra a variação porcentual da água absorvida pelas fatias após a reidratação. Considerando-se a média dos valores entre os métodos de congelamento nos tempos 0, 60 e 120 minutos de pré-secagem osmótica constata-se uma redução de 12,76 e 17,52% de água absorvida nas fatias tratadas por osmose durante 1 e 2 horas respectivamente, em comparação às fatias que não receberam o tratamento.

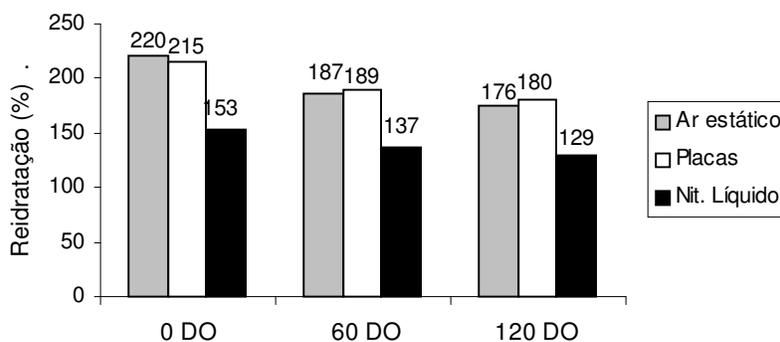


Figura V.3– Valores percentuais da reidratação em fatias de kiwi liofilizadas

Segundo YANG & ATALLAH (1985) e KROKIDA *et al.* (1998), ao contrário do que ocorre em outros métodos de secagem, através da liofilização obtém-se materiais com elevada porosidade. A mudança na estrutura das fatias em virtude da incorporação de solutos durante a pré-secagem osmótica e a diminuição na porosidade decorrente do aumento na velocidade de congelamento são aspectos que parecem estar relacionados com a redução da quantidade de água absorvida durante a reidratação.

Ao relacionar-se os valores encontrados para a reidratação com os métodos de congelamento verifica-se que as amostras submetidas ao tratamento osmótico por 2 horas e congeladas em ar estático, contato em placas e nitrogênio líquido anteriormente a liofilização, apresentaram respectivamente uma diminuição de 20,00, 16,28 e 15,69% na água reincorporada, em comparação as fatias congeladas sem a pré-secagem osmótica. Dessa forma observa-se que o percentual de água reincorporado às fatias de kiwi liofilizadas foi influenciado pelo método de congelamento utilizado. Segundo HAMMAMI & RENÉ (1997), o tamanho dos cristais de gelo formados na etapa de congelamento representa um aspecto de fundamental importância para a capacidade de reidratação dos produtos liofilizados.

Outros autores, entre eles FANG *et al.* (1971) com cogumelos, MALTINI & GIANGIACOMO (1976) com morango e banana, RAMAMURTHY & BONGIRWAR

(1979) com manga e GENIN & RENÉ (1996) em cebola, estudaram o grau de influência dos métodos de congelamento na reidratação de produtos liofilizados. Não existe unanimidade nestes trabalhos quanto ao efeito dos métodos de congelamento na capacidade de reidratação.

V.3.6 AVALIAÇÃO DA TEXTURA

Através da Figura V.4 pode-se observar que o aumento no tempo da pré-secagem osmótica e o aumento na velocidade de congelamento resultaram em valores mais elevados para a força máxima de ruptura.

A incorporação de sólidos ocorrida durante a imersão em solução osmótica preliminarmente à liofilização parece ter contribuído para a maior resistência ao rompimento manifestando-se numa proteção à integridade estrutural devido ao enriquecimento dos tecidos com açúcares oriundos de xarope concentrado. Efeito similar foi observado por KROKIDA *et al.* (1997) em estudo sobre o comportamento viscoelástico de produtos osmo-liofilizados de maçã, banana, cenoura e batata.

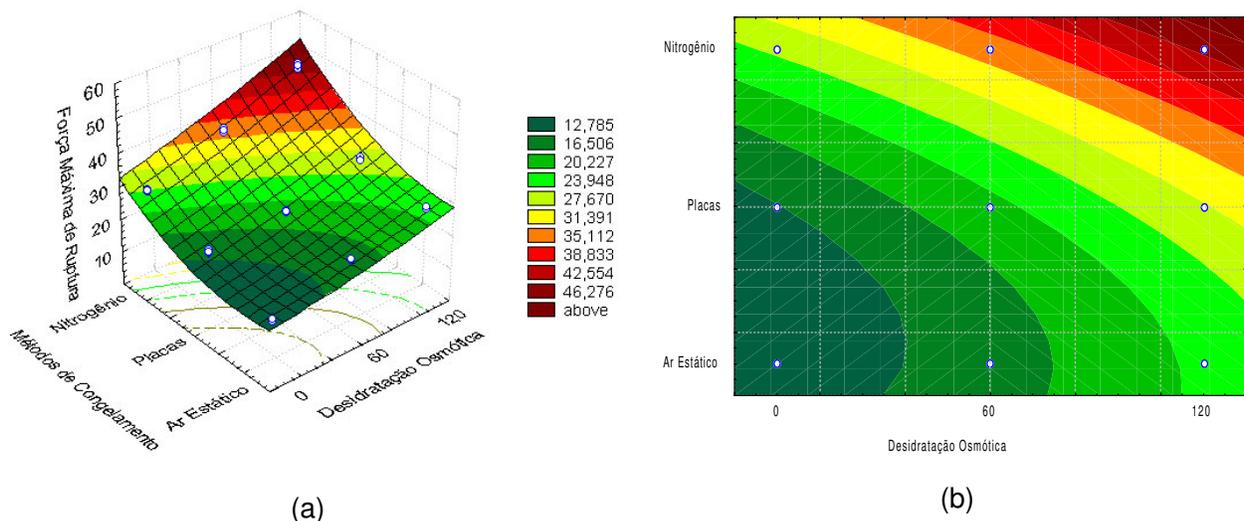


Figura V.4– Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a força máxima de ruptura das fatias de kiwi após a liofilização.

A Figura V.5 apresenta os valores da força máxima de ruptura nas fatias de kiwi *in natura* e nas fatias liofilizadas, resultantes da combinação da pré-secagem osmótica e os métodos de congelamento adotados, reidratadas em água destilada previamente a determinação em texturômetro.

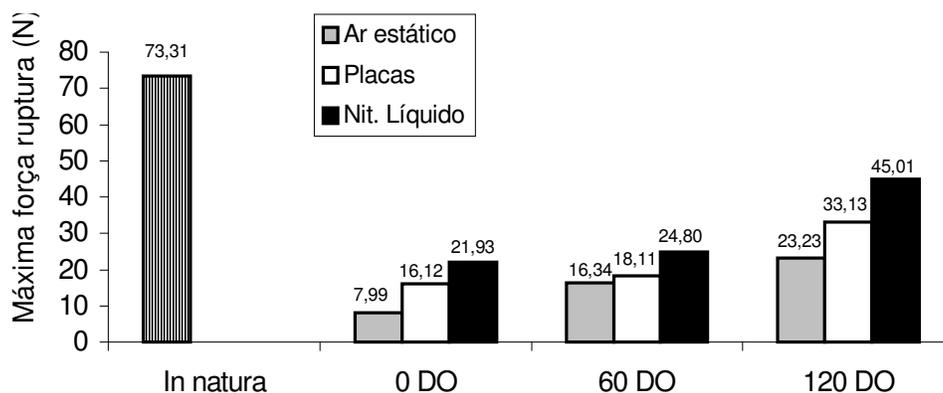


Figura V. 5– Valores da força máxima de ruptura em fatias de kiwi liofilizadas

Os valores médios entre os três métodos de congelamento de 15,87, 22,48 e 30,61N, respectivamente para os tempos 0, 60 e 120 minutos de pré-secagem osmótica, indicam um acréscimo na firmeza das fatias de 41,65% nas amostras tratadas em solução osmótica prévia durante 1 hora e de 92,88% após 2 horas.

Observa-se também através da Figura V.5 que o congelamento em placas resultou em fatias com o dobro da firmeza do valor médio observado para o congelamento em ar estático quando não efetuou-se a pré-secagem osmótica. Esta diferença entretanto não foi observada quando as amostras foram submetidas ao tratamento prévio. Por sua vez, ao comparar-se as fatias congeladas sem o tratamento prévio com as amostras submetidas a pré-secagem osmótica por uma e duas horas, verifica-se que o congelamento por ar estático proporcionou respectivamente valores 2,00 e 2,74 vezes superior para a força máxima de ruptura. As fatias congeladas através da imersão em nitrogênio líquido revelaram valores superiores comparativamente aos dois métodos discutidos. No entanto, conforme mostra a Figura V.5, o valor da força máxima de ruptura das fatias pré-concentradas por duas horas foi ainda 39% inferior à da amostra *in natura*.

