

QUALIDADE DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) SUBMETIDA AOS
PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO POR IMERSÃO-
IMPREGNAÇÃO E SECAGEM POR CONVECÇÃO

VALÉRIA APARECIDA VIEIRA QUEIROZ

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
OUTUBRO – 2006

QUALIDADE DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) SUBMETIDA AOS
PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO POR IMERSÃO–
IMPREGNAÇÃO E SECAGEM POR CONVECÇÃO

VALÉRIA APARECIDA VIEIRA QUEIROZ

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Pedro Amorim Berbert

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO – 2006

QUALIDADE DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) SUBMETIDA AOS
PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO POR IMERSÃO–
IMPREGNAÇÃO E SECAGEM POR CONVECÇÃO

VALÉRIA APARECIDA VIEIRA QUEIROZ

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Aprovada em 10 de outubro de 2006

Comissão examinadora:

Professora Enilce Maria Coelho D.S., Engenharia Agrícola – UNIVERSIDADE
ESTÁCIO DE SÁ

Professor Geraldo de Amaral Gravina D.S., Fitotecnia – UENF

Professora Marília Amorim Berbert de Molina D.S., Tecnologia Bioquímico-
Farmacêutica – UENF

Professor Pedro Amorim Berbert Ph.D., Engenharia Agrícola – UENF

Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu o dom da vida, a saúde e a coragem para realizar o trabalho.

Aos meus queridos pais Joaquim (*in memoriam*) e Cacilda, pelo amor e pela educação.

Ao meu esposo Luciano, aos meus filhos Ana Luisa, Marina e Ramon, aos meus irmãos e aos meus sobrinhos, pelo amor, carinho e compreensão, sempre.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense, ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias e ao Laboratório de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Pedro Amorim Berbert, pela confiança e por seus ensinamentos sempre oportunos.

À professora Maríla Amorim Berbert de Molina pela co-orientação, confiança e pelas palavras de apoio e coragem nos momentos difíceis.

Ao professor Geraldo de Amaral Gravina, pelas sugestões e participação na banca examinadora.

Aos professores e irmãos de fé, Enilce Maria Coelho, Fábio Cunha Coelho e Rita da Trindade Ribeiro Nobre, pela amizade, incentivo, sugestões e orações.

À professora Cláudia Dolinski, pelo apoio técnico e amizade e aos produtores de goiaba da Associação de Produtores de Goiaba de Cachoeiras de Macacu – Goiacam, sempre tão solícitos na doação das goiabas para a realização de todo o experimento.

À empresa Dulcini S.A., pela doação do açúcar invertido e, em especial, ao Sr. Edésio L. Santos, pelo apoio técnico.

À empresa Attivos Magisttrais, pela doação do edulcorante sucralose.

Aos técnicos José Accácio da Silva (LFIT), Cláudio Lombardi (LZNA) e Sílvia (LTA), pela colaboração nos trabalhos de laboratório. À Sandra e Ana Maria, companheiras do LEAG.

Ao padre Paulo Vicente Ribeiro Nobre, pela orientação espiritual.

Aos amigos de Campos, Jacqueline e Carlos, Fabiana e Ernandes, João e Marta, Ricardo (*in memoriam*) e Beth, pela amizade, carinho e paciência.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Aspectos culturais e nutricionais da goiaba.....	7
2.2. A secagem como forma de preservar e de agregar valor aos alimentos.....	10
2.3. O processo de desidratação osmótica como alternativa aos métodos convencionais de secagem de frutas.....	12
2.3.1. Mecanismos básicos do processo.....	13
2.3.2. Vantagens e aplicações.....	15
2.3.3. Variáveis do processo.....	18
2.3.4. Parâmetros cinéticos do processo.....	26
2.3.5. Atributos de qualidade de alimentos processados.....	27
2.3.6. Limitações do processo.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Obtenção das frutas e preparo das amostras.....	32
3.2 Branqueamento e tratamento com ácido ascórbico.....	34
3.3 Desidratação dos frutos.....	34
3.3.1 Desidratação por Imersão e Impregnação (DII).....	34
3.3.2. Secagem por convecção forçada.....	37

3.4 Cinética da desidratação osmótica.....	39
3.4.1 Determinações da perda de água (ω), ganho de sólidos (δ) e da redução da massa (μ).....	39
3.5 Análises físicas, químicas e físico-químicas.....	40
3.5.1 Massa e dimensão dos frutos.....	41
3.5.2 pH.....	41
3.5.3 Acidez total titulável (ATT).....	41
3.5.4 Sólidos solúveis totais (SST).....	42
3.5.5 Composição centesimal.....	42
3.5.5.1 Teor de água.....	42
3.5.5.2 Proteínas.....	43
3.5.5.3 Lipídios (extrato etéreo).....	43
3.5.5.4 Cinzas.....	44
3.5.5.5 Fibras (FDN - Fibra Detergente Neutro).....	44
3.5.5.6 Carboidratos.....	44
3.5.6 Minerais.....	45
3.5.7 Ácido ascórbico.....	45
3.5.8 Cor (Parâmetros L, a, b e $^{\circ}h$).....	46
3.6 Análise sensorial.....	47
3.6.1 Teste de aceitação.....	47
3.6.2 Teste de intenção de compra.....	49
3.7 Análises estatísticas.....	49
3.7.1 Cinética da DII e análises físico-químicas.....	49
3.7.2 Análise sensorial.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1. Caracterização físico-química da fruta <i>in natura</i>	52
4.2. Cinética da desidratação por imersão-impregnação.....	53
4.2.1 Perda de água e ganho de sólidos.....	58
4.2.2 Redução de massa.....	61
4.3. Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix).....	62
4.3.1. Nos pedaços de goiaba.....	62
4.3.2. Nas soluções osmóticas.....	64
4.4 Acidez e pH.....	65
4.5. Composição centesimal.....	68

4.6. Teores de minerais.....	73
4.7. Teor de vitamina C.....	81
4.7. Cor (Parâmetros L, a, b e °h).....	88
4.7. Análise sensorial.....	95
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	100
5.1. Cinética da desidratação por imersão-impregnação.....	101
5.2 Análises físicas, químicas e físico-químicas.....	101
5.2.1 Teor de sólidos solúveis.....	101
5.2.2 Teor de ácido cítrico.....	101
5.2.3 Composição centesimal.....	102
5.2.4 Teores de minerais.....	102
5.2.5 Teor de vitamina C.....	102
5.2.6 Parâmetros de cor (L, a, b e °h).....	103
5.3 Análise sensorial.....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
APÊNDICE.....	117

RESUMO

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira; D.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Outubro de 2006. QUALIDADE DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) SUBMETIDA AOS PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO POR IMERSÃO-IMPREGNAÇÃO E SECAGEM POR CONVECÇÃO. Professor orientador: Pedro Amorim Berbert. Professora conselheira: Marília Amorim Berbert de Molina.

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, com o objetivo de avaliar as qualidades nutricional e sensorial e propriedades físico-químicas de goiabas (*Psidium guajava* L.) submetidas aos processos de desidratação por imersão-impregnação (DII) e secagem complementar por convecção. Avaliou-se, também, a variação dos parâmetros que caracterizam a DII em função do tempo de imersão, ou seja, a redução de massa, μ , a perda de água, ω , e o ganho de sólidos, δ . Foram empregados dois tipos de soluto, sacarose e açúcar invertido, sendo três níveis de concentração da solução de sacarose (30, 50 e 70%) e duas condições para o açúcar líquido invertido, diluição a 70% e xarope não diluído, com taxa de inversão superior a 90%. A solução de sacarose a 30% continha, também, 0,025% de sucralose. Em todos os procedimentos experimentais, a desidratação osmótica foi realizada em agitadora-incubadora de bancada a 50 °C e 60 min⁻¹, empregando-se relação fruta:xarope de 1:10 e tempo de imersão de 2 h. A secagem por convecção foi feita em

camada delgada, a 60 °C, utilizando secador do tipo gabinete com bandejas e fluxo de ar tangencial a 1,25 m s⁻¹. A caracterização físico-química da fruta foi feita medindo-se os teores de sólidos solúveis (SST), ácido cítrico, minerais e vitamina C e determinando-se sua composição centesimal, além do pH e de parâmetros de cor. Os minerais avaliados foram o Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn. Todas as determinações foram feitas em amostras da fruta *in natura*, depois do branqueamento, da DII e da secagem por convecção. Além disso, para verificar o efeito de condições de armazenamento sobre a estabilidade da vitamina C e a manutenção da cor em goiabas desidratadas, amostras provenientes de todos os tratamentos foram embaladas em sacos de polipropileno e estocadas a vácuo por 60 dias a 7 e 25 °C. As variáveis experimentais foram medidas utilizando-se frutos do cultivar Pedro Sato, cortados de forma a produzir amostras correspondentes a 1/8 do fruto inteiro. Além daqueles mencionados, houve também o tratamento controle, que consistiu na secagem das amostras inteiramente por convecção, ou seja, sem o pré-tratamento osmótico. O experimento foi realizado de acordo com o delineamento experimental em blocos casualizados, em arranjo fatorial (tratamentos x etapas de amostragem) com três repetições. A solução de açúcar invertido sem diluição promoveu os maiores valores de μ , ω e δ ao longo da DII. Elevando-se a concentração de sacarose de 30 para 70% houve aumento tanto de ω quanto de δ . A solução de sacarose a 50% apresentou melhor desempenho que a 70% e a 30%. Na DII, as amostras apresentaram aumento nos SST e redução dos teores de ácido cítrico, sem alterações significativas no pH. Houve aumento dos teores de carboidratos, propiciando a redução percentual de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. A sucralose proporcionou redução de 35% de carboidratos no produto final em relação à sacarose a 50%. Verificou-se redução nos teores de minerais no intervalo de 20 a 64% e perdas não significativas de ácido ascórbico, exceto no tratamento com açúcar invertido sem diluição, na etapa de DII. Houve diminuição nos níveis de vitamina C no intervalo de 32 a 68% depois da secagem por convecção, de 58 a 82% e de 70 a 86% no armazenamento a 7 e 25 °C, respectivamente. A etapa osmótica melhorou a retenção de ácido ascórbico no processo de secagem por convecção. Todos os tratamentos promoveram controle efetivo na estabilidade da cor das amostras, não se verificando diferença nos parâmetros L, a, b e °h ao final da DII, o que não ocorreu nas etapas subseqüentes. Por meio de contrastes, observou-se que as

amostras que não foram pré-desidratadas apresentaram maiores valores dos parâmetros L, b e $^{\circ}h$ e menor valor de a, ou seja, tornaram-se menos vermelhas e mais amarelas, portanto, mais claras em relação às demais durante o armazenamento. Quanto à aparência, sabor e textura, as amostras não pré-tratadas osmoticamente não foram aceitas e aquelas pré-desidratadas por osmose foram igualmente aceitas em todos os atributos analisados.

ABSTRACT

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira; D.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro [Northern Rio de Janeiro State University]; October 2005. Quality of guava (*Psidium guajava* L.) as affected by the dewatering and impregnation soaking process followed by convective drying. Supervised by Pedro Amorim Berbert, Ph.D., and co-supervised by Dr. Marília Amorim Berbert de Molina.

This work was carried out at the Agricultural Engineering Laboratory, Animal and Agricultural Sciences and Technologies Centre, *Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro* (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil, with the object of assessing nutritional and sensory qualities and physiochemical properties of guavas (*Psidium guajava* L.) submitted to the combined processes of dewatering and impregnation soaking (DIS) and convective drying. Variation on the parameters which characterize the DIS process, i.e., weight reduction μ , water loss ω , and solids gain δ , as a function of soaking time, were also investigated. The experiment was performed employing two types of solute, sucrose and liquid invert sugar. Sucrose solutions, made with distilled and deionised water, were obtained at three levels, namely 30, 50 and 70% by weight, whereas 90% invert sugar was employed as a 70% diluted solution and as undiluted invert sugar syrup. 30% sucrose solution also contained 0.025% sucralose. In all experimental tests, osmotic dehydration was performed in shakers operating at 50 °C and 60 min⁻¹, employing a single fruit to syrup ratio, 1:10, and one level of immersion time,

2 h. Thin-layer convective drying was performed in a tray cabinet dryer employing tangential flow at 1.25 m s^{-1} . Fruit physiochemical characterisation was accomplished by measuring the amount of total soluble solids, citric acid, minerals, and vitamin C, proximate composition, pH and colour parameters. Minerals evaluated were Na, K, Ca, Mg, Zn and Mn. Values of all variables studied were assessed in fresh fruit, and after bleaching and DIS processes, and at the end of the convective drying. In order to verify the effect of storage conditions on vitamin C and colour stabilities, samples subjected to all treatments were vacuum-packed in polypropylene bags and stored for 60 days at 7 and 25 °C. Fruit samples consisted of pieces of guava corresponding to 1/8 of the whole fruit. The control treatment consisted of drying the samples entirely by convection, i.e., without the osmotic pre-treatment. The experiment was set up according to a randomised complete-block design with factorial treatments (dehydration and process steps) in four replications. It has been noticed that the highest values of μ , ω and δ occurred when guava samples were immersed in undiluted invert liquid sugar. Increasing sucrose solution concentration from 30 to 70% also increased the values of ω and δ . For the conditions studied, 50% sucrose solutions promoted the best DIS process efficiency. Regarding the physiochemical properties, the DIS process increased total soluble solids, decreased citric acid content, and maintained the original value of pH. The results also showed an increase in carbohydrates, prompting reductions in the percentages of proteins, lipids, fibers, and ash. The addition of sucralose to the 30% sucrose solution resulted in a 35% reduction of carbohydrates in the samples as compared to the amount present on guava pieces immersed in the 50% sucrose solution. Results indicated reductions in the range from 20 to 64% in the amount of the studied minerals, and negligible losses of vitamin C but in the treatment with undiluted liquid invert sugar at the end of the DIS process, as compared to the amount found in fresh fruits. Convective drying promoted losses of vitamin C in the range from 32 to 68%. The corresponding ranges of losses for storage at 7 and 25 °C were 58 to 82% and 70 to 86%, respectively. However, it has been noticed that fruit submitted to the osmotic process revealed a better retention of vitamin C at the end of convective drying. All DIS treatments were effective in preserving the original colour of guava samples, keeping the colour parameters, L, a, b (Hunter), and °h. However, colour degradation was observed after convective drying and during storage. Statistical

analysis through orthogonal contrasts showed that samples dried solely by convection presented higher values of L, b, and °h and smaller values of a. These results indicated that convective dried guava became less red and more yellow immediately after drying, maintaining some degree of discoloration during storage.

1. INTRODUÇÃO

O declínio da atividade canavieira, que por muitas décadas representou a principal fonte de riquezas do Norte Fluminense, tem propiciado a diversificação agrícola na região. Além dos aspectos ecológicos, climáticos e topográficos favoráveis, nos últimos anos a fruticultura tem-se expandido na região graças ao financiamento subsidiado do governo do Estado através do Programa Frutificar. Este programa empresta recursos a uma taxa de 2% ao ano, sem correção monetária, e também garante a comercialização junto às agroindústrias e comerciantes da CEASA do Rio de Janeiro, grande centro consumidor (SEAAPI, 2005).

Ponciano et al. (2004) determinaram a viabilidade econômica da produção de frutas na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Os resultados da pesquisa mostraram que a fruticultura pode ser uma boa alternativa para a região. Dentre as culturas analisadas, as que sobressaíram, por apresentarem maiores taxas internas de retornos foram o maracujá, a graviola, o abacaxi, a pinha, a goiaba Ogawa para consumo *in natura*, a goiaba Paluma para indústria, o coco, a banana Prata, a tangerina, a manga Ubá para indústria e a manga Tommy Atkins para consumo *in natura*. Segundo estes autores, a localização geográfica dos municípios estudados (Campos dos Goytacazes, São Francisco de Itabapuna, São João da Barra e Quissamã) permite aos agricultores almejar os mercados dos grandes centros consumidores das regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Segundo o informativo Agriannual (2002), o Brasil foi, em 2001, o segundo produtor mundial de goiaba, com um volume de produção de cerca de 300 mil toneladas. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2006) mostram que a produção nacional em 2004 foi de 408.283 t, tendo o Estado do Rio de Janeiro contribuído com 9.319 t. Deste total, 2.335 t foram provenientes da região Norte Fluminense.

A goiaba é uma fruta de clima tropical que destaca-se por suas extraordinárias propriedades sensoriais, pelo alto valor nutritivo, alto rendimento por hectare e elevado rendimento em polpa, apresentando, portanto, características adequadas à aplicação industrial (Carvalho, 1994). Além da grande aceitação para consumo *in natura*, a fruta é utilizada na fabricação de doces, compotas e geléias, sendo também empregada, na forma de polpa processada, como ingrediente na indústria de sorvetes, flans e outras sobremesas. Ressalta-se, entretanto, seu curto período de conservação, que implica na necessidade de rápida comercialização ou processamento depois da colheita (Durigan, 1997).

A secagem ou desidratação é uma técnica utilizada desde a antiguidade para a conservação de alimentos, uma vez que a água afeta de maneira decisiva o tempo de preservação dos produtos, influenciando diretamente sua qualidade e durabilidade (Lenart, 1996; Grensmith, 1998). A remoção parcial ou total de água de um alimento implicará na inibição do crescimento microbiano, na prevenção de reações bioquímicas responsáveis pela deterioração e em menores custos de transporte, embalagem e estocagem, constituindo um método importante para prolongar a vida útil de diversos produtos (Bolin et al., 1983; Park et al., 2002).

Apesar dos aspectos positivos, a remoção de água pode alterar as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos, sendo a intensidade das alterações dependente das condições empregadas no processo de secagem e das características próprias de cada produto. As técnicas convencionais de secagem, que utilizam altas temperaturas, levam, freqüentemente, a alterações que resultam na diminuição da qualidade final de produtos secos, como modificações na textura, na reidratabilidade e na aparência do alimento (Nijhuis et al., 1998). Frutas desidratadas devem preservar o “flavor” e a cor original, devendo também, preferencialmente, estar livres de antioxidantes ou outros

compostos químicos e apresentar textura semelhante ao do produto fresco (Maltini et al., 1993).

A desidratação osmótica, também denominada Desidratação por Imersão e Impregnação (DII), consiste na remoção parcial de água do alimento por meio de seu contato direto com uma solução hipertônica. É considerada como uma etapa de pré-tratamento, uma vez que é seguida por processos complementares como, por exemplo, secagem com ar quente ou congelamento (Torreggiani, 1993; Lazarides, 1994). Segundo diversos autores (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996; Escriche et al., 2002), a DII favorece a obtenção de produtos com qualidades sensorial e nutricional superiores às de produtos desidratados unicamente por secagem por convecção, uma vez que as mudanças físicas, químicas e biológicas provocadas pelas altas temperaturas empregadas nos secadores ocorrerão em menor intensidade.

No processo de DII, a complexa estrutura da parede celular dos tecidos dos vegetais age como uma membrana semipermeável, não completamente seletiva aos íons e compostos presentes tanto na solução osmótica quanto no interior do alimento (Lenart e Piotrowski, 2001). Estabelece-se, desta forma, um fenômeno caracterizado por três tipos de fluxo durante o período em que o alimento está imerso na solução osmótica: fluxo de água do produto para a solução, fluxo de soluto da solução para o produto, e fluxo de solutos naturais do produto (ácidos orgânicos, minerais, vitaminas, etc) para a solução (Raoult-Wack, 1994). Este terceiro tipo de transferência de massa, embora quantitativamente negligenciável quando comparado aos outros dois, desperta interesse pela possibilidade de, eventualmente, afetar as características sensoriais e nutricionais do produto final (Raoult-Wack, 1994; Torreggiani, 1993; Lazarides et al., 1995). Segundo Dalla Rosa e Giroux (2001), embora alguns componentes de frutas e hortaliças, principalmente pigmentos, ácidos orgânicos e proteínas, sejam lixiviados para a solução durante o tratamento osmótico, poucos trabalhos têm sido realizados na tentativa de identificar e quantificar aqueles que, efetivamente, são perdidos para o meio osmótico. Há também escassez de dados em relação à composição nutricional final de alimentos desidratados por DII, uma vez que o produto adquire formulação específica depois do processo, como resultado da impregnação do soluto utilizado na solução hipertônica e da saída de componentes solúveis do alimento para o meio (Lenart, 1996; Torreggiani, 1993). Informações a respeito da

composição de alimentos, tanto em relação ao teor de nutrientes quanto de não-nutrientes, são de fundamental importância para uma série de questões relacionadas ao seu aspecto nutricional, como a avaliação da ingestão diária, a avaliação das necessidades nutricionais da população, o planejamento de refeições, o cálculo de dietas terapêuticas, dentre outros (Mahan e Escott-Stump, 2002).

A partir de Ponting et al. (1966), observa-se um incremento nas pesquisas sobre o processo de desidratação de alimentos por imersão-impregnação, as quais concentram-se, principalmente, no estudo da influência das principais variáveis do processo sobre a transferência de massa e a qualidade do produto processado (Torregiani, 1993; Raoult-Wack, 1994). Dentre as variáveis avaliadas, a composição e a concentração da solução osmótica têm mostrado ser determinantes para o resultado do processo (Torregiani, 1993).

Os minerais apesar de constituírem apenas 4% do organismo humano, são essenciais à manutenção de várias funções de grande importância fisiológica e os resultados da ausência destes são severos no organismo humano. Além de outros, o cálcio, o sódio, o potássio e o magnésio são considerados macronutrientes e o Zn e o Mn, micronutrientes (Mahan e Escott-Stump, 2002).

O cálcio é o mineral mais abundante no organismo humano, onde cerca de 99% encontra-se nos ossos, juntamente com o fósforo na proporção de 2:1 (Sgarbieri, 1987). O cálcio desempenha papel relevante numa série de processos fisiológicos e bioquímicos essenciais, tais como coagulação sanguínea, excitabilidade neuromuscular, adesividade celular, transmissão dos impulsos nervosos, manutenção das membranas celulares, ativação das reações enzimáticas e modulação da ação de vários hormônios (Smith et al., 1988; Allen e Wood, 1994; Arnaud e Sanchez, 1997). O magnésio é necessário para a ação catalítica de todas as enzimas que transferem radical fosfato de um substrato para outro; é ativador das reações enzimáticas de descarboxilação oxidativa de ácidoacéticos e das reações das transcetolases no ciclo das pentoses-P; é importante na síntese de AMP cíclico e na biossíntese de proteínas e desempenha papel relevante na transmissão do impulso nervoso e na atividade neuromuscular (Sgarbieri, 1987). O potássio e o sódio são os principais cátions intra e extracelular, respectivamente. O potássio participa do metabolismo de proteínas e de carboidratos (Sgarbieri, 1987; Mahan e Escott-Stump, 2002) e é

necessário para ativação de enzimas como a piruvato quinase e a piruvato carboxilase. O sódio tem função importante na regulação do pH e é necessário para muitos sistemas de transporte de aminoácidos, glicose e outros íons através da membrana (Brody, 1994). O potássio e o sódio estão envolvidos na manutenção dos equilíbrios hídrico, osmótico e ácido-básico (Mahan e Escoot-Stump, 2002).

A vitamina C (ácido ascórbico) é um nutriente solúvel em água essencial ao organismo humano. O ácido ascórbico desempenha grande número de funções em reações e processos celulares, atuando como cofator na biosíntese enzimática do colágeno, carnitina, catecolaminas, hormônios neuropeptídeos e ácidos biliares. Além de cofator enzimático, age, ainda, no metabolismo da fenilalanina e da tirosina e nos processos de óxido-redução como na redução do Fe^{+++} em Fe^{++} , aumentando assim, sua biodisponibilidade na absorção intestinal (Padh, 1991; Franco, 2001). A diminuição da concentração sérica de ácido ascórbico está associada a problemas neurológicos e à doenças. Uma das funções do ácido ascórbico que mais têm sido destacadas no momento, é a de prevenção contra os efeitos deletérios dos oxidantes, sendo capazes de reduzir as espécies reativas de oxigênio e nitrogênio em moléculas estáveis (Richardson e Rosenfeld, 2002).

A estabilidade do ácido ascórbico é marcadamente influenciada por variáveis como temperatura, luz, oxigênio e íons metálicos. Considera-se, geralmente, que se esta vitamina tiver sido adequadamente retida no alimento durante o processamento, outros nutrientes também o foram, sendo sua presença, desta forma, considerada como um parâmetro da qualidade nutricional do alimento processado (Uddin et al., 2002).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as qualidades nutricional e sensorial e algumas características físico-químicas de goiabas submetidas aos processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem complementar por convecção. Para tanto, determinou-se as alterações nos teores de Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, e de vitamina C, em diversas etapas do pré-processamento osmótico em soluções de sacarose e de açúcar invertido. Avaliou-se, também, a estabilidade do ácido ascórbico imediatamente depois da secagem por convecção e ao final de 60 dias de armazenamento à temperatura ambiente e sob refrigeração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de frutas, com produção anual que supera 38 milhões de toneladas. A base agrícola da cadeia produtiva das frutas abrange 2,3 milhões de hectares e gera seis milhões de empregos diretos (2 a 5 pessoas por hectare). O valor bruto da produção de frutas atingiu em 2003 cerca de 12,3 bilhões de reais, 13% do valor da produção agrícola brasileira. Para cada 10.000 dólares investidos em fruticultura, três empregos diretos permanentes e dois empregos indiretos são gerados (IBRAF, 2006).

O consumo de frutas frescas vem aumentando em todo o mundo, em decorrência de uma série de fatores que levam a modificações nos hábitos alimentares, como campanhas publicitárias sobre os benefícios do consumo de frutas e hortaliças e maior cuidado com a saúde e aspectos nutritivos dos alimentos. No Brasil, o comércio de frutas frescas é limitado pela perecibilidade destes alimentos, distância do mercado consumidor, produção concentrada em uma determinada época do ano, má conservação das estradas, alto custo do transporte frigorificado, inexistência de uma cadeia ininterrupta de frio, entre outros. A importação mundial de frutas frescas foi de 223.492.000 t em 2002, no valor de US\$ 280.730.000. Os maiores importadores em volume foram, a China, a Rússia, a Alemanha e a Malásia e em valor, o Reino Unido, os EUA, a Alemanha e a China. O Brasil importou em 2002 172.000 t de frutas desidratadas, no valor de US\$ 738.000, e exportou 12.000 t no valor de US\$ 42.000. Sendo assim, o

Brasil importa mais frutas desidratadas do que exporta, apesar de ser um grande produtor de frutas (Rodrigues, 2004).

As frutas são fontes das vitaminas C e A (Mahan e Escott-Stump, 2002), de minerais, como o potássio e o cobre (Queiroz et al., 2006) e fibras solúveis (Weisburger, 2000). Além disso, contêm várias substâncias “não nutricionais” como os carotenóides, flavonóides, curcumina, dentre outros, de vital importância para a saúde humana (Bianchi e Antunes, 1999; Kris et al., 2002). Os carotenóides, por exemplo, funcionam como quelantes do oxigênio *singlet* (espécie reativa de oxigênio), como antioxidantes, na ativação gênica e nos processos imunes como modulador de lipoxigenases. Estudos bioquímicos e epidemiológicos indicam que os carotenóides exercem efeitos protetores na prevenção do câncer, doenças cardiovasculares, cataratas, doenças neurológicas e inflamatórias e desordens do sistema imune (Wilberg e Rodriguez-Amaya, 1995; Setiawan et al., 2001; Reddy et al., 2003).

Apesar de a produção brasileira de frutas alcançar o terceiro lugar no mundo, o consumo “per capita” no Brasil ocupa apenas o décimo lugar, com um total de 57 kg/ano. Já a Espanha, Itália e Alemanha consomem anualmente o dobro do verificado no Brasil. Países como França, EUA e Japão também ficam bem abaixo da média dos maiores consumidores, indicando potencial de ampliação do mercado mundial de frutas (IBRAF, 2006).

2.1. Aspectos culturais e nutricionais da goiaba

A goiaba, *Psidium guajava* L., pertence a família Myrtaceae, da ordem Myrtiflorae (Myrtales), à qual é composta por mais de 100 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies, distribuídas por todas as regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre, abrangendo principalmente a América e a Austrália (Joly, 1977).

Apesar de ser classificada como planta de clima tropical, a goiabeira possui grande capacidade de adaptação a variados tipos de solo e de condições climáticas, podendo ser cultivada em regiões de clima subtropical ou de clima frio, com ou sem a ocorrência de geadas de curta duração (Medina, 1978; Manica et al., 2000).

O Brasil foi o segundo produtor mundial de goiaba em 2002, com um volume anual de 300 mil toneladas, sendo 170 mil toneladas destinadas ao consumo *in natura*. Os Estados com as maiores médias de produção neste mesmo ano foram São Paulo, Pernambuco, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Paraíba e Rio de Janeiro (AGRIANUAL, 2002). A Tabela 1 apresenta dados quantitativos da produção de goiaba no País, no Estado do Rio de Janeiro, na região Norte Fluminense e no município de Campos dos Goytacazes, no ano de 2004 (IBGE, 2006).

Tabela 1 - Dados da produção de goiaba em 2004

Local	Produção (t)
Brasil	408.283
Estado do Rio de Janeiro	9.319
Região Norte Fluminense	2.335
Campos dos Goytacazes	2.285

Fonte: Adaptado de IBGE (2006)

No Estado do Rio de Janeiro, mais de 300 produtores dedicam-se à atividade, sendo 33,5% na região metropolitana, 44,8% no Norte-Noroeste Fluminense e 21,7% nas demais regiões. Os municípios de Itaguaí e São Francisco do Itabapoana produziram cerca de 51% da oferta estadual no ano de 1997. As mais altas produtividades, superiores a 34 mil kg.ha⁻¹, foram obtidas, no mesmo ano, nos municípios de São Francisco do Itabapoana e São João da Barra. Coube ao município de Cachoeiras de Macacu, na Baixada Litorânea, a condição de maior fornecedor da CEASA-RJ, o qual contribuiu com mais de 50% (483.536 caixas de 4 kg) do total produzido no Estado. A fruta é aproveitada de várias formas incluindo a fabricação caseira de doces, geléias e licores, o que agrega valor ao produto (Ide et al., 2001).

Segundo Kavati (1997), o cultivar Pedro Sato é o mais difundido atualmente no Estado de São Paulo para consumo como fruta fresca. Escolhida por agricultores do Estado do Rio de Janeiro, esta variedade se destaca por possuir frutos grandes e película rugosa. O formato é oblongo, a polpa é rosada, espessa e firme, possuindo poucas sementes (Pereira, 1995). Dependendo do cultivar, algumas goiabas exibem, durante o amadurecimento, uma mudança da cor da casca de verde para amarelo; em outras a cor permanece verde. A cor da polpa

muda de branca para creme, rosa amarelada, rosa intenso, ou rosa salmão. A presença de carotenóides, licopeno e β -caroteno pode influenciar a intensidade da cor da polpa do fruto maduro (Ali e Lazan, 2001).

A qualidade da goiaba é influenciada pela variedade, pelas condições edafoclimáticas e pelas práticas culturais. Manejos inadequados na colheita e na pós-colheita aceleram os processos de senescência, afetando sensivelmente a qualidade e limitando, ainda mais, o período de comercialização (Manica et al., 2000). A goiaba é considerada fruto climatérico, exibindo intenso metabolismo, com aumento típico da respiração e da produção de etileno durante o amadurecimento (Ali e Lazan, 2001). Esta característica é responsável pela sua alta perecibilidade, sendo a vida útil pós-colheita de apenas três dias quando a fruta é mantida em ambiente a 25-30 °C (Durigan, 1997). De acordo com Tavares (1993), apud Gonzaga Neto et al. (1999), de maneira geral, as temperaturas mais adequadas para a conservação de goiaba situam-se na faixa de 7 a 10 °C. A safra de goiabas concentra-se no período entre janeiro e fevereiro, havendo um excedente não comercializado para consumo *in natura*, com conseqüente queda dos preços no varejo. Desta forma, o processamento dos frutos excedentes da produção pode tornar-se uma importante alternativa para o produtor que se dedica a esta cultura (Brunini et al., 2003), uma vez que parte desta produção é, muitas vezes, descartada.