A melhora na textura expressada pelo aumento na força máxima de ruptura quando as fatias foram submetidas a condições que aceleraram a velocidade de congelamento pode ser relacionada ao tamanho e a uniformidade dos cristais de gelo formados anteriormente ao ingresso das amostras na câmara de liofilização.

Nos trabalhos de FANG *et al.* (1971), RAMAMURTHY & BONGIRWAR (1979) e HAMMAMI & RENÉ (1997) também foi constatado o efeito benéfico do aumento na velocidade de congelamento sobre a firmeza dos produtos após a reidratação, em detrimento dos métodos lentos, que causaram danos estruturais acentuadamente maiores aos tecidos.

V.3.7 CARACTERIZAÇÃO FINAL

Ao considerar-se simultaneamente o tempo necessário ao processo, a capacidade de reidratação e a textura, avaliada através das determinações da força máxima de ruptura, constata-se que as fatias *in natura* e as fatias previamente submetidas à pré-secagem osmótica por 60 minutos apresentaram resultados gerais mais satisfatórios quando foram congeladas em ar estático ou em placas de contato, em comparação às demais condições estudadas.

Fatias congeladas por contato em placas apresentaram também maior similaridade à fruta *in natura*. Neste método de congelamento, as amostras que não foram tratadas previamente mantiveram integralmente a sua forma original, mas apresentaram coloração levemente amarelada, enquanto que as pré-concentradas resultaram em pequena diminuição no seu volume mas com atrativa coloração esverdeada, conforme se verifica na Figura V.6.

Na Tabela V.5 são apresentados os resultados das determinações de ácido ascórbico em fatias de kiwi *in natura* e liofilizadas.



(a) (b) (c)

Figura V.6– Amostras de fatias de kiwi *in natura* (a) e fatias congeladas em placas e liofilizadas sem (b) e com (c) prévia desidratação osmótica por 60 minutos.

Tabela V.5– Valores¹ médios de ácido ascórbico e perdas no processo em fatias de kiwi *in natura* e liofilizadas

Ácido ascórbico (mg/100g b.s.)	Condição das fatias			
	<i>in natura</i>	60DO	LIO	60DO+LIO
	542,92	424,67	504,26	384,68
DP (±) ²	73,40	2,74	4,94	9,69
Perda (%)	-	21,78	7,12	29,15
DP (±)		1,96	0,19	1,06

(¹): valores médios de três repetições

(²): desvio padrão

60 DO: prévia desidratação osmótica por 60 minutos

LIO: liofilização

Os resultados confirmam a peculiaridade do processo da liofilização em manter elevados os percentuais dos componentes originalmente presentes. Conforme se observa na Tabela V.5 a liofilização possibilitou a retenção aproximada de 83% do conteúdo inicial de ácido ascórbico nas fatias *in natura*, em base seca, enquanto que na secagem das fatias em estufa com circulação de ar aquecido a 40°C (Capítulo III) o valor determinado foi de 47%. Por sua vez, a amostra das fatias liofilizadas com pré-secagem osmótica durante uma hora apresentou em torno de 70% de retenção, no entanto convém citar que a maior contribuição para a perda verificada pode ser atribuída à imersão em solução osmótica, com provável predominância da perda por difusão.

V.4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o estudo foi realizado pode-se concluir que:

- a quantidade de água reincorporada às fatias foi mais influenciada pela pré-secagem osmótica enquanto a força máxima de ruptura foi influenciada pelo aumento na velocidade de congelamento;
- o tratamento preliminar em solução osmótica não promoveu redução do tempo necessário à liofilização, no entanto proporcionou melhora à textura e coloração das fatias;
- a liofilização de fatias *in natura* e de fatias submetidas a pré-secagem osmótica por 60 minutos, quando congeladas em ar estático ou em placas de contato, apresentaram resultados gerais mais satisfatórios comparativamente ao tratamento osmótico por 120 minutos e ao congelamento em nitrogênio líquido;
- a liofilização possibilitou a retenção de elevados níveis de ácido ascórbico nas fatias, principalmente nas amostras processadas *in natura*, que apresentaram valores superiores aos determinados nas fatias liofilizadas submetidas à pré-secagem osmótica.

V.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Frutas Secas ou Dessecadas. Resolução nº 12, de 24 de julho de 1978. **Documento**, Brasília, p. 1-2. 1978.

A.O.A.C **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis; 16th ed.; Washington, 1995.

BACHMANN, L. **Kiwifruit offers potential benefits for specific health conditions**. Disponível na Internet: [Http://www.kiwifruit.org/consumer/press/potential.html](http://www.kiwifruit.org/consumer/press/potential.html). 23 ago, 1999.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas, EDUNICAMP, 1996. 299p.

BENASSI, M. T. **Análise dos estudos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990. 159p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CRIVELLE, G.; NANI, R.; TORREGIANI, D.; BERTOLO, G. Trials on the industrial processing of kiwifruit. **Acta Horticulturae**, Thessaloniki, v. 282, p. 409-415, 1990.

FANG, T. T.; FOOTRAKUL, P.; LUH, B. S. Effects of blanching, chemical treatments and freezing methods on quality of freeze-dried mushrooms. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 36, n. 7, p. 1044-1048, 1971.

GENIN, N.; RENÉ, F. Influence of freezing rate and the ripeness state of fresh courgette on the quality of freeze-dried products and freeze-drying time. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 201-209, 1997.

HAMMAMI, C.; RENÉ, F. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 32, n. 2 p. 133-154, 1997.

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.

KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 35, n. 4, p. 369-380, 1998.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B. Viscoelastic behaviour of dehydrated products during rehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 269-277, 1999.

LA CHANCE, P. S. Fruits in preventive health and disease treatment: nutritional ranking and patient recommendations. IN: Symposium on Advances in Clinical Nutrition the American College of Nutrition. 38th. Annual meeting. Abstract. Washington (DC). **Journal of the American College of Nutrition**, 1997, v. 16, n.5, p. 485.

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de abacaxi (*Ananas comosus* L.) para aplicação à tecnologia de métodos combinados**. Campinas, 1997. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LERICI, C. R.; PEPE, M.; PINNAVAIA, G. La desidratazione della frutta mediante osmosi diretta. **Industrie Conserve**, Parma, v. 52, n. 2, p. 125-129, 1977.

LEWICKI, P. P.; LUKASZUK, A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 119-126, 2000.

LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R. Freeze drying. In: **Handbook of industrial drying**, 2.ed., v. 1, chapt. 10, p. 309-343, 1994.

MALTINI, E.; GIANGIACOMO, R. Aspetti tecnici della liofilizzazione delle fragole e delle banane. **Industrie Alimentari**, Parma, v. 15, n. 6, p. 49-55, 1976.

MASKAN, M. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 48, n. 177-182, 2000.

RAMAMURTHY, M. S.; BONGIRWAR, D. R. Effect of freezing methods on the quality of freeze dried *Alphonso mangoes*. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 234-236, nov./dec, 1979.

RATTI, C. Hot air and freeze-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 311-319, 2001.

YANG, C. S. T.; ATALLAH, W. A. Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50 n. 5, p. 1233-1237, 1985.

YANG, A. P. P.; WILLS, C.; YANG, T. C. S. Use of a combination process of osmotic dehydration and freeze drying to produce a raisin-type lowbush blueberry product. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1651-1664, 1987.

**CAPÍTULO VI. ESTUDO DA OSMO-PASTEURIZAÇÃO
DE FATIAS DE KIWI EM CALDA**

RESUMO

Na indústria de alimentos tem sido crescente a preocupação com o aproveitamento dos subprodutos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da pré-secagem osmótica em fatias de kiwi em calda, averiguando simultaneamente a possibilidade do aproveitamento do próprio xarope utilizado no tratamento osmótico como líquido de cobertura. Fatias de kiwi *in natura* e fatias submetidas a pré-secagem osmótica por duas horas em xarope de sacarose a 65°Brix e 40°C e moderada agitação foram envasadas com calda preparada com sacarose comercial ou obtida por diluição de xarope osmótico residual, ambas a 35°Brix. Os produtos foram submetidos à determinações físico-químicas e instrumentais e avaliação sensorial aos 2 e 6 meses de armazenamento. Os produtos processados com fatias de kiwi em calda submetidas a pré-secagem osmótica apresentaram durante o armazenamento aceitação sensorial similar quanto ao aroma e sabor, aceitação melhor quanto a aparência e, na avaliação da textura, aceitação melhor aos dois meses e aceitação similar aos seis meses, comparativamente aos produtos processados com fatias não submetidas ao tratamento prévio. A utilização do xarope resultante da pré-secagem osmótica como líquido de cobertura não se traduziu em diferença sensorial significativa para o aroma e o sabor nas quatro combinações de fatias e calda estudadas, nos dois períodos avaliados. No entanto, nos produtos processados com fatias submetidas a pré-secagem osmótica, promoveu melhora na aparência e na textura nos dois períodos avaliados. O aproveitamento do xarope da pré-secagem osmótica como líquido de cobertura pode contribuir para a redução de custos no envase de fatias de kiwi em calda.

SUMMARY

The exploitation of waste products is of increasing concern to the food industry. The objective of this research was to study the bottling of osmo-pasteurised kiwi slices in syrup, simultaneously checking the possibility of using the syrup used in the prior osmotic dehydration as the actual filling syrup, aiming at a better economic viability of the process. Kiwi slices submitted or otherwise to osmotic concentration for 2 hours at 40°C in a 65°Brix sucrose syrup with moderate shaking, were bottled either in syrup prepared with commercial sucrose or that obtained by diluting the residual osmotic syrup, both at 35°Brix. The products were submitted to physico-chemical and instrumental determinations and sensory evaluations after 2 and 6 months of storage. The final products obtained by bottling osmotically pre-dehydrated kiwi slices in syrup showed similar sensory acceptance for aroma and flavour during storage and improved acceptance for appearance, as compared to products made with non-pre-treated slices. With respect to texture, acceptance was improved up to 2 months of storage and similar after 6 months of storage. The use of the syrup remaining after osmotic dehydration as the filling liquid resulted in no significant difference in the sensory scores obtained for aroma and flavour for the four combinations of slices and syrup studied at the two periods evaluated. Nevertheless, the products obtained by processing osmotically pre-dehydrated slices showed an improvement in appearance and texture at both periods evaluated. The use of the osmotic pre-dehydration syrup as the filling liquid in the procedure for bottling kiwi slices in syrup could contribute to a reduction in processing costs.

VI.1. INTRODUÇÃO

No Brasil o consumo de frutas em calda tradicionais como o pêssego é relativamente estável (MADAIL, 2004), apesar do aumento da disponibilidade de diferentes produtos de frutas nos últimos anos.

Segundo BEUTEL *et al.* (1976), fatias de kiwi podem ser preservadas de forma bastante satisfatória quanto a aceitação sensorial através do envase, apesar das mudanças decorrentes na cor em comparação com a fruta fresca. ROBERTSON & SWINBURNE (1981), citam que no envase da forma convencional 90% da clorofila presente no kiwi sofre degradação, resultando em um produto com coloração amarelo-amarronzado. Por sua vez, DALLA ROSA *et al.* (1980), ao estudarem possíveis técnicas para a conservação desta fruta, verificaram que as fatias preservadas em calda e as congeladas foram as que apresentaram produtos finais com as melhores características sensoriais.

Em estudo realizado por ANDREOTTI *et al.* (1985), pêssegos submetidos a pré-secagem osmótica e enlatados em calda a 20-24° Brix apresentaram melhora no aroma e aumento do peso específico enquanto que a cor e a textura mantiveram-se estáveis. Também SHARMA *et al.* (1991) verificaram no osmo-enlatamento de rodela de maçã que os problemas comumente encontrados em frutas em calda como ruptura do tecido e elevada turbidez da calda podem ser acentuadamente diminuídos com o tratamento osmótico.

Entre os vários processos utilizados na indústria alimentícia, tem sido crescente a preocupação com o aproveitamento dos subprodutos, com a finalidade básica de reduzir os custos de produção. As soluções osmóticas açucaradas empregadas na pré-secagem osmótica de frutas, encontram-se enriquecidas depois do seu uso com compostos naturais que são liberados pela fruta durante o processo. SILVEIRA *et al.* (1984) e GARCÍA-MARTÍNEZ *et al.* (2002) constataram que o xarope

utilizado na prévia desidratação osmótica de ameixa pode ser aproveitado no envase desta fruta em calda, sem prejuízo à sua qualidade sensorial. Também CÁRDENAS (1996) *apud* MONTOYA & QUINTERO (1999), ao trabalhar com conservas de ananás em calda, verificou que o produto em que se utilizou o líquido de cobertura proveniente do xarope da pré-secagem osmótica da fruta obteve melhor aceitação sensorial do que as rodela envasadas na forma convencional.

Em trabalhos realizados com ameixa (SHARMA & LAL, 1999), pêssego e cereja (SENESI *et al.* 1988), e damasco (Ferreira *et al.* 2000) também são relatados aspectos indicando que a prévia concentração através da desidratação osmótica contribuiu consideravelmente para a melhoria da qualidade geral das frutas em calda.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da pré-secagem osmótica na qualidade de fatias de kiwi em calda, averiguando simultaneamente a possibilidade do aproveitamento do próprio xarope utilizado no tratamento osmótico como líquido de cobertura durante uma vida-de-prateleira de seis meses.

VI.2. MATERIAL E MÉTODOS

VI.2.1 MATERIAL

VI.2.1.1. MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados aproximadamente 10kg de frutos da cultivar *Hayward*, safra de 2000, procedentes de pomar da KIWI BONA AGRICOLA, localizado em Campos do Jordão-SP. Após a colheita, foram transportados e conservados sob refrigeração em câmara fria a 1-3°C por quatro semanas.

No preparo do xarope para a prévia desidratação osmótica e da calda para adição como líquido de cobertura, utilizou-se açúcar refinado.

VI.2.1.2. EMBALAGEM

Vidros com capacidade de 1 kg com tampa rosqueável.

VI.2.1.3. EQUIPAMENTOS

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Agitador *shaker* com controle termostático, marca Marconi modelo 830;
- Texturômetro Universal Testing Machine, modelo TA-TX2, marca Stable Systems;
- pHmetro Micronal, modelo B 374;
- Medidor de atividade de água Aqualab, modelo Cx-2 Decagon;

- Refratômetro *Carl Zeiss* Jena, faixa de leitura 0–90%, com correção de temperatura;
- Espectrofotômetro para cor Hunter Lab, modelo Color Quest II;
- Reômetro digital Brookfield, modelo DV-111;
- Estufa a vácuo, *VWR Scientific*, modelo 1400 e;
- Fogão industrial a gás com quatro bocas;
- Tanque de aço inoxidável com capacidade de 250 litros.

VI.2.2 MÉTODOS

VI.2.2.1. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Após o período de refrigeração, procedeu-se a lavagem dos frutos em água corrente, descascamento e corte manual em fatias com 10 mm de espessura.

VI.2.2.2. PRÉVIA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Foi realizada em *shaker* com 75 oscilações por minuto e amplitude de 1cm, durante 2 horas a $40\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, utilizando como solução osmótica xarope de sacarose a 65% (p/p) de sólidos solúveis na proporção 4:1 (xarope:fatias de kiwi).

VI.2.2.3. LÍQUIDOS DE COBERTURA

No experimento utilizaram-se duas caldas na concentração de 35°Brix. Uma foi preparada com sacarose comercial e a outra obtida do próprio xarope residual da pré-secagem osmótica, através de diluição com água.

VI.2.2.4. DISCRIMINAÇÃO DOS PRODUTOS

Para determinar a influência da pré-secagem osmótica e tipo de líquido de cobertura sobre a qualidade final das fatias de kiwi em calda, foram realizados dois processamentos dos quatro produtos em triplicata, obtendo-se seis vidros para cada condição de processo. A combinação das fatias e dos líquidos de cobertura que resultou nos quatro produtos, está discriminada a seguir:

- $F_{RP} \times C_{RP}$: produto obtido do envase de fatias de kiwi *in natura* e calda recém-preparadas;
- $F_{RP} \times C_{DO}$: produto obtido do envase de fatias de kiwi *in natura* recém-preparadas e calda diluída a partir de xarope utilizado em desidratação osmótica;
- $F_{DO} \times C_{RP}$: produto obtido do envase de fatias de kiwi previamente submetidas à desidratação osmótica e calda recém-preparada;
- $F_{DO} \times C_{DO}$: produto obtido do envase de fatias de kiwi previamente submetidas à desidratação osmótica e calda diluída a partir do próprio xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

VI.2.2.5. PROCESSAMENTO DOS PRODUTOS

Após o preparo dos dois tipos de fatias e respectivos líquidos de cobertura e identificação dos vidros e tampas, procedeu-se às seguintes operações, conforme ilustrado no diagrama de fluxo a seguir :

Capítulo VI

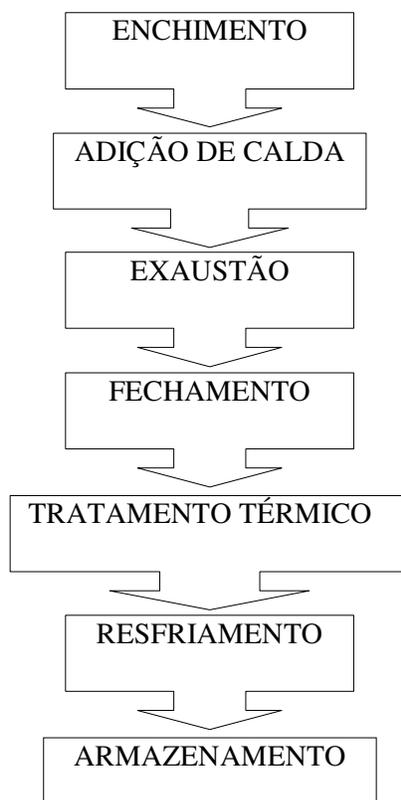


Figura VI.1- Diagrama de fluxo de processamento das fatias de kiwi em calda.