Entre os frutos tropicais, a goiaba se destaca por sua excelente qualidade, que pode ser atribuída a três fatores principais: (1) excelentes propriedades sensoriais, que lhe conferem sabor e aroma característicos, tornando-a um dos frutos mais adequados tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização; (2) alto rendimento em polpa de elevada qualidade industrial, que permite o processamento dos frutos sob as mais diferentes formas e (3) elevado valor nutritivo (Carvalho, 1994).

A goiaba é uma das melhores fontes de vitamina C, apresenta teores superiores aos dos frutos cítricos, perdendo apenas para o camu-camu, a acerola e o caju (Carvalho, 1994). De acordo com o cultivar, o local e o manejo, pode-se encontrar de 55 a 1044 mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de polpa de goiaba (Rathore, 1976 e Menzel, 1985, apud Brunini et al., 2003). Um único fruto de cerca de 150 g é capaz de suprir a ingestão diária recomendada para vitamina C,

que, de acordo com o *Institute of Medicine* dos EUA (IOM, 1999) é de 90 mg diários para um homem adulto.

A goiaba é também considerada uma boa fonte de potássio e ótima fonte de cobre. A goiaba vermelha apresenta teores de potássio e de cobre suficientes para suprir cerca de 17% ($230 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e 21% ($0,13 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), respectivamente, das recomendações diárias (IOM, 1999) destes minerais na porção alimentar de 150 g (uma unidade média) para um homem adulto. Ainda, de acordo com o trabalho de Queiroz et al. (2006), esta fruta foi uma das que apresentou os melhores resultados em relação aos minerais ferro e zinco entre 29 tipos de frutas analisados.

Com relação à concentração de carotenóides, a goiaba vermelha é considerada uma das fontes mais importantes, principalmente em relação ao licopeno, composto que corresponde a 86% do total dos carotenóides presentes na fruta ($62 \mu\text{g } \text{g}^{-1}$) (Padula e Rodriguez-Amaya, 1986). Uma goiaba média pode suprir 100% da recomendação diária de licopeno, que segundo Rao e Shen (2002), é de 5 a 10 mg. Evidências clínicas dão suporte à função do licopeno na proteção contra uma gama de cânceres epiteliais e de próstata, especialmente devido aos seus efeitos como antioxidante natural (Levy et al., 1995; Micozzi et al., 1990).

De acordo com Gorinstein et al. (1999), o teor de fibra alimentar da goiaba é considerado elevado ($5,14$ a $6,04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fruta fresca), o que significa que uma porção de 150 g fornece 36% do valor diário recomendado por *The American Diabetes Association*, que é de 20 a 35 g/dia (Toeller, 2002). Esta propriedade torna o fruto recomendável na dietoterapia de indivíduos com hipercolesterolemia, *Diabetes mellitus* e obstipação intestinal (Toeller, 2002). Por possuir baixo teor energético ($52 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$), proteico ($0,81 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e de lipídios ($0,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), pode ser utilizada também em dietas com restrição de calorias, de proteínas e de lipídios, respectivamente.

2.2. A secagem como forma de preservar e de agregar valor aos alimentos

A secagem é uma das práticas mais antigas de conservação de alimentos, mas somente foi adotada como tecnologia em escala industrial a partir da metade do século XX (Greensmith, 1998). A secagem pode ser definida como o processo

de transferência de calor e massa entre o produto e o meio utilizado para secá-lo, geralmente o ar (Silva, 1995), mas pode designar, também, qualquer método que reduza a quantidade de água disponível em um alimento (Silva, 2000). Durante a secagem, a retirada da umidade é obtida pela movimentação das moléculas de água, decorrente de uma diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície do produto a ser secado e o ar que o envolve (Silva, 1995).

A prática da desidratação é considerada também uma maneira de reduzir os custos com transporte, embalagem e estocagem de alimentos com alto teor de água (Park et al., 2002). Em alguns casos, a desidratação de alimentos apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma maior variedade de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra, como é o caso das frutas secas (Fellows, 1994).

A secagem pode ser feita de forma natural, por exposição do alimento à luz solar, ou artificial, que envolve a passagem de ar aquecido pelo alimento a ser desidratado. Em grande escala, a secagem natural somente pode ser empregada em regiões de clima quente e seco e livres de chuva durante o período da colheita, o que limita sua aplicação a poucas regiões do mundo. O processo é comum na Califórnia, nos EUA, Mendoza, na Argentina, Grécia, Turquia e nos países do Mediterrâneo, onde o clima permite a secagem ao sol de ameixas, figos, uvas, pêssegos, damascos, tâmaras, dentre outros. No Brasil, a dificuldade de emprego deste processo reside no fato de a safra da maior parte das frutas coincidir com o verão chuvoso. Do ponto de vista econômico, trata-se de um processo de custo relativamente baixo, devido à simplicidade e à utilização de uma fonte natural de energia, necessitando, porém, de grandes áreas e controle de insetos e roedores. No caso da secagem artificial, há a necessidade de controle de variáveis de processo, como temperatura, vazão e razão da mistura do ar quente, o que representa alto consumo de energia elétrica, investimentos em equipamentos e uso de mão-de-obra especializada. As vantagens estão relacionadas à rapidez do processo, à menor área requerida e à qualidade do produto final (Fonseca e Cantarelli, 1986).

De acordo com Lenart (1996), apesar das vantagens da desidratação, a remoção de água de um alimento pode comprometer seus atributos sensoriais e nutricionais. Dentre os problemas mais comuns estão a ocorrência de textura lignificada, a baixa capacidade de reidratação e a perda das características

suculentas, no caso das frutas e vegetais frescos. Além destes, a cor e o aroma podem ser negativamente afetados pelo processo. Por meio de métodos mais sofisticados, como a liofilização, pode-se obter produtos de alta qualidade, mas o processo apresenta o inconveniente de ter custo elevado. Segundo o autor, é necessário, portanto, aprofundar os estudos sobre a secagem por convecção de alimentos, bem como submeter a matéria-prima a um pré-tratamento, como forma de reduzir as perdas nutricionais e sensoriais. Atenção especial tem sido dada à obtenção de alimentos com teor intermediário de água (20 a 50% b.u.), com atividade de água entre 0,65 e 0,85, de modo a produzir alimentos com vida de prateleira mais estável, sem a necessidade de processamento subsequente ou submetido apenas a um tratamento mais brando.

2.3. O processo de desidratação osmótica como alternativa aos métodos convencionais de secagem de frutas

O processo de desidratação osmótica foi primeiramente proposto por James D. Ponting, em 1966. Seu trabalho estimulou outros grupos de pesquisa em várias partes do mundo e, hoje, são descritos na literatura inúmeros trabalhos dedicados ao tema (Raoult-Walk, 1994). Raoult-Walk e Guilbert (1990), apud Torregiani e Bertolo (2001a), propuseram a denominação “Desidratação por Imersão-Impregnação” (DII) como a mais adequada para designar o método.

De acordo com Lazarides et al. (1997) e Gianotti et al. (2001), este processo tem sido considerado um pré-tratamento, visto que a redução da disponibilidade de água no alimento não é, na maioria dos casos, suficiente para garantir a estabilidade do produto durante a estocagem, havendo necessidade de emprego de um processo subsequente de estabilização. A secagem por convecção, o uso de microondas, a liofilização ou o congelamento são alternativas de métodos complementares à DII.

Geralmente, a desidratação osmótica envolve a remoção de quantidade significativa de água do alimento, com incorporação limitada e controlada de soluto, oposto às técnicas tradicionais de saturação, como salga, cristalização e semicristalização, as quais favorecem a impregnação de soluto e limitam a saída de água do produto. Na DII, a retirada parcial de água é obtida por imersão direta do produto em soluções altamente concentradas, ocorrendo penetração da

substância osmoativa no alimento, com conseqüente alteração de sua composição química. O processo tende ao equilíbrio de potencial químico entre a solução osmoativa e o fluido celular (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994; Lazarides et al., 1997).

2.3.1. Mecanismos básicos do processo

Numa situação osmótica ideal, uma membrana semipermeável é permeável às moléculas do solvente, mas não às do soluto. Em frutas ou vegetais, as membranas adjacentes às paredes celulares são unidades biológicas vivas, as quais podem encolher ou expandir-se sob a influência do crescimento da planta e da pressão de turgor geradas no interior das células. Estas membranas permitem que as moléculas do solvente migrem livremente para o interior da célula, mas limitam a passagem das moléculas do soluto. Este tipo de membrana pode ser classificado como de permeabilidade diferenciada, em lugar de semipermeável (Bolin, 1983; Torreggiani, 1993).

Durante a imersão do alimento na solução concentrada, três tipos de transferência de massa são verificados: (1) fluxo de água do produto para a solução; (2) transferência de soluto da solução para o produto e (3) saída de solutos do próprio alimento para a solução. Este último tipo é caracterizado pela perda de compostos como açúcares, ácidos orgânicos, minerais, vitaminas e outros para a solução osmótica (Figura 1).

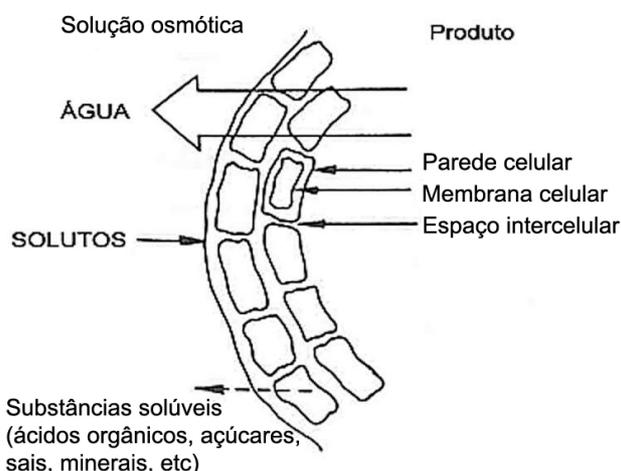


Figura 1 – Fenômenos de transporte de massa durante o processo osmótico (Adaptado de Lenart, 1996)

Tal perda pode ser considerada quantitativamente negligenciável, quando comparada com a massa transferida por meio dos dois primeiros tipos de transporte, mas é essencial para a qualidade sensorial e nutricional do produto final (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994).

Na desidratação osmótica a transferência de massa se dá de forma bastante complexa, em função da estrutura também complexa dos tecidos da planta. O fenômeno é essencialmente devido às diferenças entre os coeficientes de difusão da água e açúcar, os quais estão relacionadas às suas diferentes massas molares (Torreggiani, 1993, Lazarides, 1994). O processo depende ainda do tipo de tecido e das condições de processo, como temperatura, pressão, convecção e interações de fluxo, as quais acontecem simultaneamente. O resultado é a redução do teor de água com concomitante aumento da massa seca e mudança na composição química (Lenart e Piotrowski, 2001). Segundo Torreggiani (1993), o estágio de maturação, as condições de estocagem e os pré-tratamentos com calor ou compostos químicos podem modificar a permeabilidade e a seletividade dos tecidos vegetais, impedindo a migração de solutos do xarope osmótico para dentro das células.

A taxa de desidratação osmótica é maior no início do processo, em consequência da maior diferença entre a pressão osmótica da solução e do fluido celular do material a ser desidratado, bem como da pequena resistência à transferência de massa neste estágio do processo (Raoult-Wack, 1994; Lenart e Piotrowski, 2001).

Giangiacomo et al. (1987) relatam que a perda de água em frutas ocorre principalmente durante as duas primeiras horas, enquanto Kowalska e Lenart (2001) mostraram que em maçã, abóbora e cenoura, as maiores taxas de perda de água e de ganho de sólidos ocorreram durante os primeiros 30 min do processo.

Uma das principais características dos produtos sujeitos à desidratação osmótica é a formação de uma camada superficial do soluto concentrado, com espessura de 2 a 3 mm (Bolin et al., 1983; Raoult-Wack, 1994), enquanto mudanças no teor de água são observadas a profundidades maiores que 5 mm (Salvatori et al., 1999, apud Lewicki e Lukaszuk, 2000). Segundo Vial et al. (1990), apud Raoult-Wack (1994), a formação de tal camada exerce um efeito importante no controle da transferência de massa durante o processo, uma vez

que favorece a perda de água, limita a impregnação de soluto e reduz a perda de solutos solúveis em água, como ácido ascórbico e frutose. Além disso, de acordo com Raoult-Wack (1994), a presença da camada concentrada pode influenciar o comportamento do produto durante o processo complementar de secagem ou durante o armazenamento.

2.3.2. Vantagens e aplicações

Como pré-tratamento, os efeitos da desidratação osmótica estão relacionados, principalmente, à melhoria de algumas propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do produto (Torreggiani, 1993), mas o processo permite, além disso, menor gasto de energia se comparado à secagem feita integralmente por convecção (Bolin, 1983). Relatos na literatura mostram que parâmetros como a cor, o “flavor” e a textura de frutas e vegetais sensíveis à secagem ao ar, à desidratação a vácuo ou à liofilização foram melhorados quando uma etapa prévia de tratamento osmótico foi utilizada (Lazarides et al., 1997; Torreggiani e Bertolo, 2001a). O uso de temperaturas moderadas de operação, bem como o fato de a água ser removida do alimento sem que haja nenhuma mudança de fase, contribui, também, para a melhoria da qualidade do produto final. Estruturas celulares podem ser preservadas e os danos, pelo calor, sobre a cor e o “flavor” são minimizados (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994). O sabor de um produto obtido por desidratação osmótica é mais suave e mais doce que o da matéria-prima original, em função da absorção de açúcar e da difusão de parte das substâncias de baixo peso molecular para fora do produto, juntamente com água (Ponting et al., 1966; Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996). Além disso, este pré-tratamento melhora a textura e a estabilidade dos pigmentos durante a secagem e o armazenamento do produto.

Reações de escurecimento enzimático e não enzimático em frutas, vegetais e bebidas representam um dos principais problemas da indústria de alimentos (Araújo, 1999), uma vez que a cor é considerada o atributo sensorial ou de aceitabilidade mais importante dos produtos alimentícios. O escurecimento de frutas é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos, mediada por um grupo de enzimas chamado polifenol oxidases, que inclui tironase, polifenolase, fenolase, catecoloxidase, catecolase e creolase. A quinona é o

primeiro produto da reação, mas esta é rapidamente transformada em melanina, pigmento escuro e insolúvel (Araújo, 1999). De acordo com Forni et al. (1997), o escurecimento não enzimático, tanto aquele resultante da condensação de açúcares redutores com aminoácidos ou aquele decorrente da conversão da clorofila em feofitina, é responsável pela maior parte dos problemas de escurecimento de frutas durante os processos de secagem convencional. Segundo Ponting et al. (1966), a atividade da fenolase decresce rapidamente com o aumento do teor de sólidos solúveis no meio, particularmente o de sacarose. Durante a secagem, a atividade inicial da enzima é reduzida e finalmente paralisada pelo aumento da concentração de solutos nos tecidos das plantas. A entrada de açúcar, devido a ação protetora dos sacarídeos (Ponting et al., 1966), evita ou reduz o uso de SO_2 e aumenta a estabilidade dos pigmentos durante o processamento e o subsequente período de armazenagem (Maltini et al., 1993; Torregiani, 1993), produzindo, assim, produtos mais naturais e de maior aceitabilidade por parte dos consumidores.

Todas as reações químicas que levam à diminuição da qualidade de alimentos, como o escurecimento, a perda de compostos voláteis ou o colapso das células, são extremamente dependentes da temperatura e do teor de água inicial do produto. Os solutos difundidos para a amostra retêm os componentes voláteis em microregiões, tornando mais rápida a formação da camada seca e menor difusão dos componentes de “flavor” na superfície de evaporação (Silveira et al., 1996). Segundo Forni et al. (1987), aumentos do teor de sólidos solúveis superiores a 25% melhoram significativamente a retenção de compostos voláteis no produto. Em trabalho realizado com kiwis, os autores verificaram que o tratamento osmótico à temperatura ambiente por 2 h, feito previamente ao congelamento dos frutos, resultou em produtos de alta qualidade com relação à cor e ao “flavor” naturais. A absorção de açúcar pelos frutos, em função da pressão osmótica do meio, protegeu a cor do alimento durante mais de nove meses sob armazenamento a $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Já a desidratação feita ao ar, a $45\text{-}50\text{ }^\circ\text{C}$, levou a distorções consideráveis na cor e na consistência dos frutos, além de redução de cerca de 50% da massa. Ao avaliar a desidratação osmótica de maçãs, Krokida et al. (2000) verificaram que a porosidade dos frutos diminuiu depois do processo, o que contribuiu para prevenir alterações de cor e, por outro lado, aumentar a viscosidade do produto. Conforme Torregiani (1993) e Maltini

et al. (1993), apesar da entrada de sólidos solúveis no alimento imerso em solução osmótica levar a uma diminuição da atividade de água do produto, o efeito sobre o teor de água é menor, resultando em um produto de consistência agradável. A textura está mais associada à plasticidade e ao efeito da expansão da água na pectina e na matriz celulósica dos tecidos das frutas que com a absorção da água. A consistência depende, principalmente, da concentração de sólidos insolúveis e do teor de água e não dos sólidos solúveis e da atividade de água.