O enchimento dos vidros com aproximadamente 320g de fatias de kiwi seguido da adição de calda à 75°C na proporção 1:1 foi realizado manualmente, deixando-se espaço-livre de 12mm. A exaustão foi efetuada pré-aquecendo os produtos acondicionados nos vidros e mantendo-os em água a 95°C por 5 minutos seguido do imediato fechamento hermético com as tampas. Logo após esta etapa, os produtos foram pasteurizados por 15 minutos, a temperatura de ebulição da água, seguido de resfriamento até 38-40°C com circulação de água. Os produtos foram armazenados ao abrigo da luz, a temperatura ambiente.

VI.2.2.6. DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

As determinações a seguir relacionadas foram realizadas em triplicata.

a) SÓLIDOS SOLÚVEIS

O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi determinado através de leitura direta em refratômetro, marca CARL ZEISS (JENA), modelo 32-G 110d, com correção de acordo com a temperatura.

b) SÓLIDOS TOTAIS

Conforme recomendado pela A.O.A.C (1995), método 9245, adaptado com secagem em estufa com circulação forçada de ar aquecido a 40°C por 12 horas e posterior transferência para estufa a vácuo a 70°C por 4 horas e pesagens consecutivas a cada 1 hora, até peso constante.

c) ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Determinada por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio utilizando fenolftaleína como indicador, segundo procedimento indicado pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976), associado com leitura potenciométrica considerando-se o ponto de viragem em pH 8,1. Os resultados foram expressos em porcentagem do ácido cítrico.

d) FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA

Amostras das fatias de kiwi dos quatro produtos foram submetidas a força de compressão em *Texturômetro Universal Testing Machine*, modelo TA-TX2, marca *Stable Systems*. Utilizou-se uma sonda cilíndrica com 50mm de diâmetro a velocidade de 1mm/s, previamente selecionada em testes prévios.

e) COR

Determinaram-se os parâmetros L^* , a^* e b^* através de leitura direta das amostras no visor de espectrofotômetro *Hunter Lab*, sistema CIELab, utilizando calibração RSIN, iluminante D_{65} e ângulo de detecção a 10^0 . A cor dos produtos foi comparada com a cor das fatias *in natura*. A partir dos parâmetros L^* , a^* e b^* calculou-se a diferença total de cor (ΔE) e a diferença de cromaticidade (ΔC) entre as fatias *in natura* e os quatro produtos, aos dois e seis meses de armazenamento. Utilizou-se as seguintes equações:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad \Delta C = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

onde $\Delta L^* = L^* - L_o^*$, $\Delta a^* = a^* - a_o^*$ e $\Delta b^* = b^* - b_o^*$, sendo L^* a luminosidade, a^* e b^* os índices de croma e o sub-índice "o" o valor padrão da amostra *in natura*.

f) PESO DRENADO

Foi determinado conforme técnica recomendada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976), com expressão dos resultados em porcentagem do peso total.

g) COR E TURBIDEZ DA CALDA

Determinadas em espectrofotômetro *Hunter Lab*, utilizando iluminante D_{65} e ângulo de detecção a 10° , com colocação das amostras dos líquidos de cobertura em cubeta específica com caminho óptico limpo de 10mm.

h) VISCOSIDADE DA CALDA

A viscosidade foi determinada em reômetro BROOKFIELD DV-III, utilizando *spindle* 31 a 150rpm por 30 segundos a 20°C .

VI.2.2.7. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os produtos em calda foram avaliados conforme Resolução 12/78 da ANVISA para frutas em calda, que estabelece a incubação em estufa a 35°C por 14 dias para a avaliação das embalagens quanto a possíveis alterações.

VI.2.2.8. AVALIAÇÃO SENSORIAL

A avaliação sensorial foi realizada através de teste afetivo de aceitação e teste da intenção de compra, ambos apresentados em ficha única de avaliação (ANEXO III). Avaliaram-se os quatro produtos de kiwi em calda pasteurizados, aos dois e seis meses de armazenamento.

Trinta e cinco provadores não treinados avaliaram os produtos quanto aos atributos aparência, aroma, sabor e textura, através de escala hedônica não estruturada variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo), conforme MORAES, (1993). Relativo à “intenção de compra”, os provadores expressaram a sua

nota utilizando uma escala variando desde 1 (certamente não compraria) até 5 (certamente compraria).

Para a avaliação cada provador recebeu uma fatia de kiwi em calda de cada tratamento, servida em recipiente plástico arredondado de fundo branco. A apresentação das amostras codificadas com números aleatórios de três dígitos foi feita em ordem inteiramente casualizada e os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tuckey com o auxílio do Programa *STATÍSTICA 5.0*, para detectar possíveis diferenças significativas entre as médias dos tratamentos realizados e no decorrer do tempo de armazenamento, ao nível de confiança de 5%.

VI.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

VI.3.1 SÓLIDOS SOLÚVEIS, ACIDEZ TITULÁVEL E SUA RELAÇÃO

Os resultados das determinações dos sólidos solúveis, acidez titulável e a relação entre estes parâmetros são apresentados na Tabela VI.1.

Pode-se verificar que os quatro produtos resultantes da combinação das fatias *in natura* recém-preparadas ou previamente desidratadas com a calda recém-preparada ou diluída a partir do xarope utilizado na pré-secagem osmótica, apresentaram valores de acidez titulável e sólidos solúveis praticamente estáveis após 2 meses de armazenamento, evidenciando ter cessado a equalização entre a calda e as fatias. Conseqüentemente, a relação entre esses dois parâmetros também se estabilizou.

A pré-secagem osmótica durante duas horas, em comparação com o envase sem esse tratamento, proporcionou um acréscimo médio de 5,0°Brix nos sólidos solúveis e uma redução aproximada de 1g de ácido cítrico/100g de matéria-seca no transcorrer do armazenamento. O ingresso de solutos nas fatias e a simultânea perda de ácidos orgânicos ocorrida juntamente com a saída de água durante o tratamento preliminar justificam esse fato.

Capítulo VI

Tabela VI.1- Valores de sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável (g ácido cítrico/100g matéria seca) e sua relação durante o armazenamento.

Parâmetros	IN ¹	DO ²	Meses de armazenamento					
			0	2	4	6		
Sólidos solúveis	F _{RP} x C _{RP}	13,10	-	21,70	23,00	23,10	23,00	
	DP (±) ³	0,53		0,65	0,51	0,23	0,11	
	F _{RP} x C _{DO}	13,10	-	21,60	22,90	23,40	23,20	
	DP (±)	0,53		0,35	0,10	0,17	0,36	
	F _{DO} x C _{RP}	13,10	22,70	26,20	27,70	28,20	28,30	
	DP (±)	0,53	0,42	0,36	0,49	0,17	0,24	
	F _{DO} x C _{DO}	13,10	22,70	26,50	28,40	28,10	28,40	
	DP (±)	0,53	0,42	0,35	0,16	0,24	0,08	
	Acidez titulável	F _{RP} x C _{RP}	7,50	-	4,54	3,83	3,72	3,71
		DP (±)	0,49		0,15	0,10	0,03	0,03
F _{RP} x C _{DO}		7,50	-	4,61	3,93	3,79	3,83	
DP (±)		0,49		0,03	0,02	0,11	0,13	
F _{DO} x C _{RP}		7,50	4,96	4,04	3,03	3,00	3,03	
DP (±)		0,49	0,07	0,07	0,08	0,05	0,02	
F _{DO} x C _{DO}		7,50	4,96	4,05	3,09	3,08	3,04	
DP (±)		0,49	0,07	0,04	0,04	0,05	0,01	
"Ratio" ⁴		F _{RP} x C _{RP}	1,75	-	4,78	6,00	6,21	6,20
		DP (±)	0,31		0,09	0,14	0,10	0,04
	F _{RP} x C _{DO}	1,75	-	4,69	5,83	6,17	6,06	
	DP (±)	0,31		0,10	0,38	0,01	0,04	
	F _{DO} x C _{RP}	1,75	4,58	6,49	9,14	9,40	9,34	
	DP (±)	0,31	0,07	0,06	0,11	0,08	0,03	
	F _{DO} x C _{DO}	1,75	4,58	6,54	9,19	9,12	9,34	
	DP (±)	0,31	0,07	0,04	0,04	0,05	0,04	