Em casos em que a desidratação por imersão-impregnação é seguida de congelamento, os carboidratos utilizados no preparo das soluções osmóticas funcionam como crioprotetores contra a formação de cristais de gelo, que destroem a estrutura dos tecidos e a textura do produto final (BeMiller e Whister, 2000). Além de contribuir para a qualidade final do produto, a redução do colapso estrutural devido à entrada de açúcares nos tecidos evita o encharcamento durante o degelo (Torreggiani, 1993).

Em produtos desidratados por osmose seguida de secagem por convecção ou liofilização, os açúcares, que são substâncias altamente higroscópicas (BeMiller e Whister, 2000), contribuem para a manutenção da umidade e para o aumento da taxa de reidratação do alimento. Exercem, ainda, um efeito protetor da estrutura tecidual durante o processamento, limitando o colapso e a ruptura celular (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994). A capacidade de absorver água combinada com a habilidade em retê-la é afetada pela integridade da membrana celular depois do processamento (Willis e Teixeira, 1988). Segundo Ferrando e Spiess (2001), a distribuição de fosfolípidos e proteínas na membrana é relacionada ao estado físico da água. Durante a desidratação, a deficiência de água induz fosfolípidos e proteínas a adotarem diferentes fases (isto é, mudanças em sua orientação), incapacitando a membrana de recuperar suas propriedades quando reidratadas. Os autores avaliaram o impacto de três dissacarídeos, sacarose, maltose e trealose, sobre a epiderme de cebola tratada por osmose e depois da reidratação. Maltose e a trealose mostraram efeito protetor na membrana plasmática das células, mantendo suas propriedades como barreira, enquanto trealose desempenhou papel fundamental durante a reidratação, levando à maior taxa de turgescência.

Além de permitir a obtenção de produtos com qualidade superior, o consumo de energia na desidratação osmótica é significativamente menor que nos processos convencionais (Lenart, 1996). Representa, por exemplo, cerca de 25% do gasto energético requerido para a remoção de água na secagem por convecção em ar aquecido (Bolin et al., 1983). Venkatachalapathy e Raghavan (1998) verificaram que a desidratação osmótica de *blueberries* anterior à secagem, até teor de água de 15% b.u., resultou em economia de energia e em redução do tempo na secagem, além de melhorar a qualidade dos frutos. Na desidratação osmótica de goiabas seguida de secagem em estufa, Sousa et al. (2003) observaram que o pré-tratamento com osmose a vácuo diminuiu o tempo de secagem, reduzindo os gastos com o processo. De acordo com Raoult-Wack (1994), a economia de energia pode ser obtida porque o produto é processado em fase líquida, obtendo-se, geralmente, bons coeficientes de transferência de calor e massa, além do fato de a água ser removida sem mudança de fase. A redução do teor de água do alimento obtida na DII reduz a carga energética necessária para seu congelamento, o que é de grande interesse das indústrias de frutas e verduras congeladas, que consomem grande quantidade de energia para congelar produtos frescos com altos teores de água. Outras vantagens de frutas parcialmente desidratadas antes do congelamento incluem a economia com a embalagem e com a distribuição (Torreggiani, 1993).

Para indivíduos que necessitam de dietas hipercalóricas, como é o caso daqueles em tratamento de câncer, anorexia, AIDS e outros (Mahan e Escott-Stump, 2002), a impregnação de açúcares no produto representa uma vantagem da desidratação por imersão-impregnação.

2.3.3. Variáveis do processo

O fenômeno de transferência de massa que acontece entre o produto e o meio osmótico é amplamente afetado pelas variáveis do processo, as quais estão associadas tanto à natureza da matéria-prima quanto às condições operacionais empregadas. Interferem no desempenho da desidratação a espécie utilizada, a variedade, o grau de maturação e a forma e tamanho do alimento a ser desidratado, assim como a composição e a concentração da solução osmótica, a temperatura e o tempo de contato da fração sólida com o xarope, a razão massa

do produto (fruta) / massa do meio (xarope) e a utilização ou não de pré-tratamentos (Torregiani, 1993; Raoult-Wack, 1994; Lazarides, 1994; Rastogi et al., 1997; Lenart e Piotrowsk, 2001). Park et al. (2002) afirmam que as justificativas para o emprego da DII para a secagem de alimentos são tão numerosas quanto a variedade de produtos passíveis de serem desidratados por este método.

A perda de água e o ganho de sólidos são principalmente controlados pelas características da matéria-prima. A grande variabilidade observada entre frutas de diferentes espécies está relacionada, especialmente, ao teor inicial de sólidos solúveis e insolúveis, aos espaços intercelulares, à presença de gás, à proporção entre as diferentes frações pécticas (pectina solúvel em água e protopectina), aos níveis de gelificação da pectina (Torregiani, 1993), à capacidade de compactação dos tecidos e atividade enzimática da fruta (Giangiacomo et al., 1987). Em trabalho em que avaliaram a transferência de massa durante o pré-tratamento osmótico de maçã, abóbora e cenoura, utilizando solução de sacarose a 61,5% e temperatura de 30 °C, Kowalska e Lenart (2001) atribuíram a variação observada entre as taxas de desidratação de cada produto ao tipo de planta, mais especificamente às diferenças entre os tipos de tecidos de cada uma. Nas condições empregadas no trabalho, a abóbora se destacou como o material mais adequado à desidratação osmótica, levando-se em conta a maior perda de água para o xarope e o menor ganho de sólidos solúveis, enquanto a maçã teve um comportamento inverso, apresentando o pior desempenho dentre os três. De acordo com Torregiani (1993), fenômenos que modificam a permeabilidade dos tecidos da planta, como pré-tratamentos com substâncias químicas, como sulfitos, por exemplo, branqueamento ou congelamento, favorecem o ganho de sólidos em detrimento da perda de água.

A temperatura da solução osmótica influencia decisivamente a taxa de desidratação e as propriedades do produto final. Valores entre 20 e 50 °C são considerados ótimos para o processo de transferência de massa e têm sido os mais freqüentemente citados nos trabalhos sobre este tema. O emprego de valores acima desta faixa causa perda de componentes nutricionais, mudanças de cor e deterioração de membranas celulares (Beristain et al., 1990). Segundo Torregiani (1993) a velocidade de transferência de massa aumenta com o aumento da temperatura, porém, acima de 60 °C ocorrem modificações nas

características dos tecidos, favorecendo o fenômeno de impregnação e, conseqüentemente, o ganho de sólidos.

Park et al. (2002), ao estudarem a cinética da desidratação de pêra D'anjou em temperaturas de 40, 50 e 60 °C e concentrações de soluto de 40, 55 e 70 °Brix, concluíram que a perda de água e o ganho de sólidos aumentaram com o aumento da temperatura e da concentração da solução osmótica. Resultado similar foi obtido por Silveira et al. (1996) em estudo com abacaxi desidratado osmoticamente em temperaturas entre 30 e 60 °C e concentrações da solução entre 50 e 75 °Brix. Alguns autores relatam, entretanto, ter observado uma aceleração na perda de água, sem modificação no ganho de açúcares pelo alimento, quando a temperatura do processo é aumentada (Ponting, 1966; Hawkes e Flink, 1978). O fenômeno é atribuído, essencialmente, às diferenças difusionais entre água e açúcar, assim como às diferenças nas massas molares dos diferentes solutos (Torreggiani, 1993).

Lazarides et al.(1997) cita os trabalhos de Vial et al. (1991) e Heng et al. (1990), que avaliaram o efeito da temperatura sobre o processamento de kiwi e mamão, respectivamente. Vial et al. (1991) verificaram que temperatura igual ou superior a 50 °C levou a modificações indesejáveis na cor e nos teores de ácido ascórbico e clorofila da fruta, enquanto o emprego de temperaturas iguais ou inferiores a 40 °C resultou em teores de ácido ascórbico e pigmentos satisfatórios no produto final. Heng et al. (1990) mostraram que o processamento dos frutos em xarope com temperatura acima de 60 °C induziu perdas significativas de ácido ascórbico e descoloração do produto.

Assim como a temperatura, a freqüência de agitação do conjunto xarope/produto exerce um efeito importante sobre o desempenho do processo de DII. A agitação garante um contato contínuo das amostras com as soluções osmóticas concentradas, evitando a flutuação das mesmas e promovendo um grande impacto na perda de água, porém, quando em excesso, pode levar à desintegração dos tecidos do vegetal (Lazarides, 1994). Mavroudis et al. (1998) estudaram a desidratação de maçã, cortada em cilindros e imersas em solução de sacarose 50% (p/p), sob níveis de agitação entre 10 e 140 min⁻¹, verificando que a taxa de perda de água do alimento para a solução foi altamente dependente desta variável. Níveis mais elevados de agitação favoreceram a saída de água, o que

não ocorreu, no entanto, com o ganho de sólidos pelo produto, que não foi significativamente afetado por esta variável.

A razão produto:solução representa também uma importante variável do processo de desidratação osmótica. A maior relação fruta:xarope permite manutenção da concentração das soluções osmóticas do início ao final do processo (Lazarides, 1994). De modo geral, a fim de assegurar uma taxa constante de troca de água/soluto é preferível trabalhar com baixa relação alimento:solução, por exemplo 1:5, conforme Dalla Rosa e Giroux (2001). Trabalhos em laboratório utilizam relações na faixa de 1:10 a 1:20, segundo Raoult-Wack (1994), de forma a minimizar a variação da composição da solução. Entretanto, para aplicações industriais, esta proporção deve ser a mais baixa possível, a fim de reduzir os custos de produção. Khoyi e Hesari (2006) examinaram as relações 5:1, 10:1 e 15:1 (solução:amostras de sacarose) e verificaram que a elevação do volume de solução resultava em maior perda de água e ganho de sólidos nas amostras. Entretanto, concluíram ser a razão 10:1 a melhor, por diminuir o custo e o volume de solução do processo.

A composição e a concentração da solução osmótica empregada na DII é, segundo Torreggiani (1993), um dos fatores chave para o sucesso do processo. O tipo de açúcar utilizado no preparo do xarope afeta expressivamente a cinética de remoção de água, o ganho de sólidos e o equilíbrio do teor de água. Quanto maior a massa molecular do soluto empregado, maior a perda de água para a solução e menor o ganho de sólidos pelo alimento, favorecendo, assim, a perda de massa e o processo de desidratação (Bolin et al., 1983). A impregnação do alimento com o soluto é, de forma contrária, favorecida com o uso de açúcares com menor massa molecular, como glicose, frutose e sorbitol, em função da maior velocidade de penetração das moléculas no produto (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994). O efeito protetor de açúcares sobre a degradação do ácido ascórbico também está relacionado ao tipo de açúcar utilizado (Forni et al., 1997). Com relação à concentração da solução, a transferência de massa é favorecida pelo uso de xaropes altamente concentrados (Ponting et al., 1966), e até certo ponto, pela redução do tamanho das frações da fruta a ser desidratada. O ganho de sólidos é, no entanto, altamente favorecido pela diminuição acentuada do tamanho dos pedaços (Torreggiani, 1993). O aumento da concentração da solução favorece mais a perda de água que o ganho de sólidos (Ponting et al.,

1966). Giraldo et al. (2003) demonstraram que o tratamento de cilindros de manga com solução de sacarose a 45 °Brix e 30 °C levou a mais alta relação ganho de sólidos:perda de água, dentre as demais concentrações testadas no estudo, ou seja, 35, 55 e 65 °Brix. No entanto, Khoiyi e Hesari (2006) estudaram a cinética da desidratação osmótica de damascos em solução de sacarose a 50%, 60% e 70% e concluíram que a perda de água e o ganho de sólidos aumentam com o aumento da concentração da solução e da temperatura do processo.

Sacarose e cloreto de sódio têm sido os agentes osmóticos mais utilizados nos estudos sobre este processo de desidratação, mas qualquer soluto com alta solubilidade, como glicose, ou solvente miscível em água, como etanol, pode ser destinado ao preparo da solução de imersão. Dentre os edulcorantes, além de sacarose, destacam-se como substâncias com grande potencial para o processo, a glicose e os xaropes de amido (mistura de glicose, maltose e maltoligossacarídeos) (Lazarides, 1994; Raoult-Wack, 1994). São citados também, em menor grau, os xaropes ricos em glicose ou em frutose, o açúcar invertido, a lactose e polióis como sorbitol, manitol e xilitol. O poder edulcorante da sacarose é utilizado como referência para indicar a intensidade do sabor doce dos demais adoçantes, conforme pode ser observado na Tabela 2 (Belitz e Grosch, 1997).

Tabela 2 - Poder edulcorante de alguns açúcares e poliálcoois em relação à sacarose

Composto	Poder edulcorante relativo	Composto	Poder edulcorante relativo
D-Frutose	114	D-Manose	59
Xilitol	102	D-Glucitol	51
Sacarose	100	Maltose	46
D-Glicose	69	Dulcitol	41
D-Manitol	69	Lactose	39
D-Xilose	67	D-Ramnose	33
D-Galactose	63	Rafinose	22

Fonte: Adaptado de Belitz e Grosch (1997).

A sacarose é formada por uma unidade α -D-glicopiranosídeo e outra β -D-frutofuranosídeo, unidas pelos extremos redutores, constituindo, portanto, um açúcar não redutor. Como a maioria dos carboidratos de baixa massa molecular,

caracteriza-se pela alta capacidade hidrofílica e alta solubilidade, podendo formar soluções altamente concentradas que não necessitam aditivos antimicrobianos para manter-se em boas condições microbiológicas. Estas características conferem-lhe, ainda, propriedades como umectante e conservante (Be Miller e Whistler, 2000).

Segundo Lenart (1996), a sacarose é a substância com melhores características para o processo de desidratação osmótica, especialmente quando este é utilizado como tratamento preliminar à secagem por convecção. A presença de uma camada do dissacarídeo na superfície do produto desidratado constitui um obstáculo ao contato com o oxigênio, minimizando ou impedindo o escurecimento enzimático, além da influência positiva sobre a manutenção de substâncias aromatizantes do alimento. Seu sabor especialmente agradável, mesmo em soluções altamente concentradas, é uma característica de destaque dentre os demais edulcorantes (Be Miller e Whistler, 2000), embora o alto poder adoçante possa representar um fator limitante na desidratação de determinados vegetais (Lenart, 1996).

Por ser um dissacarídeo, é esperado que a migração das moléculas de sacarose para o interior do alimento ocorra mais lentamente que a de moléculas de frutose, um monossacarídeo. Ao realizar estudo histológico de fatias de maçã submetidas à DII com xarope de frutose (HFCS) e de sacarose, Bolin et al. (1983) mostraram que nos primeiros 30 min de processo a penetração de ambas as moléculas deu-se de forma muito similar, perfazendo uma distância de 1 a 2 mm da superfície da amostra. Da mesma forma, considerando as três primeiras horas de imersão, as taxas de migração foram essencialmente as mesmas para ambos os açúcares. Com o decorrer do tempo, no entanto, a frutose passou a ser mais absorvida que a sacarose e, depois de 5 h, as fatias imersas no xarope de frutose tinham absorvido 70% a mais de sólidos que aquelas em solução de sacarose.

Forni et al. (1997) estudaram a influência de diferentes solutos (sacarose, maltose e sorbitol) sobre as propriedades físico-químicas de cubos de damascos osmodesidratados. Os níveis mais baixos de degradação do ácido ascórbico foram verificados nas amostras tratadas com maltose e armazenadas sob congelamento. Da mesma forma, a maior estabilidade da cor depois da secagem com ar foi obtida com o tratamento com maltose. Frutas tratadas com sacarose ou sorbitol, além da mais baixa estabilidade da cor depois da secagem por

convecção, apresentaram redução substancial nos teores de ácido ascórbico depois de quatro meses de armazenamento.

Soluções de açúcar invertido são amplamente utilizadas pela indústria de alimentos na fabricação de balas, produtos lácteos, bebidas carbonatadas, sucos, recheios, licores, biscoitos, caramelos e chocolates, com variadas funções (Gratão et al., 2004). A adição em balas, por exemplo, previne a cristalização do açúcar e impede a ocorrência de textura desagradável e arenosa no produto. Já no caso de biscoitos, sua principal função é contribuir para a coloração caramelada e para a maciez do produto. O xarope de açúcar invertido é obtido pela hidrólise de soluções de sacarose, realizada tanto por via enzimática, em reação catalisada por invertase, quanto por via química, através do emprego de soluções ácidas. O grau de inversão das soluções, que representa a intensidade de quebra das moléculas presentes em seus dois monossacarídeos constitutivos, glicose e frutose, varia de 10 a 100%. A denominação do produto deve-se ao fenômeno de inversão do sentido da luz polarizada (rotação óptica), que incide sobre as moléculas de açúcar, que gira para a direita no caso de moléculas de sacarose e para a esquerda no caso da mescla de açúcares resultantes da hidrólise quando colocadas sob prisma (Coulter, 1998). O poder edulcorante de um xarope com 60% de inversão e 76 °Brix é, em relação ao da sacarose, de 150. Soluções de açúcar invertido são também mais densas que soluções de sacarose pura e, por este motivo, apresentam a vantagem de minimizar os riscos de cristalização e de desenvolvimento de bolores e leveduras na superfície do produto desidratado (Gratão et al., 2004). Porém, um de seus principais benefícios consiste na maior capacidade de redução da atividade de água do alimento, fator determinante para ampliar seu prazo de validade (Hansson et al., 2001).

O sorbitol, substância amplamente encontrada na natureza, tanto em espécies vegetais quanto animais, apresenta grande potencial para aplicação na desidratação osmótica de frutas. É um produto inodoro e isento de sabor residual, pertencente ao grupo químico dos polióis. Apesar da estrutura química intimamente relacionada à da glicose, difere desta em várias propriedades, como, por exemplo, a ausência de poder redutor. Seu poder adoçante é igual a 50% ao da sacarose, mas em relação à disponibilidade energética para fins nutricionais, atribui-se ao sorbitol o valor de 2,4 kcal g⁻¹, diferentemente da sacarose, cujo valor

calórico é de $4,0 \text{ kcal g}^{-1}$, uma vez que nem toda fração administrada é absorvida e metabolizada pelo organismo. Devido as suas propriedades físico-químicas, é utilizado pela indústria de alimentos como edulcorante em alimentos dietéticos, como redutor da atividade de água de alimentos de umidade intermediária, como umectante, plastificante, inibidor da cristalização e melhorador da reidratação de produtos desidratados (Belitz e Grosch, 1997). Erba et al. (1994) concluíram que a presença de sorbitol na solução osmótica utilizada na desidratação de pêssegos e damascos levou a um menor ganho de sólidos e maior redução da massa das amostras. Embora as frutas imersas em xarope com ou sem sorbitol tenham apresentado uma mesma proporção entre sólidos solúveis e insolúveis, aquelas desidratadas com solução de frutose+sorbitol apresentaram maior maciez que as tratadas apenas com frutose. Os autores argumentam que o uso de sorbitol pode melhorar a qualidade de vários alimentos obtidos por DII, ampliando as possibilidades de suas aplicações. Além de disponibilizar produtos mais macios e mais agradáveis ao paladar do consumidor, estes produtos representariam uma alternativa para a incorporação em alimentos como sorvetes, produtos de confeitaria e outros.

Embora não tenha sido encontrada na literatura consultada qualquer citação sobre o uso de sucralose para a desidratação osmótica, acredita-se que este composto tenha potencialidade para ser utilizado como complemento no processo, devido a seu elevado poder edulcorante em relação aos demais solutos utilizados no preparo de soluções concentradas para o tratamento de frutas por este método. Descoberta em 1976, sucralose é o nome comum do composto dicloro - 1,6 - dideoxi - β -D - frutofuranosil - 4 - cloro - 4 - deoxi - a - D - galactopiranosídeo, sintetizado a partir de sacarose pela substituição seletiva de três grupos hidroxila da molécula por três átomos de cloro (Grice e Goldsmith, 2000). Constitui um sólido branco, cristalino, não-higroscópico e altamente solúvel em água e álcool. A sucralose é cerca de 600 vezes mais doce que a sacarose e não é metabolizada pelo organismo humano, não contribuindo, portanto, com o valor calórico total. É mais estável que a sacarose quando submetida à temperatura de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 h, apresentando grau de degradação menor que 5% (Hood e Campbell, 1990). O FDA (*Food and Drug Administration*) aprovou o uso de sucralose em 1998 e hoje o composto é utilizado como aditivo alimentício em mais de trinta países. Depois de mais de 20 anos de pesquisas, os dados têm

demonstrado sua inocuidade para o consumo humano e animal (Grice e Goldsmith, 2000). Mendonça et al. (2001) verificaram que o uso de sucralose proporcionou à compota de pêssgo *light* características sensoriais similares às de compota de pêssgo convencional, preparada com sacarose. Além disso, os custos de produção das compotas *light* foram inferiores aos da compota convencional.

2.3.4. Parâmetros cinéticos do processo

A avaliação da cinética de desidratação no processo DII envolve, basicamente, a determinação de variáveis como a redução de massa (μ), a perda de água (ω) e o ganho de sólidos (δ) pelo produto durante o período de imersão na solução osmótica. A redução da massa (μ) corresponde ao percentual de diminuição de massa da amostra em relação à sua massa inicial; a perda de água (ω) refere-se à quantidade de água (g ou mL) que sai da amostra para cada 100 g de sua massa total inicial; o ganho de sólidos (δ) é designado pela massa de sólidos solúveis e insolúveis transportada para o interior do produto em relação à massa inicial da amostra. Os valores de μ , ω e δ são determinados, respectivamente, pelas Equações (1), (2) e (3) (Bolin et al., 1983; Viberg et al., 1998).

$$\mu = \left(\frac{m_i - m_t}{m_i} \right) 100 \quad (1)$$

$$\omega = \left(\frac{m_i X_{ai} - m_t X_{at}}{m_i} \right) 100 \quad (2)$$

$$\delta = \left(\frac{m_i X_{st} - m_t X_{si}}{m_i} \right) 100 \quad (3)$$

Em que:

m_i = massa inicial do produto, g;

m_t = massa do produto no tempo t, g;

X_{ai} = fração de água na amostra no tempo inicial, adimensional;

X_{at} = fração de água na amostra no tempo t , adimensional;

X_{si} = fração de sólidos totais da amostra no tempo inicial, adimensional;

X_{st} = fração de sólidos totais da amostra no tempo t , adimensional.

2.3.5. Atributos de qualidade de alimentos processados

Os atributos de qualidade de um alimento processado dizem respeito à sua aparência e textura, ao seu sabor e odor (“flavor”), ao seu valor nutritivo e à sua segurança para a saúde do consumidor. O grau de importância de cada um destes atributos depende dos interesses particulares de cada grupo envolvido. O alvo principal da indústria, por exemplo, é o rendimento da matéria-prima e parâmetros como cor, “flavor” e textura do produto final. Para o consumidor, por outro lado, os principais atributos de qualidade consistem nas características sensoriais do alimento, como ausência de defeitos, textura, cor, sabor e odor, tamanho e forma, além do valor nutritivo. Pequenas diferenças nestas características entre produtos semelhantes, mas de marcas distintas, são, às vezes, determinantes para a aceitabilidade e escolha de um em relação ao outro (Chitarra e Chitarra, 1990; Fellows, 1994).

O processamento de alimentos traz conseqüências inevitáveis ao seu valor nutricional. Macro e micronutrientes são afetados em diferentes níveis, tanto durante o processo quanto no decorrer do período de armazenagem. O grau de estabilidade depende amplamente do tipo e da estrutura do nutriente, da composição química do alimento e da severidade e duração do processamento (Henry e Massey, 2001). As perdas se devem à sensibilidade dos diferentes componentes ao calor, pH, oxigênio, luz, umidade ou à combinação destes (Henry e Heppell, 2002). No caso específico do processo de DII, a migração do soluto osmótico para o interior do alimento, bem como a transferência de compostos deste para o meio, altera as propriedades sensoriais e nutricionais do produto, dando origem a uma formulação nova e específica (Torreggiani, 1993; Lenart, 1996). Vários trabalhos são encontrados na literatura com relação aos efeitos deste processo, em diferentes condições operacionais, sobre as características físicas e químicas dos produtos, como cor, acidez, textura, sólidos solúveis e outras (Forni et al., 1997; Waliszewski et al.; 1999, Lewicki e Lukaszuk, 2000;

Mauro et al., 2002). São, entretanto, escassos os artigos que abordam a intensidade das alterações relativas à composição nutricional dos alimentos durante e depois da desidratação e ao longo do armazenamento. Exceção é feita ao ácido ascórbico e aos carotenóides, cuja amplitude de degradação, em consequência das condições de processo, tem sido estudada por alguns autores. Determinações importantes, sob o ponto de vista nutricional, como a concentração de proteínas, lipídios e minerais nos produtos desidratados têm sido negligenciadas ou não contempladas na maioria dos trabalhos sobre este tema.

A estabilidade do ácido ascórbico é marcadamente influenciada por variáveis como temperatura, luz, oxigênio e íons metálicos. Considera-se, geralmente, que se esta vitamina for adequadamente retida no alimento durante o processamento, outros nutrientes também o foram, sendo sua presença, desta forma, considerada como parâmetro da qualidade nutricional do alimento processado (Fennema, 1977, apud Uddin et al., 2002). A labilidade da vitamina C tem sido observada desde 1670, quando foram descobertas suas propriedades anti-escorbúticas e que as mesmas eram perdidas quando as plantas eram secas pelo calor (Ramberg et al., 2003).

Marcy et al. (1989) observaram perda da ordem de 40% nos teores desta vitamina, depois de seis meses de armazenamento a temperaturas entre 4 e 6 °C, em bebidas à base de laranjas embaladas assepticamente. Quando estocadas a 22 ou 30 °C, a perda foi superior a 75%. Por outro lado, Lin et al. (1998) reportaram aumento da concentração de vitamina C em cenouras desidratadas em microondas, sob vácuo, em relação àquela de cenouras secas ao ar. Em quiabos desidratados deste mesmo modo, El-Din e Shouk (1999) verificaram baixo grau de degradação do ácido ascórbico, enquanto Khraisheh et al. (2004) demonstraram que a retenção do composto em amostras de tomates secos é, no mínimo, duas vezes maior que em amostras desidratadas por secagem por convecção.

Suntornsuk et al. (2002) determinaram os teores de vitamina C em vários tipos de sucos frescos e liofilizados, antes e depois da estocagem. Suco de goiaba fresco apresentou teor de vitamina 41,4% maior que o de suco liofilizado, indicando degradação do composto durante a liofilização. Entretanto, depois de quatro semanas de armazenamento, a estabilidade da vitamina nas amostras do produto liofilizado mostrou-se maior que no suco não liofilizado, com perdas de

27,9 e 38,6%, respectivamente. Depois de oito semanas de estocagem, independente das condições de armazenamento, foi observada uma drástica redução do teor de vitamina C dos produtos. Akinyele et al. (1990) avaliaram as alterações na concentração de alguns dos componentes de produtos de abacaxi e de laranja, depois da pasteurização e estocagem, verificando redução considerável do teor de ácido ascórbico nas amostras. O efeito sobre a concentração de sólidos totais, cinzas e de minerais (Ca, Na, K e Mg) não foi, no entanto, significativo.

Negi e Roy (2000) realizaram experimentos para determinar a influência do tipo de embalagem e das condições de armazenamento sobre a qualidade e o valor nutritivo de cenouras frescas e desidratadas. As amostras desidratadas foram embaladas em sacos plásticos de polietileno de alta densidade (PEAD) e estocadas à temperatura ambiente e sob refrigeração por nove meses. O branqueamento e a secagem levaram à significativa redução dos teores de ácido ascórbico e β -caroteno nas amostras desidratadas, com redução durante e posterior à estocagem. A vida útil de cenouras frescas variou entre 3 e 20 dias, em função do tipo de embalagem e da condição de armazenagem, mas em todos os casos houve redução das concentrações de β -caroteno e ácido ascórbico.

Existe interesse crescente por parte da comunidade científica, de consumidores e da indústria de alimentos, com relação aos benefícios do licopeno para a saúde humana. Evidências clínicas têm reforçado seu papel como um importante micronutriente na proteção do organismo contra diferentes tipos de câncer (Micozzi et al., 1990; Levy et al., 1995). Shi e Le Maguer (1999) verificaram que o conteúdo total de licopeno em tomates permanece praticamente inalterado durante a desidratação osmótica. Comparada à secagem a vácuo, a retenção do composto depois do processo combinado de desidratação osmótica-secagem a vácuo é também muito superior. A secagem convencional resulta, por outro lado, em enormes perdas de licopeno das amostras. O trabalho mostra que o método utilizado na desidratação afeta a distribuição de isômeros nas amostras. Em tomates frescos o isômero *cis* não foi detectado, ao contrário das amostras processadas, em que um aumento significativo de *cis*-licopeno, com simultâneo decréscimo nos teores do isômero *trans*, foi observado para qualquer método de secagem empregado. A configuração *trans*, forma geralmente encontrada na natureza, apresenta maior estabilidade que a forma *cis*. Os autores argumentam

que a degradação do licopeno afeta não apenas a cor atrativa do produto final, mas, também, o “flavor” e o valor nutritivo, comprometendo seus benefícios para a saúde.

2.3.6. Limitações do processo

O custo da solução osmótica representa um papel preponderante no processo de DII (Bolin et al., 1983; Raoult-Wack, 1994). Depois da desidratação, além da diluição da solução, são também verificadas mudanças na composição química e nas propriedades físico-químicas e sensoriais do xarope, relacionadas à transferência de compostos como pigmentos, ácidos e fragmentos de polpa do produto para o meio osmótico. A reutilização da solução exige, desta forma, um tratamento prévio para a retirada, por filtração, por exemplo, dos compostos indesejáveis e para a correção da concentração de soluto para os valores iniciais (Dalla Rosa e Giroux, 2001). Segundo Bolin et al. (1983) e Raoult-Wack (1994), o manejo da solução residual em cada batelada de desidratação representa um fator limitante para a viabilidade econômica do processo em escala industrial e sua otimização está vinculada a aspectos como a reciclagem do xarope e a redução do volume de xarope empregado. A correção da concentração de sólidos da solução osmótica pode ser feita pela adição do soluto ou por evaporação à pressão atmosférica, à vácuo ou solar (Valdez-Fragoso et al., 1998). Algumas alternativas têm sido propostas para reutilização das soluções osmóticas pós-processamento, incluindo seu uso na fabricação de geléias de frutas, sucos de frutas, produtos cristalizados e conservas, bem como na produção de flavorizantes naturais e enriquecimento de ração animal (Dalla Rosa e Giroux, 2001).

Outros problemas tecnológicos afetam a implementação do processo de DII em escala industrial, como por exemplo, o adequado contato da fase sólida (produto) com a fase líquida (solução concentrada). Os produtos (massa específica de 800 kg m^{-3} para frutas, em média) tendem a flutuar na solução devido a maior densidade da solução (massa específica de 1300 kg m^{-3} para solução de sacarose de 60% (p/p) a $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Ao mesmo tempo, a viscosidade da solução exerce considerável resistência externa à transferência de massa, e a fragilidade dos pedaços de alimentos dificulta a agitação (Raoult-Wack, 1994;

Torreggiani, 1993). Observa-se, ainda, que frutas desidratadas até teores de água inferiores aos valores normalmente utilizados no processo têm se mostrado rançosas quando armazenadas por várias semanas à temperatura ambiente. Segundo Ponting et al. (1966), este fato ocorre, provavelmente, deve-se à maior retenção de óleos aromáticos no produto. De acordo com Araújo (1999), durante o processo de desidratação de frutas, ocorrem três eventos simultâneos, favorecendo o processo de rancidez: as moléculas componentes do alimento são aproximadas, aumentando, conseqüentemente, a probabilidade de interação entre elas; a remoção da água dos capilares do alimento facilita o acesso físico do oxigênio atmosférico ao seu interior e a sensibilidade química dos componentes do alimento aumenta, devido à remoção da água de hidratação protetora dos sítios reativos das moléculas.