(¹): fatias *in natura*

(²): fatias submetidas à desidratação osmótica por 2 horas

(³): desvio padrão

(⁴): relação sólidos solúveis/acidez titulável

F_{RP} x C_{RP} : fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

F_{RP} x C_{DO} : fatias *in natura* e calda diluída do xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

F_{DO} x C_{RP} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

F_{DO} x C_{DO} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

VI.3.2 SÓLIDOS TOTAIS, FORÇA MÁXIMA DE RUPTURA E PESO DRENADO

Os dados mostrados na Tabela VI.2 referem-se ao teor de sólidos totais, força máxima de ruptura e peso drenado ao longo do armazenamento.

Tomando-se por base o percentual de sólidos totais das fatias *in natura*, verifica-se que independentemente da origem da calda utilizada, as fatias envasadas sem pré-secagem osmótica apresentaram um incremento no seu valor de aproximadamente 50%, decorrente da equalização após a pasteurização, observando-se a partir daí apenas um leve aumento até o final dos seis meses. As fatias submetidas à pré-secagem osmótica foram envasadas com percentual inicial de sólidos totais aproximadamente 80% superior em relação ao valor determinado para as fatias *in natura*, em razão dos solutos incorporados no tratamento prévio. A Tabela VI.2 mostra que no final do armazenamento, após a equalização, as fatias envasadas *in natura* e as fatias envasadas tratadas previamente apresentaram um acréscimo médio aproximado de 5 e 9% respectivamente, em comparação com o valor apresentado no tempo “0”.

Os resultados da força máxima de ruptura indicam que o pré-tratamento proporcionou fatias com maior firmeza. O enfraquecimento estrutural dos tecidos, que normalmente ocorre na pré-secagem osmótica, foi de certa forma compensado pela entrada de sólidos. Este aspecto somado a saída de água, contribuiu para a consistência mais rígida dos produtos, os quais não foram afetados de forma tão drástica pela subsequente pasteurização, a exemplo do que ocorreu com as fatias que não foram previamente tratadas por osmose. Pela Tabela VI.2 também visualiza-se que posteriormente ao período correspondente a equalização, ou seja, após dois meses de armazenamento, a força máxima de ruptura tornou-se praticamente estável nos quatro produtos, configurando-se desta forma que este parâmetro está relacionado com o ingresso de sólidos.

Capítulo VI

Tabela VI.2- Valores de sólidos totais (%), força máxima de ruptura (N) e peso drenado (%) durante o período de armazenamento.

Parâmetros	IN ¹	DO ²	Meses de armazenamento					
			0	2	4	6		
Sólidos totais	F _{RP} X C _{RP}	16,30	-	25,41	26,21	26,12	26,18	
	DP (±) ³	0,57		0,34	0,13	0,23	0,14	
	F _{RP} X C _{DO}	16,30	-	24,59	25,34	25,68	25,71	
	DP (±)	0,57		0,33	0,50	0,39	0,32	
	F _{DO} X C _{RP}	16,30	26,20	29,14	32,14	32,02	32,07	
	DP (±)	0,57		0,35	0,23	0,35	0,32	
	F _{DO} X C _{DO}	16,30	26,20	29,29	31,22	31,81	31,96	
	DP (±)	0,57		0,47	0,33	0,38	0,22	
	Força máxima de ruptura	F _{RP} X C _{RP}	76,84	-	26,44	28,66	28,37	29,45
		DP (±)	1,49		0,59	0,47	0,40	0,44
F _{RP} X C _{DO}		76,84	-	26,77	28,50	29,51	29,60	
DP (±)		1,49		0,42	0,42	0,41	0,64	
F _{DO} X C _{RP}		76,84	53,03	39,29	42,35	41,02	41,66	
DP (±)		1,49	1,38	0,44	0,43	0,69	0,58	
F _{DO} X C _{DO}		76,84	53,03	38,15	41,93	41,28	40,90	
DP (±)		1,49	1,38	0,36	0,47	0,47	0,53	
Peso drenado		F _{RP} X C _{RP}	-	-	50,43	52,31	52,38	52,25
		DP (±)			0,37	0,42	0,57	0,54
	F _{RP} X C _{DO}	-	-	50,27	52,39	52,23	52,31	
	DP (±)			0,49	0,55	0,42	0,48	
	F _{DO} X C _{RP}	-	-	51,49	54,33	54,41	54,39	
	DP (±)			0,53	1,98	0,52	0,62	
	F _{DO} X C _{DO}	-	-	51,96	55,37	55,48	55,13	
	DP (±)			0,21	0,57	1,88	0,54	

(¹): fatias *in natura*

(²): fatias submetidas à desidratação osmótica por 2 horas

(³): desvio padrão

F_{RP} X C_{RP} : fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

F_{RP} X C_{DO} : fatias *in natura* e calda diluída de xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

F_{DO} X C_{RP} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

F_{DO} X C_{DO} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

Considerando-se que no envase a proporção fruta:calda foi 1:1, verifica-se pelos resultados que os quatro produtos apresentaram variação positiva no seu peso drenado, inclusive nas determinações efetuadas logo após a pasteurização dos produtos, correspondentes ao tempo zero de armazenamento. O tratamento preliminar da pré-secagem osmótica acarretou um aumento aproximado de 3% no peso drenado ao final do período da equalização. Os resultados estão de acordo com SHARMA *et al.* (1991) que trabalharam com osmo-enlatamento de rodelas de maçã.

Estes autores atribuíram o aumento do peso drenado e a diminuição do volume da calda à reconstituição dos tecidos da fruta, cujo efeito evidentemente não ocorre nas amostras não submetidas a pré-secagem osmótica. A aplicação de calor, segundo os mesmos autores, provoca a expansão e o escape de gases intercelulares conduzindo ao rompimento e as separações celulares, as quais, dependendo das condições utilizadas, não ocorrem com os produtos submetidos ao tratamento prévio de osmose, que conduz predominantemente ao encolhimento celular.

VI.3.3 PARÂMETROS DE COR

Os parâmetros de cor para as fatias de kiwi em calda são apresentados na Tabela VI.3 correspondendo a 2 e 6 meses de armazenamento.

Ao comparar-se conjuntamente os valores dos parâmetros de cor dos produtos envasados, avaliados aos 2 e 6 meses de armazenamento, com os valores encontrados para as fatias *in natura* e fatias desidratadas previamente em solução osmótica por duas horas, verifica-se uma acentuada alteração nas quatro combinações fatias/calda no que diz respeito aos parâmetros a^* e b^* , enquanto que a luminosidade L^* foi pouco afetada durante a pasteurização, tendo apresentado pequena variação.

Capítulo VI

Tabela VI.3- Valores da luminosidade (L^*), das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) e diferenças de cromaticidade (ΔC) e de cor total (ΔE) em relação à amostra *in natura* de fatias de kiwi em calda, aos dois e seis meses de armazenamento.

Tratamentos	Parâmetros					
	L^*	a^*	b^*	ΔC	ΔE	
IN ¹	45,74	- 4,97	19,43	-	-	
DP (\pm) ²	0,94	0,82	1,90			
120 DO ³	48,36	- 5,68	24,35	4,97	5,62	
DP (\pm)	1,10	0,81	2,11	0,75	0,42	
2 meses	$F_{RP} \times C_{RP}$	44,25	- 0,89	28,82	10,22	10,33
	DP (\pm)	0,84	0,07	1,74	0,54	0,62
	$F_{RP} \times C_{DO}$	43,74	- 1,12	27,74	9,15	9,37
	DP (\pm)	1,30	0,12	1,06	0,55	0,42
	$F_{DO} \times C_{RP}$	48,46	- 2,17	25,31	6,51	7,06
	DP (\pm)	1,55	0,09	0,90	0,30	0,39
	$F_{DO} \times C_{DO}$	49,59	- 1,94	24,82	6,18	7,28
	DP (\pm)	1,70	0,13	0,68	0,33	0,68
	$F_{RP} \times C_{RP}$	43,31	- 0,79	29,14	10,57	10,85
	DP (\pm)	1,48	0,03	0,53	0,55	0,49
6 meses	$F_{RP} \times C_{DO}$	43,57	- 1,14	29,97	9,34	9,61
	DP (\pm)	1,71	0,06	0,61	0,32	0,45
	$F_{DO} \times C_{RP}$	47,38	- 2,09	26,32	7,46	7,64
	DP (\pm)	1,98	0,08	0,70	0,36	1,29
	$F_{DO} \times C_{DO}$	49,30	- 2,04	25,19	6,46	7,38
	DP (\pm)	1,25	0,04	0,68	0,37	0,36

(¹): fatias *in natura*

(²): desvio padrão

(³): fatias submetidas à desidratação osmótica por 2 horas

L^* : luminosidade

+ a^* : vermelho; - a^* : verde; + b^* : amarelo; - b^* : azul

ΔC : diferença de cromaticidade

ΔE : diferença total de cor

$F_{RP} \times C_{RP}$: fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

$F_{RP} \times C_{DO}$: fatias *in natura* e calda diluída de xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

$F_{DO} \times C_{RP}$: fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

$F_{DO} \times C_{DO}$: fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

Observa-se que nos dois produtos envasados com fatias tratadas previamente em solução osmótica, a concentração dos pigmentos de clorofila devido a remoção de água favoreceu provavelmente a manutenção de pigmentos que se refletiram em valores para o parâmetro a^* intermediários entre os determinados para as fatias *in natura* e os obtidos para as fatias não submetidas ao tratamento osmótico.

Por sua vez, os valores do componente b^* foram levemente superiores nos dois produtos em que foram utilizadas fatias recém-preparadas de fruta *in natura*, evidenciando tendência ao aparecimento da cor amarela. O aumento observado para os valores médios de b^* durante o armazenamento também sinaliza para a gradativa perda da coloração verde nos produtos. Ao comparar-se os produtos entre si quanto à luminosidade L^* observa-se que as fatias previamente tratadas em solução osmótica apresentaram valores superiores, o que está provavelmente relacionado com a impregnação de açúcares.

Ao contrário do tipo de tratamento prévio conferido as fatias utilizadas, a origem da calda adicionada não exerceu influência na coloração final entre os produtos.

A pequena diferença registrada entre os resultados de ΔC e ΔE mostra que as alterações nos componentes da cromaticidade constituíram-se basicamente no fator responsável pela variação geral da cor nos quatro produtos após a pasteurização, em comparação às fatias *in natura*. CANO & MARIN (1992), ao avaliarem fatias de kiwi enlatadas em calda a 18°Brix da forma convencional com pasteurização por 15 minutos a 100°C, detectaram uma diferença total na cor (ΔE) de 11,15, atribuindo essa variação inteiramente aos efeitos do tratamento térmico aplicado. É oportuno citar que ROBERTSON (1985) afirmou que uma possível redução no tempo da pasteurização não resulta em melhora na manutenção da cor original, visto que os componentes ácidos liberados durante o corte das fatias em combinação com a elevada temperatura, conduzem à rápida conversão da clorofila em feofitina.

VI.3.4 COR, TURBIDEZ E VISCOSIDADE DOS LÍQUIDOS DE COBERTURA.

VI.3.4.1. COR

São apresentados na Tabela VI.4 os resultados da avaliação da cor dos líquidos de cobertura dos quatro produtos de kiwi em calda, ao final de seis meses de armazenamento.

Tabela VI. 4- Cor dos líquidos de cobertura após seis meses de armazenamento

Caldas	Parâmetros				
	L*	a*	b*	ΔC^*	ΔE^*
0 DO	99,87	-0,05	1,73	-	-
DP (\pm) ¹	0,11	0,01	0,05		
(F _{RP} x C _{RP}) ²	97,15	- 1,12	19,53	17,83	18,04
DP (\pm)	1,10	0,12	1,36	0,64	0,73
(F _{RP} x C _{DO}) ³	96,11	- 1,95	20,02	18,39	18,77
DP (\pm)	0,90	0,21	1,04	0,46	0,59
(F _{DO} x C _{RP}) ⁴	99,89	- 1,01	18,61	16,90	16,91
DP (\pm)	0,06	0,06	0,68	0,58	0,30
(F _{DO} x C _{DO}) ⁵	99,80	- 2,02	20,16	18,53	18,54
DP (\pm)	0,02	0,09	0,60	0,59	0,36

L*: luminosidade

+a*: vermelho; -a*: verde; +b*: amarelo; -b*: azul

ΔC : diferença de cromaticidade

ΔE : diferença total de cor

0 : calda a 35°Brix

(¹) : desvio padrão

(²) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

(³) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias *in natura* e calda diluída de xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

(⁴) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

(⁵) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

Observa-se que a luminosidade (L*) não apresentou variação expressiva entre as caldas dos quatro produtos, ao contrário dos parâmetros a* e b*. As duas

caldas provenientes de xarope osmótico residual diluído com água e usadas como líquido de cobertura em fatias com e sem tratamento prévio, revelaram possuir pigmentação esverdeada mais intensa, conforme mostram os valores de a^* negativo.

Por sua vez, o menor valor para o parâmetro b^* foi observado para o produto contendo fatias previamente tratadas combinadas com calda recém-preparada. A Tabela VI.5 também revela que a variação total de cor (ΔE^*) nos quatro produtos foi devido basicamente à variação da cromaticidade (ΔC^*), na qual especificamente o parâmetro b^* exerceu maior influência.

VI.3.4.2. TURBIDEZ E VISCOSIDADE

São mostrados na Tabela VI.5 os valores da turbidez e viscosidade dos líquidos de cobertura após seis meses de armazenamento.

Tabela VI.5– Turbidez (%) e viscosidade (mPas) dos líquidos de cobertura após seis meses de armazenamento

TURBIDEZ	$F_{RP} \times C_{RP}^1$	53,21	$\pm 4,34$
	$F_{RP} \times C_{DO}^2$	62,03	$\pm 1,76$
	$F_{DO} \times C_{RP}^3$	27,31	$\pm 1,04$
	$F_{DO} \times C_{DO}^4$	33,75	$\pm 1,76$
VISCOSIDADE	$F_{RP} \times C_{RP}$	4,00	$\pm 0,11$
	$F_{RP} \times C_{DO}$	3,20	$\pm 0,06$
	$F_{DO} \times C_{RP}$	5,33	$\pm 0,14$
	$F_{DO} \times C_{DO}$	4,53	$\pm 0,20$

(¹) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

(²) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias *in natura* e calda diluída de xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

(³) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

(⁴) : calda resultante de produto envasado a partir de fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

São observadas diferenças acentuadas entre si nas quatro caldas para a turbidez. Os dois produtos em que utilizaram-se fatias recém-preparadas apresentaram valores praticamente duas vezes superior, comparativamente aos outros dois produtos em que o envase procedeu-se com fatias submetidas à pré-secagem osmótica por duas horas. Fragmentos minúsculos de sementes e outras partículas insolúveis geradas no corte e presentes na superfície das fatias e arrastadas no momento da adição do líquido de cobertura, podem ter contribuído para este fenômeno. SHARMA *et al.* (1991) relataram efeito semelhante na comparação de caldas de rodela de maçãs enlatadas com e sem imersão preliminar em solução osmótica. DALLA ROSA *et al.* (1980) também reportaram a formação de um precipitado ao fundo de vidros contendo fatias de kiwi envasadas em calda a 20, 30 e 40°Brix.

Pelos resultados da Tabela VI.5 também constata-se que a origem do líquido de cobertura exerceu influência na turbidez final, visto que ao comparar-se os valores dos dois produtos preparados com calda proveniente da diluição de xarope derivado da pré-secagem osmótica com os respectivos dois produtos obtidos em que adicionou-se calda recém-preparada, observam-se valores bem distintos. Esse fato pode ser relacionado com a presença inicial de substâncias insolúveis diversas, acumuladas na solução osmótica no transcorrer do tratamento prévio. Apesar da diluição até 35°Brix no seu preparo, estas substâncias foram parcialmente incorporadas aos respectivos produtos pasteurizados, proporcionando por conseqüência aumento na turbidez final.