Para consumidores que necessitam de dietas hipocalóricas ou isentas de açúcares simples, como no caso, por exemplo, dos obesos e dos diabéticos, a impregnação do açúcar no produto é considerada uma desvantagem do processo de DII.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção das frutas e preparo das amostras

Para a realização dos experimentos de desidratação, foram utilizados frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) do cultivar Pedro Sato, provenientes de pomares comerciais localizados no Município de Cachoeiras de Macacu, RJ. Apresenta-se, na Figura 2, a ilustração típica de goiaba no estágio 3 de maturação utilizada no presente trabalho.



Figura 2 – Ilustração típica de goiaba no estágio 3 de maturação.

Durante o período de safra, entre os meses de novembro e fevereiro, cerca de 50 frutos, acondicionados em caixas térmicas, foram transportados semanalmente para o Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ. Ao chegar ao Laboratório, os frutos foram selecionados de acordo com os atributos: 1) estágio 2 de maturação, caracterizado pela coloração verde clara da casca, ângulo de cor ($^{\circ}$ h) entre 113 e 116 (Azzolini et al., 2004); 2) uniformidade de tamanho, que incluiu a massa, o diâmetro transversal e o diâmetro longitudinal dos frutos; e 3) ausência de defeitos, que consistiu na inexistência de injúrias físicas. Os frutos selecionados foram acondicionados em bandejas plásticas e armazenados sob refrigeração, em câmaras do tipo B.O.D. (MARCONI, modelo MA 415) a 7 °C, pelo tempo necessário para atingir o estágio 3 de maturação, caracterizado pela cor verde-amarelada da casca, ângulo de cor ($^{\circ}$ h) entre 108 e 112 (Azzolini et al., 2004), o que ocorreu em, aproximadamente, quatro dias. Segundo Mercado-Silva et al. (1998) a cor da casca constitui-se no melhor índice para indicar o estágio de maturação em goiabas. Estes autores, ao trabalharem com a variedade “Media China” em diferentes épocas de desenvolvimento, verificaram diminuição constante no ângulo de cor ($^{\circ}$ h) durante o amadurecimento dos frutos.

A cada dia de experimento, 18 frutos no estágio 3 de maturação eram retirados do ambiente de armazenamento, sendo em seguida lavados em água corrente e imersos em solução de detergente neutro a 1% por 15 min. Logo depois, eram enxaguados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 min e secos com papel toalha. Os frutos eram, um por vez, descascados e cortados longitudinalmente, removendo-se as sementes e dividindo-se cada metade em outras quatro partes, de modo a obterem-se oito frações por fruto, num total de 144 amostras. Retiravam-se, então, dezoito frações, ou seja, uma amostra por fruto, para caracterização da fruta in natura, as quais eram imediatamente mergulhadas em nitrogênio líquido por 5 s. Em seguida essas amostras eram acondicionadas em frascos de polietileno branco fosco de 30 mL, com tampa rosqueável, e armazenadas em freezer a -18 °C, para análises posteriores.

3.2. Branqueamento e tratamento com ácido ascórbico

Para evitar o escurecimento enzimático das amostras as 126 frações restantes, sete de cada um dos dezoito frutos, foram branqueadas em vapor d'água por 1 min, sendo, em seguida, colocadas em saco plástico e imersas em banho de gelo por 1 min. Para o aquecimento da água, foi utilizado um agitador magnético com chapa aquecedora (VELP SCIENTIFICA, modelo ARE). As amostras resfriadas foram imersas em solução de ácido ascórbico 1% por 5 min (Giangiacomo et al., 1987), exceto as destinadas às análises de ácido ascórbico. Depois dessa etapa, retirou-se mais uma fração de 1/8 de cada fruto para as análises referentes ao branqueamento/imersão em ácido ascórbico, as quais foram acondicionadas conforme descrito no parágrafo anterior.

3.3. Desidratação dos frutos

3.3.1. Desidratação por Imersão e Impregnação (DII)

Depois do branqueamento e tratamento com ácido ascórbico, as 108 frações restantes, sendo seis de cada goiaba, foram submetidas à primeira etapa do processo de desidratação, que consistiu em sua imersão em soluções concentradas de solutos (soluções osmóticas), mantidas em béqueres de vidro sob agitação controlada, por tempo e temperatura pré-determinados. Na Tabela 3 estão discriminados os tratamentos avaliados.

Tabela 3 - Tratamentos avaliados no experimento

Tratamento	Tipo de soluto	Concentração da solução (%, p/p)
T1	Sacarose comercial, tipo cristal	70
T2	Sacarose comercial, tipo cristal	50
T3	Sacarose + sucralose**	Sacarose, 30 + sucralose, 0,025
T4	Açúcar invertido*	70
T5	Açúcar invertido*	Sem diluição
T6	Controle (sem DII)	-

* Gludex 216 (Dulcini S/A); ** Edulcorante em pó micronizado (Attivos Magistrais)

Para as análises de acidez, pH e minerais não foi avaliado o tratamento controle (sem desidratação por imersão e impregnação) e na análise sensorial não foi utilizado o tratamento com açúcar invertido a 70%. Para o preparo das soluções osmóticas, o soluto foi pesado em balança de precisão (SARTORIUS BP 4100S), em frasco de vidro de 2 L, adicionando-se massa de água destilada (desionizada no caso das análises de minerais) necessária para obtenção da concentração desejada na solução. O frasco foi colocado sobre agitador magnético com aquecimento (VELP SCIENTIFICA modelo ARE) para facilitar a dissolução do soluto. As soluções foram transferidas para frascos de vidro de tampa rosqueável, autoclavados a 120 °C por 20 min e estocados sob refrigeração a 7 °C, em B.O.D., até o momento de sua utilização.

Além de sacarose, outros dois solutos foram avaliados: açúcar invertido, com nome comercial de Gludex 216 e fabricado pela Dulcini S/A, com taxa de inversão = 90%, e sucralose, fornecida pela empresa Attivos Magisttrais, edulcorante cujo poder adoçante é 600 vezes maior que o da sacarose (Hood e Campbell, 1990). Com o objetivo de se obter um produto light (> 25% de redução de calorias) foi preparada uma solução com o mesmo nível de doçura do Tratamento T2 (sacarose 50%), porém, com 30% menos caloria, resultando no Tratamento T3. Para isto, no cálculo da massa do adoçante sucralose foi considerada a relação: o poder edulcorante de 1.000 g de sacarose corresponde àquele de 1,67 g de sucralose, obtendo assim, a solução de 0,025% de sucralose + 30% de sacarose.

A desidratação foi feita pela imersão das amostras na solução osmótica, em béqueres de vidro de 1.000 mL, dispostos em três agitadoras-incubadoras de bancada (B.Braun Biotech, modelo Certomat U/Certomat HK; Nova Ética, modelo 430 RDB) de movimento orbital, com controle automático de temperatura e frequência de agitação. Em todos os tratamentos foi utilizada relação fruta:xarope de 1:10 (p/p), temperatura de 50 °C (Beristain et al., 1990), frequência de agitação de 60 min⁻¹ e tempo de incubação de 2 h. A perda de água ocorre durante as primeiras duas horas de processo e acima deste tempo ocorre maior permeabilidade da fruta pelo soluto osmótico aumentando o fenômeno de impregnação (Giangiacomo et al., 1987; Torreggiani, 1993).

Depois da desidratação osmótica, os frutos foram enxaguados com água destilada (ou desionizada no caso dos minerais), para remoção do filme de açúcar formado na superfície e, em seguida, envolvidos em papel absorvente para

retirada do excesso de água. Depois desta etapa, foram retiradas outras dezoito amostras correspondentes a 1/8 de cada fruto para as análises posteriores. As cinco frações restantes de cada fruto (90 amostras) foram, então, submetidas à secagem por convecção. Devido à possibilidade de contaminação do produto por íons metálicos eventualmente presentes no ar de secagem, o experimento para análise dos teores de minerais não prosseguiu com a etapa de secagem por convecção forçada e foi finalizado depois da desidratação por imersão-impregnação. As análises de acidez e pH e sólidos solúveis também foram realizadas apenas até esta etapa. De acordo com a literatura não há variação nestes teores na secagem por convecção (Forni et al., 1997).

Em todo o experimento foram utilizadas quatro repetições de cada tratamento, sendo cada goiaba considerada uma repetição para as análises de vitamina C, minerais, cor, acidez e pH. Para a determinação da composição centesimal (água, proteínas, lipídios, fibras e cinzas) foram utilizados quatro frutos por repetição de cada tratamento. Sendo assim, em todo o experimento utilizou-se um total de 268 frutos (Tabela 4). Conforme já descrito, a cada dia eram utilizados 18 frutos, distribuídos em 18 béqueres, ou seja, um fruto por béquer, divididos em três agitadoras-incubadoras. A Figura 3 ilustra as seis frações de goiaba distribuídas em cada um dos seis béqueres localizados em uma das três agitadoras-incubadoras utilizadas.

Tabela 4 - Número de tratamentos, de repetições por tratamento, de frutos por repetição e total de frutos utilizados no experimento

Tipo de análise	Nº de tratamentos	Repetições/ tratamento	Frutos/ repetição	Frutos utilizados
Cinética	4	3	1	12
Sólidos solúveis totais	4	3	1	12
Acidez total titulável	5	4	1	20
Composição centesimal	6	4	4	96
Minerais	5	4	1	20
Vitamina C	6	4	1	24
Parâmetros de cor	6	4	1	24
Análise sensorial	5	*	12	60
Total				268

* A análise sensorial foi realizada com 77 pedaços de goiabas (repetições)

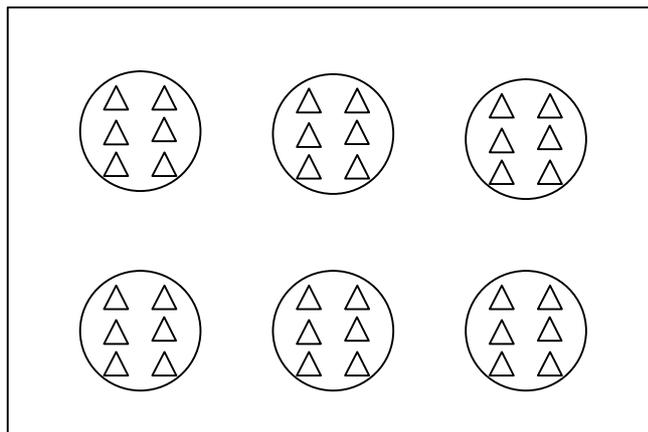


Figura 3 - Seis frações de goiaba distribuídas em cada um dos seis béqueres localizados em uma das três agitadoras-incubadoras utilizadas por dia de experimento

3.3.2. Secagem por convecção forçada

A segunda etapa do processo consistiu na secagem por convecção das amostras desidratadas osmoticamente, empregando para tanto um protótipo de secador do tipo gabinete com bandejas. Utilizou-se apenas um nível de temperatura e velocidade do ar de secagem, $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1,25\text{ m s}^{-1}$, respectivamente. Os testes eram interrompidos quando o teor de água do produto, determinado por gravimetria, atingia valores entre 18 e 20% b.u. A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem foram medidas com termo-higrômetro digital (Dwyer Instruments Inc Series 485) e a velocidade do ar de secagem foi medida por meio de um anemômetro de pás rotativas Airflow modelo AV6.

Ao final do processo, amostras destinadas às análises de ácido ascórbico foram acondicionadas em frascos de polietileno de 30 mL e armazenadas em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Com a intenção de se verificar o efeito da temperatura de armazenamento sobre a estabilidade do ácido ascórbico, outras duas amostras foram acondicionadas em sacos de polipropileno (12 x 20 cm), selados a vácuo e armazenados por 60 dias em câmaras B.O.D. a 7 e $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, visando simular a estocagem sob refrigeração e em temperatura ambiente, respectivamente. A Figura 4 resume as etapas de desidratação de goiabas por processo combinado de imersão-impregnação e secagem por convecção.

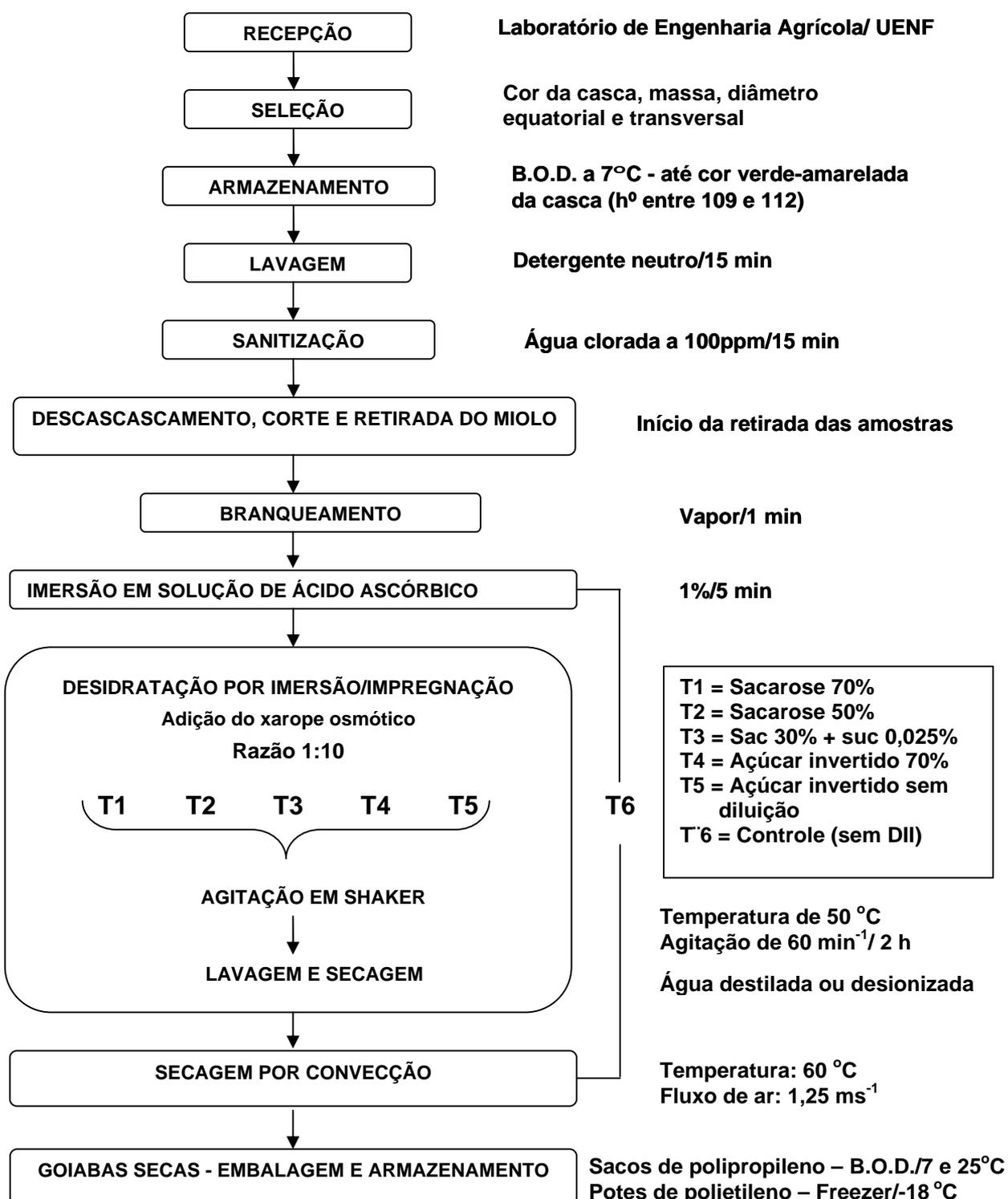


Figura 4 - Fluxograma do processo de obtenção de goiabas desidratadas pela combinação dos métodos de desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção

3.4. Cinética da desidratação osmótica

O preparo das amostras, o branqueamento e o processo de desidratação dos frutos para a avaliação da cinética de desidratação foram feitos nas condições descritas nos itens 3.1, 3.2 e 3.3, respectivamente.