A viscosidade da calda dos produtos elaborados com fatias previamente tratadas foi aproximadamente 25% superior à calda dos produtos que esteve em contato com fatias não tratadas durante o período de equalização, em virtude da diferença inicial no teor de sólidos solúveis de aproximadamente 8°Brix entre os dois tipos de fatias. O distinto gradiente osmótico inicial entre fatias/calda nas duas situações proporcionou taxas diferentes na migração de água para a calda, refletindo-se em percentuais diferentes de sólidos e por conseqüência em valores distintos para

a viscosidade final, conforme observa-se na Tabela VI.5. Por sua vez a diferença na composição inicial das caldas em função dos açúcares presentes, ou seja, a calda recém-preparada contendo somente sacarose e a obtida da diluição de xarope contendo maior porcentual de açúcares redutores, não se traduziu em alteração expressiva sobre a viscosidade.

As determinações analíticas são ilustradas pela observação visual da Figura VI.2.

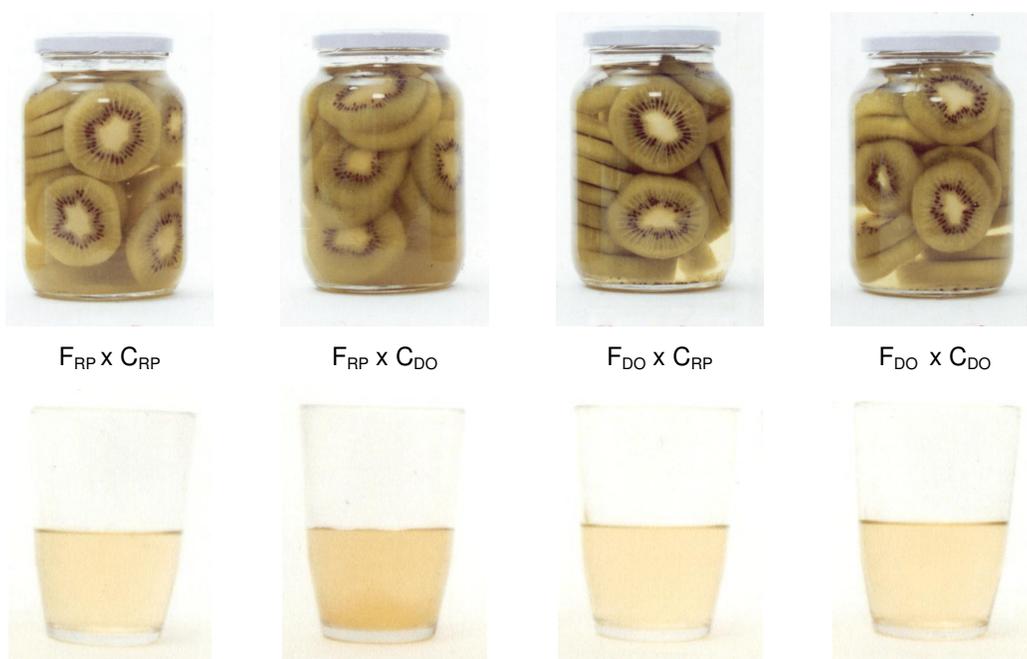


Figura VI. 2– Fatias de kiwi em calda e amostras dos respectivos líquidos de cobertura.

VI.4. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A incubação dos quatro produtos em estufa a 35°C por 14 dias não evidenciou nenhuma alteração nos produtos, indicando esterilização comercial.

VI.5. ANÁLISE SENSORIAL

A apresentação dos resultados da aceitação média dos produtos de kiwi em calda relativamente à avaliação dos atributos aparência, aroma, sabor e textura, está contemplada na Tabela VI.6.

Tabela VI.6- Média dos escores da aceitação de kiwi em calda aos 2 e 6 meses de armazenamento.

ATRIBUTOS	ARMAZENAMENTO		
	Tratamentos	2 meses	6 meses
APARÊNCIA	F _{RP} x C _{RP}	6,29 ± 1,08 a	6,46 ± 1,09 a
	F _{RC} x C _{DO}	6,23 ± 1,22 a	6,43 ± 1,01 a
	F _{DO} x C _{RP}	7,14 ± 1,24 b	6,94 ± 1,23 b
	F _{DO} x C _{DO}	7,11 ± 1,06 b	6,72 ± 1,09 b
AROMA	F _{RC} x C _{RP}	6,63 ± 1,23 a	6,43 ± 1,23 a
	F _{RC} x C _{DO}	6,40 ± 1,37 a	6,46 ± 1,03 a
	F _{DO} x C _{RP}	6,40 ± 1,11 a	6,37 ± 1,30 a
	F _{DO} x C _{DO}	6,46 ± 1,23 a	6,34 ± 1,22 a
SABOR	F _{RC} x C _{RP}	7,03 ± 1,05 a	6,72 ± 1,20 a
	F _{RC} x C _{DO}	7,14 ± 1,61 a	6,57 ± 1,04 a
	F _{DO} x C _{RP}	6,57 ± 1,23 a	7,03 ± 1,14 a
	F _{DO} x C _{DO}	6,72 ± 1,22 a	6,86 ± 1,03 a
TEXTURA	F _{RC} x C _{RP}	6,20 ± 1,13 a	6,57 ± 1,01 a
	F _{RC} x C _{DO}	6,23 ± 1,18 a	6,43 ± 1,07 a
	F _{DO} x C _{RP}	6,91 ± 1,05 b	6,72 ± 1,23 b
	F _{DO} x C _{DO}	6,80 ± 1,25 b	6,74 ± 1,13 b

Letras minúsculas diferentes entre linhas e colunas no mesmo atributo diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($p \leq 0,05$).

F_{RP} x C_{RP} : fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

F_{RP} x C_{DO} : fatias *in natura* e calda diluída de xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

F_{DO} x C_{RP} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

F_{DO} x C_{DO} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

Através dos valores médios atribuídos pelos provadores aos produtos evidencia-se que a pré-secagem osmótica exerceu influência positiva nos atributos aparência e textura, enquanto que o sabor e o aroma dos quatro produtos receberam notas que não se traduziram em diferenças a um nível de significância de 5%, o que pode ser verificado na Tabela VI.6. Em trabalhos de osmo-pasteurização de frutas em calda realizados por ANDREOTTI *et al.* (1985) com pêssego, também foram feitas referências à melhora na textura e no sabor, enquanto que SHARMA & LAL (1991), ao trabalharem com ameixas e SHARMA & *et al.* (1999) com rodela de maçã, relataram que além da textura, a cor e a aparência geral foram também melhor aceitas sensorialmente. FERREIRA *et al.* (2000), referiram-se aos efeitos benéficos do tratamento prévio na aparência geral e no sabor e aroma de damascos osmo-pasteurizados. Da mesma maneira, CÁRDENAS *apud* MONTOYA & QUINTERO (1999) reportaram-se a melhor aceitação sensorial, em geral, de rodela de ananás envasadas após submetê-las à pré-secagem osmótica.

Conforme se observa na Tabela VI.6 a maioria das médias situaram-se entre as categorias “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” na escala hedônica, para os dois tempos de armazenamento.

A calda oriunda da diluição de xarope utilizado na pré-secagem osmótica com água resultou em aceitação similar àquela recém-preparada com sacarose, conforme mostram os valores médios obtidos para os quatro atributos avaliados.

Os resultados do teste de intenção de compra estão apresentados na Tabela VI.7. Os valores médios dos quatro produtos de kiwi em calda osmo-pasteurizados não diferiram significativamente entre si. Caso fossem ofertados pelo mercado provavelmente seriam adquiridos pelos consumidores, sem distinção, confirmando de certa forma os resultados expressos pelos provadores na avaliação sensorial.

Tabela VI.7- Intenção de compra¹ (%) de fatias kiwi em calda aos 2 e 6 meses de armazenamento

PRODUTOS	Armazenamento	
	2 meses	6 meses
F _{RC} x C _{RP}	3,7 ± 0,37 a	3,5 ± 0,32 a
F _{RC} x C _{DO}	3,4 ± 0,43 a	3,5 ± 0,42 a
F _{DO} x C _{RP}	3,5 ± 0,31 a	3,5 ± 0,35 a
F _{DO} x C _{DO}	3,6 ± 0,39 a	3,6 ± 0,29 a

Letras minúsculas diferentes entre linhas e colunas diferem significativamente pelo teste de Tuckey (p ≤ 0,05).

F_{RP} x C_{RP} : fatias *in natura* e calda recém-preparadas;

F_{RP} x C_{DO} : fatias *in natura* e calda diluída de xarope utilizado em prévia desidratação osmótica;

F_{DO} x C_{RP} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda recém-preparada;

F_{DO} x C_{DO} : fatias previamente submetidas a desidratação osmótica e calda diluída de xarope utilizado na prévia desidratação osmótica.

(¹) escores da intenção de compra

5: Certamente compraria

4: Provavelmente compraria

3: Tenho dúvidas se compraria

2: Provavelmente não compraria

1: Certamente não compraria

VI.6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

- os produtos processados com fatias de kiwi submetidas a pré-secagem osmótica apresentaram aceitação sensorial similar quanto ao aroma e sabor durante o armazenamento e aceitação melhor quanto a aparência e textura nos dois períodos avaliados, comparativamente aos produtos processados com fatias não submetidas ao tratamento prévio;
- a utilização do xarope resultante da pré-secagem osmótica como líquido de cobertura não se traduziu em diferença sensorial significativa para o aroma e o sabor nas quatro combinações de fatias e calda estudadas, no entanto promoveu melhora na aparência e na textura dos produtos processados com fatias submetidas a pré-secagem osmótica, nos dois períodos avaliados, em comparação aos produtos processados com calda recém-preparada;
- apesar da alteração na cor característica verde brilhante das fatias de kiwi, evidenciada logo após a pasteurização, os quatro produtos finais foram classificados pelos avaliadores entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” na análise sensorial, nos dois períodos avaliados.
- o aproveitamento do xarope da pré-secagem osmótica como líquido de cobertura pode contribuir para a redução de custos no envase de fatias de kiwi em calda.

VI.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOTTI, R.; TOMASICHIO, M.; DE GIORGI, A.; PALAMAS, D. Conservazioni di pesche parzialmente desidratate per osmosi diretta. **Indústria Conserve**, Parma, v. 60, n. 1, p. 96-98, 1985.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Compota ou Fruta em Calda. Resolução nº 12, de 24 de julho de 1978. **Documento**, Brasília, p. 1-2. 1978.

AOAC. **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis; 16th ed.; Washington, 1995.

BEUTEL, J. A.; WINTER, F. H.; MANNERS, S. C.; MILLER, M. W. A new crop for California: Kiwifruit. **California Agriculture**, California, v.40, n. 10, p. 5-7, 1976.

CANO, M. P.; MARÍN, M. A. Pigment composition and color of frozen and canned kiwi fruit slices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 11, p. 2141-2146, 1992.

DALLA ROSA, M.; LERICI, C.; DALL'AGLIO, G.; CARPI, G. Prove di trasformazione industriale di frutti di actinidia di piccola pezzatura e valutazione qualitativa dei prodotti finiti. **Indústria Conserve**, Parma, v. 55, n. 4, 286-293, 1980.

FERREIRA, A.; SAPATA, M. M.; LEITÃO, A. E. B.; BRONZE, M. R.; CURADO, T.; ANDRADA, L.; ANTUNES, C.; FRAGA, A. M.; CANDEIAS, M. Influence of “combined” osmotic dehydration procedures on quality of apricots. IN: **XII INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM**. Noordwijkelhout: Elsevier Science B.V., 2000, CD-ROM produzido por P. JAM KERKHOF.; W. J. COUMANS.

GARCIA-MARTÍNEZ, E.; ARASA, E.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Estúdio de almacenamiento de um producto geleificado elaborado com kiwi deshidratado osmoticamente.

<http://www.google.com/search?q=cache:9BLWtcC:cesia2002.udl.es/tc/TE-26.pdf+kiwi+tecnologia+ind%C3Bastria&hl=pt&ie=UTF-8>>. Acesso em 13/01/2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise. v.1, 2. ed. São Paulo, 1976.

MADAIL, J. C .M. Comercialização e marketing de pêsego em calda. Disponível em <http://www.paginarural.com.br/artigos>. Acesso em 08/11/2004.

MONTOYA, J.E.Z.; QUINTERO, G.C. Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. **Revista da Faculdade Nacional Agrícola de Medelin**, v. 52, n. 1, p. 451-466, 1999.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: Unicamp, 1993. 93p.

ROBERTSON, G. L.; SWINBURNE, D. Changes in chlorophyll and pectin after storage and canning of kiwifruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 4, p. 1557-1559, 1981.

ROBERTSON, G. L. Changes in the chlorophyll and pheophytin concentrations of kiwifruit during processing and storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 17, n. 1, p. 25-32, 1985.

SENESI,E.; TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Influenza della pastorizzazione sulla qualità di frutta osmodisidratata: percoche e ciliege. **Industrie Conserve**, Parma, v. 63, n. 4, p. 358-363, 1988.

SHARMA, R. C.; JOSHI, S. K.; CHAUHAN, S. K.; CHOPRA, S. K.; LAL, B.B. Application of osmosis-osmo-canning of apple rings. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 86-88, 1991.

SHARMA, K. D.; LAL, B. B. Effect of partial osmotic dehydration prior to canning on drained weight and quality of three varieties of plum. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 136-138, 1999.

SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; MORI, E. E. M.; FIGUEIREDO, I. B. Secagem de ameixa cultivar carmesim III. Efeito da pré-secagem osmótica nas características organolépticas do produto final. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 239-256, 1984.

ANEXOS

Anexo I

FICHA DE TESTE SENSORIAL: FATIAS DE KIWI OSMOTICAMENTE DESIDRATADAS

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo quatro amostras de fatias de kiwi osmoticamente desidratadas. Por favor, utilizando a escala abaixo avalie o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras.

1. Desgostei extremamente
2. Desgostei muito
3. Desgostei moderadamente
4. Desgostei ligeiramente
5. Não gostei nem desgostei
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei moderadamente
8. Gostei muito
9. Gostei extremamente

Amostra: _____ Amostra: _____ Amostra: _____ Amostra: _____

Nota: _____ Nota: _____ Nota: _____ Nota: _____

Comentários: _____

Anexo II

FICHA DE TESTE SENSORIAL: FATIAS DE KIWI SECAS E FATIAS DE KIWI RECONSTITUÍDAS

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo duas amostras de fatias de kiwi secas. Por favor, utilizando a escala abaixo, avalie o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra em relação a aparência geral.

- 1. Desgostei extremamente
- 2. Desgostei muito
- 3. Desgostei moderadamente
- 4. Desgostei ligeiramente
- 5. Não gostei nem desgostei
- 6. Gostei ligeiramente
- 7. Gostei moderadamente
- 8. Gostei muito
- 9. Gostei extremamente

Amostra: _____
Nota: _____

Amostra: _____
Nota: _____

Comentários: _____

2. Agora, utilizando a mesma escala, prove as duas amostras de fatias de kiwi secas reconstituídas e expresse a sua impressão geral.

Amostra: _____
Nota: _____

Amostra: _____
Nota: _____

Comentários: _____

Anexo III

FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL: KIWI EM CALDA

Nome: _____ Data: _____

1. Por favor, avalie a APARÊNCIA das quatro amostras de kiwi em calda, da esquerda para a direita e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras

1. Desgostei extremamente
2. Desgostei muito
3. Desgostei moderadamente
4. Desgostei ligeiramente
5. Não gostei nem desgostei
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei moderadamente
8. Gostei muito
9. Gostei extremamente

Amostra	Nota	Amostra	Nota	Amostra	Nota	Amostra	Nota
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Descreva o que você mais gostou e menos gostou na APARÊNCIA em cada amostra:

Amostra	Mais gostei	Menos gostei
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Anexos

2. Utilize a mesma escala e avalie o AROMA das amostras da esquerda para a direita, indicando o quanto gostou de cada uma das amostras.

Amostra	Nota	Amostra	Nota	Amostra	Nota	Amostra	Nota
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Descreva o que você mais gostou e menos gostou do AROMA em cada amostra:

Amostra	Mais gostei	Menos gostei
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

3. Agora, por favor prove cada amostra e indique o quanto você gostou do SABOR e da TEXTURA de cada uma das amostras, utilizando a mesma escala.

	SABOR	TEXTURA
Amostra _____	Nota _____	Nota _____
Amostra _____	Nota _____	Nota _____
Amostra _____	Nota _____	Nota _____
Amostra _____	Nota _____	Nota _____

Descreva o que você mais gostou e menos gostou do SABOR e TEXTURA em cada amostra:

	SABOR		TEXTURA	
Amostra	Mais gostei	Menos gostei	Mais gostei	Menos gostei
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Anexos

4. Utilizando a escala abaixo, verifique, por favor, qual seria a sua atitude de compra frente a cada uma das amostras que você avaliou.

- (5) Certamente compraria
- (4) Provavelmente compraria
- (3) Tenho dúvidas se compraria
- (2) Provavelmente não compraria
- (1) Certamente não compraria

Amostra ____ () Amostra ____ () Amostra ____ () Amostra ____ ()

Comentários: _____