3.4.1. Determinações da perda de água (w), do ganho de sólidos (d) e da redução da massa (m)

A determinação das variáveis perda de água (ω), ganho de sólidos (δ) e redução da massa (μ) das amostras foi feita utilizando-se três frutos (três repetições), cada qual dividido em 12 partes. A partir do início do processo, depois da imersão em solução de ácido ascórbico (conforme já descrito no item 3.2), as amostras provenientes de cada fruto foram colocadas em um béquer de 1.000 mL contendo as respectivas soluções osmóticas de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% ou açúcar invertido sem diluição, totalizando 12 frutos. Em seguida, os frascos contendo as amostras imersas nos xaropes osmóticos, foram colocados em incubadora-agitadora e amostras correspondentes a 1/12 de cada fruto foram retiradas nos tempos 5, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min para as medições do teor de água, dos sólidos solúveis e da massa das amostras. Os teores de água e sólidos solúveis foram determinados na mesma amostra e a determinação da redução da massa foi realizada em amostra diferente, porém, do mesmo fruto. Esta última, depois de pesada, era devolvida à solução osmótica original, dando continuidade ao processo.

Para determinação de ω , δ e μ , os teores de água e de sólidos totais das amostras foram determinados por método gravimétrico. As amostras foram trituradas, pesadas em balança analítica (SARTORIUS, modelo BL 210 S) e levadas à estufa à vácuo (TEC MAQ, modelo AP 500) a 70 °C por 6 h, sob pressão = 100 mmHg, de acordo com método da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC., 1990). Depois do resfriamento em dessecador, as amostras foram novamente pesadas e os teores de água e de sólidos totais foram calculados por diferença entre as massas do produto úmido e seco. Os cálculos

da perda de água, do ganho de sólidos e da redução de massa foram feitos de acordo com as Equações (1), (2) e (3), respectivamente, descritas no item 2.3.4.

3.5. Análises físicas, químicas e físico-químicas

Todas as análises físico-químicas foram feitas em duplicata, utilizando-se reagentes com grau de pureza P.A. Foram descartadas as extremidades dos pedaços conforme mostrado na Figura 5. As amostras foram homogeneizadas com microtritador de aço inox, com cabeçote do tipo dentado com hélice (TECNAL, modelo TURRATEC TE 102) e pesadas em balança analítica (SARTORIUS, modelo BL 210S). Os resultados foram expressos com base na massa de matéria seca.

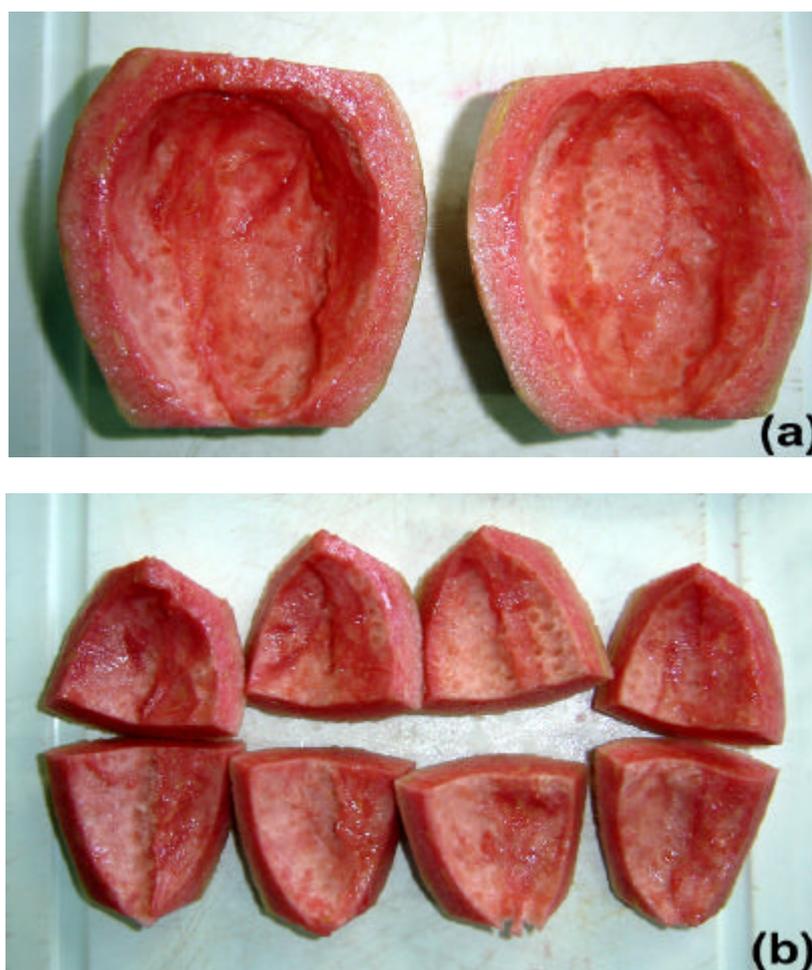


Figura 5 - Detalhes dos cortes da goiaba, para obtenção das amostras utilizadas nos testes experimentais. (a) corte longitudinal, com eliminação das extremidades; (b) amostras representando 1/8 do fruto inteiro.

3.5.1. Massa e dimensão dos frutos

Para determinação da massa inicial, os frutos foram pesados em balança de precisão (SARTORIUS BP 4100S). As medidas de diâmetro equatorial, longitudinal e espessura da polpa dos frutos foram feitas com paquímetro manual (Gongatti Netto et al., 1996).

3.5.2. pH

Cerca de 3 g da amostra fresca (ou 2 g de amostra seca) triturada foi diluída em 20 mL de água destilada e o pH da suspensão foi determinado diretamente em pHmetro DIGIMED, modelo DM 20.

3.5.3 Acidez total titulável (ATT)

De acordo com Chan e Kwok (1976), apud Azzollini (2002), a presença dos ácidos cítrico e málico são os principais responsáveis pela acidez em goiabas, sendo encontrados em menor quantidade, os ácidos galacturônico e fumárico. Neste trabalho, analisou-se os teores e as perdas de ácido cítrico dos pedaços de goiaba in natura e depois da desidratação por imersão-impregnação.

A acidez total titulável (ATT) foi determinada de acordo com método da AOAC (1990). As mesmas amostras preparadas para determinação do pH foram tituladas com solução de NaOH 0,1 N (padronizada com biftalato de potássio), utilizando-se solução de fenolftaleína 1% como indicador. Devido à coloração rósea da goiaba, o controle da titulação foi efetuado com auxílio de um pHmetro. O ponto de viragem corresponde a um valor de pH igual a 8,1. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{ácido cítrico (\%)} = \frac{V \times f \times N \times PE \times 100}{m} \quad (4)$$

Em que:

V = volume de NaOH gasto na titulação, mL

f = fator de correção

N = normalidade do NaOH

PE = peso equivalente-grama do ácido cítrico

m = massa da amostra, g

3.5.4. Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais (SST), expresso em ° Brix, foi determinado pelo método proposto pela AOAC (1990) nas amostras *in natura* e durante a DII nos tempos: zero (depois da imersão em solução de ácido ascórbico), 5, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min. Uma alíquota da amostra triturada foi colocada sobre o prisma de um refratômetro portátil (ATAGO, modelo HSR 500), procedendo-se à leitura direta do índice refratométrico indicado pelo aparelho. O teor de SST da solução osmótica foi igualmente determinado nos mesmos tempos a fim de se verificar eventuais variações na concentração da solução ao longo do processo.

3.5.5. Composição centesimal

Para análise da composição centesimal (base seca) foram utilizados quatro frutos por repetição. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante (Giraldo et al., 2003) e, em seguida, trituradas em moinho tipo Willey (MARCONI, modelo 340) contendo peneira de 20 mesh. As amostras moídas foram acondicionadas em frascos de polietileno de 30 mL e armazenados em temperatura ambiente até o momento de cada análise. Os resultados das análises foram corrigidos pelo teor de água obtido a 105 °C em estufa com circulação forçada de ar (Silva, 1990).

3.5.5.1. Teor de água

O teor de água foi determinado por método gravimétrico. Cerca de 5 g de amostra foram colocados em recipiente de alumínio e levados à estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante (pré-secagem). Depois do resfriamento em dessecador, as amostras foram pesadas em balança analítica (SARTORIUS, modelo BL 210 S) e o teor de água (ou o teor de sólidos totais) foi

calculado por diferença entre as massas do material úmido e seco. Em seguida, os recipientes retornaram à mesma estufa a 105 °C por 12 h (secagem definitiva) e, logo depois, foram novamente pesados em balança analítica tendo seu teor de água calculado por meio do percentual de água evaporada.

3.5.5.2. Proteínas

A concentração de proteínas foi obtida por determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (Silva, 1990). Neste método, por meio de digestão ácida em bloco digestor BUCHI, o nitrogênio da amostra foi transformado em amônio (NH_4^+), o qual foi posteriormente separado por destilação (destilador BUCHI modelo 323) e finalmente dosado por titulação com solução padrão de HCl 0,1N. O teor de proteína, dado em %, foi calculado a partir da fórmula:

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{V \times f \times N \times 14 \times 100}{m} \times 6,25 \quad (5)$$

Em que,

V = volume de ácido gasto na titulação

N = normalidade do ácido

f = fator de correção para a normalidade do ácido

m = massa da amostra, g

6,25 = fator de conversão da % de nitrogênio em % de proteína

3.5.5.3. Lipídios (extrato etéreo)

O teor de lipídios, ou extrato etéreo, foi obtido por método gravimétrico, baseado na perda de massa do material pesado em cartucho de Soxhlet e submetido à extração com éter de petróleo em extrator de Soxhlet (Silva, 1990). Os resultados foram expressos em % de gordura de acordo com a fórmula:

$$\text{Lipídios (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{m} \quad (6)$$

Em que,

A = massa do cartucho contendo a amostra com gordura, g

B = massa do cartucho contendo a amostra sem gordura, g

m = massa da amostra, g

3.5.5.4. Cinzas

Foram determinadas por método gravimétrico, considerando-se a perda de massa do material submetido à queima em mufla (QUIMIS) em temperatura = 525 °C, durante 4 h, de acordo com procedimento recomendado pela AOAC (1990). A perda de massa corresponde ao teor de matéria orgânica. A diferença entre a massa original da amostra e a massa da matéria orgânica fornece a quantidade de cinza presente no produto. Os resultados foram expressos em porcentagem de cinzas.

3.5.5.5. Fibras (FDN - Fibra Detergente Neutro)

As fibras insolúveis (celulose, lignina e hemicelulose) foram determinadas pelo método de Van Soest (Silva, 1990). As amostras foram tratadas com solução de detergente neutro em bloco digestor para determinação de fibra (MARCONI modelo MA 450) por 1 h à 100 °C para eliminar a porção solúvel. Os cadinhos contendo os resíduos da digestão foram colocados em estufa com circulação forçada de ar (MARCONI, modelo MA 035) a 105 °C por 12 h para secagem do material. Depois de esfriar em dessecador, os cadinhos foram pesados em balança analítica e o teor de fibra (FDN) calculado. Os resultados foram expressos em porcentagem de fibra.

3.5.5.6. Carboidratos

Foram quantificados pela diferença entre a massa do produto original (100%) e a massa dos componentes determinados nos itens anteriores (água, proteínas, lipídios, cinzas e fibras) (Carvalho et al., 2002).

3.5.6. Minerais

Para o preparo da solução mineral destinada à determinação da concentração dos minerais, a matéria orgânica das amostras foi oxidada via seca com incineração em mufla (QUIMIS) em temperatura = 525 °C, durante aproximadamente 4 h (até se obter cinza clara), segundo método da AOAC (1990). As cinzas obtidas foram dissolvidas em solução de HCl a 50% e levadas para banho de areia a 180 °C até completa evaporação do ácido. A operação foi repetida e depois do resfriamento do cadinho, o conteúdo foi dissolvido novamente em água desionizada até completar o volume para 20 mL.

Os teores de sódio e potássio foram analisados em fotômetro de chama (ANALYSER, modelo 910M), enquanto os teores de cálcio, ferro, magnésio, zinco e cobre, foram quantificados em espectrofotômetro de absorção atômica (ZEISS, modelo AA-S4).

Para as determinações de zinco e manganês, as leituras foram feitas diretamente na solução mineral. Para as análises do sódio e magnésio a solução mineral foi diluída novamente em água desionizada na proporção de 1:20 e para o potássio de 1:24. No caso do cálcio, a segunda diluição, na proporção de 1:20, foi realizada em solução de cloreto de estrôncio (SrCl_2) 4g dm^{-3} . Nesses procedimentos foram utilizadas pipetas automáticas com volumes máximos de 1 e 5 mL e dispensador de volume com capacidade para 25 mL.

Para a determinação das concentrações de minerais nas soluções contendo as amostras de frutas foram preparadas curvas de calibração a partir de soluções-padrão estoque com concentração 1 g.dm^{-3} .

Todo o material utilizado nas análises de minerais foi rigorosamente limpo, de modo a evitar contaminação por traços de minerais. O material foi higienizado com detergente neutro, enxaguado em água corrente, imerso em solução ácida de ácido clorídrico ($\text{pH} < 1$) por 1 h e enxaguado três vezes com água desionizada.

3.5.7. Ácido ascórbico

A concentração de ácido ascórbico foi determinada por titulometria, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (Pregnotatto e Pregnotatto, 1985). Cerca de 5 g de amostra *in natura* ou 2 g de amostra desidratada foi triturada em

volume conhecido de água destilada até completa homogeneização e em seguida filtrada em papel de filtro. Foram adicionadas, ao filtrado, soluções de iodeto de potássio a 10% (p/v) e solução de amido a 1% (p/v). Em seguida, a solução obtida foi titulada com solução de iodato de potássio 0,01 N com auxílio de bureta digital de 50 mL (BRAND) até coloração azul. O teor de ácido ascórbico foi calculado pela fórmula:

$$\text{Vitamina C (mg/100g)} = \frac{V \times F \times 100}{m} \quad (7)$$

Em que:

V = volume de iodato de potássio gasto na titulação, mL

F = 8,806 (fator de correção)

m = massa da amostra (g)

3.5.8. Cor (Parâmetros L, a, b e °h)

A determinação da cor foi realizada com colorímetro MINOLTA, modelo CR 300, em três pontos distintos da amostra e a média dos resultados foi expressa em ângulo de cor (°h), e por meio dos parâmetros de Hunter: L, a e b. O ângulo de cor (°h) é uma medida da tonalidade e é representado por valores entre 0 e 360°. Ângulos entre 0 e 90° são representados pelas cores vermelhas, laranjas e amarelas; de 90 a 180° são as amarelas, as amarelo-verdes e as verdes; de 180 a 270° são as verdes, as verde-azuladas e as azuis; de 270 a 360° são as azuis, as púrpuras, as magentas e novamente as vermelhas. Um valor °h de 360° é igual ao valor 0°. Na escala de Hunter, o índice L mede a luminosidade, que varia de 0 (zero), para amostras totalmente pretas, a 100 para amostras totalmente brancas. O índice a mede a variação da cor verde (sinal negativo) à vermelha (sinal positivo). O índice b mede a variação da cor azul (sinal negativo) à amarela (sinal positivo). Valores de a e b iguais a zero equivalem à cor cinza (Figura 6).

As leituras foram feitas nas mesmas amostras *in natura*, depois do branqueamento, da desidratação por imersão e impregnação e da secagem por convecção, bem como depois do armazenadas sob refrigeração a 7 °C em B.O.D a cada 30 dias durante três meses.



Figura 6 - Ilustração dos parâmetros de cor L, a e b na escala de Hunter. Fonte: HunterLab (2005).

3.6. Análise sensorial

3.6.1. Teste de aceitação

Este teste foi feito com o objetivo de determinar a aceitação do produto em relação ao aroma, à aparência geral, à textura e ao sabor. Foram oferecidas a 77 participantes, monadicamente, quatro amostras de goiaba secas pré-desidratadas em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição e uma amostra seca sem pré-tratamento osmótico, num total de cinco amostras. As amostras foram de tamanho relativo a 1/8 de goiaba, colocadas em copos plásticos descartáveis de 50 mL, casualizadas em códigos com três dígitos aleatórios (Pereira et al., 2003).

Para descrever o grau de aceitação do produto pelos participantes foi empregado o método da escala hedônica estruturada de nove pontos: 9 (gostei extremamente), 8 (gostei muito), 7 (gostei moderadamente), 6 (gostei ligeiramente), 5 (não gostei, nem desgostei), 4 (desgostei ligeiramente), 3 (desgostei moderadamente), 2 (desgostei muito), 1 (desgostei extremamente) (Silveira et al., 1996; Pereira et al., 2003). Um formulário apropriado foi utilizado para registro dos dados (Figura 7).

TESTE DE ACEITAÇÃO

NOME: _____ **SEXO:** _____

Você vai receber seis amostras de **goiaba desidratada**. Por favor, prove-as e marque na escala abaixo o quanto você gostou dos produtos.

Atributo	Avaliação	Amostras					
		021	345	786	438	527	902
Aroma	Gostei extremamente						
	Gostei muito						
	Gostei moderadamente						
	Gostei ligeiramente						
	Não gostei nem desgostei						
	Desgostei ligeiramente						
	Desgostei moderadamente						
	Desgostei muito						
Sabor	Desgostei extremamente						
	Gostei extremamente						
	Gostei muito						
	Gostei moderadamente						
	Gostei ligeiramente						
	Não gostei nem desgostei						
	Desgostei ligeiramente						
	Desgostei moderadamente						
Aparência	Desgostei muito						
	Desgostei extremamente						
	Gostei extremamente						
	Gostei muito						
	Gostei moderadamente						
	Gostei ligeiramente						
	Não gostei nem desgostei						
	Desgostei ligeiramente						
Textura	Desgostei moderadamente						
	Desgostei muito						
	Desgostei ligeiramente						
	Não gostei nem desgostei						
	Gostei ligeiramente						
	Gostei moderadamente						
	Gostei muito						
	Gostei extremamente						

Intenção de compra: Compraria () Não compraria ()

COMENTÁRIOS:

Figura 7 - Formulário modelo para avaliação sensorial.

3.6.2. Teste de intenção de compra

Este teste foi feito com os mesmos participantes e as mesmas amostras utilizadas no teste de aceitação descrito no item 3.6.1. Depois de experimentarem as amostras, estes assinalaram, no mesmo formulário (Figura 7), se comprariam ou não o produto oferecido.

3.7. Análises estatísticas

3.7.1. Cinética da DII e análises físico-químicas

Para as análises estatísticas dos dados obtidos nas determinações físico-químicas e na cinética da desidratação osmótica das amostras foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com arranjo fatorial (tratamentos de desidratação x períodos de amostragem). Foi utilizado um tratamento adicional (controle, sem pré-tratamento osmótico) para as análises dos teores de água, carboidratos, proteínas, lipídios, fibras, cinzas, vitamina C e parâmetros de cor (L, a e b). Para as análises da cinética da DII e do teor de sólidos solúveis foram utilizados três repetições e para as demais análises físico-químicas utilizou-se quatro repetições, sendo cada fruto correspondente a um bloco. Empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + a_i \beta_j + \gamma_k + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = Valor observado para a variável em estudo referente a k-ésima repetição da combinação do tratamento i com a etapa j;

μ = Média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

a_i = Efeito do i-ésimo nível do fator A no valor observado Y_{ijk} ;

β_j = Efeito do j-ésimo nível do fator B no valor observado Y_{ijk} ;

$a_i \beta_j$ = Efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

γ_k = Efeito do k-ésimo bloco no valor observado Y_{ijk} ;

e_{ijk} = Erro associado à observação Y_{ijk} .

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), depois da verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias dos tratamentos pelos testes de Liliefors e Bartlett, respectivamente. As interações significativas pelo teste “F” da ANOVA foram desdobradas e as médias dos tratamentos dentro de cada etapa ou período de amostragem foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ou analisadas por análise de regressão (perda de água, ganho de sólidos, perda de massa e teor de sólidos solúveis). Para melhor interpretação dos resultados, os tratamentos foram também avaliados por meio de contrastes ortogonais, por constituírem grupos de tratamentos, sendo as comparações feitas entre e dentro dos grupos. A significância dos contrastes foi testada pelo teste “F” a 1% e 5% de probabilidade ou por meio da diferença entre os coeficientes β_1 das equações de regressão (perda de água, ganho de sólidos, perda de massa e teor de sólidos solúveis). Os grupos de tratamentos contrastados foram os seguintes: com DII vs sem DII (C1), sacarose vs açúcar invertido (C2), açúcar invertido diluído a 70% vs açúcar invertido sem diluição (C3), sacarose a 70% vs sacarose a 50% (C4), sacarose a 70% vs sacarose a 30% + sucralose a 0,025% (C5).

3.7.2. Análise sensorial

No caso da análise sensorial, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 77 repetições (participantes do teste de aceitação) e cinco tratamentos, seguindo o modelo abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = Valor observado para a variável em estudo referente ao i-ésimo tratamento na j-ésima repetição;

μ = Média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

t_i = Efeito do tratamento i no valor observado Y_{ij} ;

e_{ijk} = Erro experimental.

Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAEG, versão 9.0, FUNARBE – Fundação Artur Bernardes, Universidade Federal de Viçosa – UFV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da fruta *in natura*

A caracterização das goiabas frescas (*in natura*) no estágio 3 de maturação (verde-amareladas), em base úmida, encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Características de goiabas cv Pedro Sato no estágio 3 de maturação

Característica	Média ± DP	Característica	Média ± DP
Teor de água (%)	86,7 ± 1,1	L	66,29 ± 2,48
Massa (g)	185,5 ± 37,3	a	10,90 ± 1,35
DL (cm)	7,9 ± 0,8	b	31,09 ± 0,82
DE (cm)	6,8 ± 1,0	°h	106,50 ± 3,14
DL/DE	1,2	C	49,13 ± 1,02
EP (cm)	0,83 ± 0,17	L	43,63 ± 7,03
SST (°Brix)	8,6 ± 1,3	a	23,82 ± 2,35
ATT (% ácido cítrico)	0,46 ± 0,05	b	12,84 ± 1,95
SST/ATT	18,7	°h	35,17 ± 4,24
pH	4,03 ± 0,23	C	33,56 ± 3,60

DL: diâmetro longitudinal; DE: diâmetro equatorial; EP: espessura da polpa; SST: sólidos solúveis totais; ATT: acidez total titulável. L, a, b: coordenadas de Hunter, °h: ângulo de cor (tonalidade); C: cromaticidade

O teor de água obtido encontra-se entre os teores apresentados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Lima et al., 2006) e aqueles obtidos por Pereira et al. (2003) em goiabas cv Paluma, que são de 85 e 87%, respectivamente. Azzolini et al. (2004), trabalhando com o mesmo cultivar de goiaba (Pedro Sato) e mesmo estágio de maturação, relataram valores semelhantes de massa (170 ± 10 g), cor da casca ($^{\circ}h$ entre 108 e 112) e cor da polpa ($C = 34,57$) e maiores para acidez total titulável (0,51% de ácido cítrico) e valores ligeiramente menores para sólidos solúveis totais (7,60 °Brix) contribuindo com menor relação SST/ATT (15,10). O teor de água desta variedade de goiaba não foi determinado por estes últimos autores. Os frutos utilizados no presente trabalho eram, portanto, mais doces e menos ácidos que os estudados pelos autores supracitados. A relação diâmetro longitudinal/diâmetro equatorial (DL/DE) foi maior que um (1,16), confirmando o formato oblongo dos frutos (Pereira, 1995).

4.2. Cinética da desidratação por imersão-impregnação

A perda de água (ω), o ganho de sólidos (δ) e a redução de massa (μ) dos pedaços de goiaba a partir de 0,08 h do processo de desidratação por imersão-impregnação nas soluções de sacarose 70% (T1), sacarose 50% (T2), sacarose 30% + sucralose 0,025% (T3) e açúcar invertido sem diluição (T5) são mostrados nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente. Mudanças na declividade (β_1) das curvas permitem distinguir duas fases distintas para o comportamento das variáveis ω , δ e μ em função do tempo (t). Na primeira (fase 1), a perda de água, o ganho de sólidos e a redução de massa foram muito rápidos e aconteceram nas primeiras 0,5 h do processo. Em seguida (fase 2), o fluxo de massas passou a decrescer gradualmente tendendo ao equilíbrio a partir de 1,5 h, com exceção do tratamento com açúcar invertido sem diluição, que continuou apresentando perda de água, porém em taxa menos acentuada.

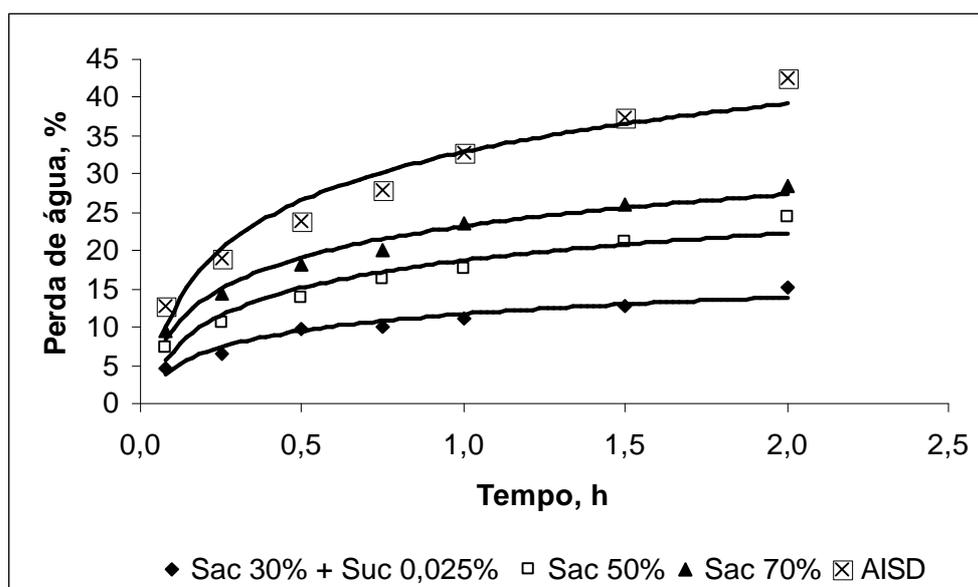


Figura 8 – Perda de água (ω) dos pedaços de goiaba em função do tempo de desidratação por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD).

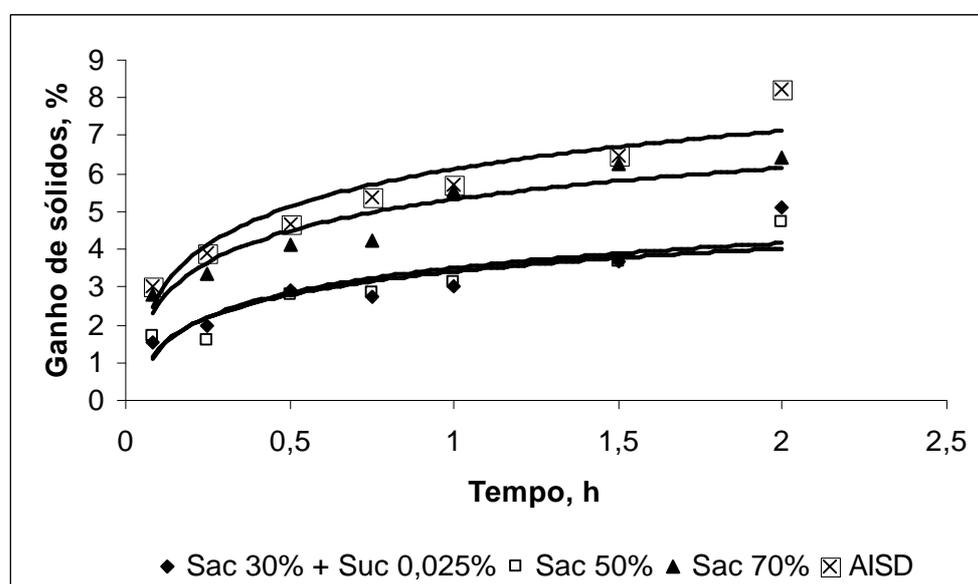


Figura 9 – Ganho de sólidos dos pedaços de goiaba em função do tempo de desidratação por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD).

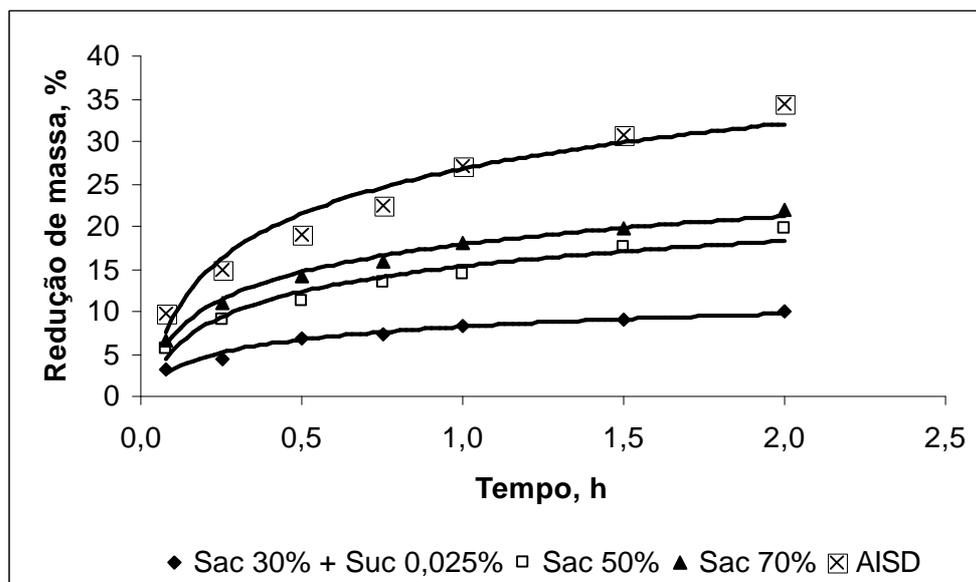


Figura 10 – Redução de massa (μ) dos pedaços de goiaba em função do tempo de desidratação por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD).

Estes resultados estão em conformidade com os relatados por Kowalska e Lenart (2001) na desidratação osmótica de maçã, abóbora e cenoura, em que as maiores taxas de perda de água e de ganho de sólidos também ocorreram durante os primeiros 30 min do processo. Park et al. (2002) relataram maior perda de água e ganho de sólidos em cubos de pêra D'anju até os 40 min de imersão em soluções osmóticas de 40, 55 e 70 °Brix, a partir do qual houve também redução nas taxas de redução de massa. Este último resultado pode ser devido ao formato das amostras (cubos) apresentarem menor área superficial de exposição levando ao decréscimo do fluxo de massa somente a partir dos 40 min. Entretanto, Cardoso Andrade et al. (2007) mostraram que o fluxo de massa entre pedaços de jenipapo e as soluções de sacarose a 30, 50 e 70% começou a reduzir consideravelmente depois das duas primeiras horas de DII atingindo o equilíbrio apenas às 12, 24 e 32 h de osmose, respectivamente. Os autores argumentaram que este tempo mais longo é devido, provavelmente, ao tipo de tecido desta fruta, mais permeável ao soluto osmótico.

As equações representando a variação dos parâmetros ω , δ e μ , entre 0,08 e 2 h foram obtidas por análise de regressão e testadas pelo teste F da

análise de variância. O melhor modelo de regressão foi escolhido pelo coeficiente de determinação (R^2) e pela significância dos coeficientes da regressão ($\hat{\beta}_1$) que foram testados pelo teste t (Student). As equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação para estas variáveis encontram-se nas Tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6 – Equações e coeficientes de determinação (R^2) para perda de água (ω , %) em função do tempo t (h), para pedaços de goiaba desidratados por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD)

Tratamento	Equação de regressão	R^2
T1 Sacarose 70%	$\hat{\omega} = 5,9779\text{Ln}(t)^{**} + 23,22$	0,98
T2 Sacarose 50%	$\hat{\omega} = 5,2710\text{Ln}(t)^{**} + 19,47$	0,94
T3 Sac 30% + Suc 0,025%	$\hat{\omega} = 3,11990\text{Ln}(t)^{**} + 11,72$	0,95
T5 AISD	$\hat{\omega} = 9,0442\text{Ln}(t)^{**} + 33,05$	0,95

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Tabela 7 – Equações e coeficientes de determinação (R^2) para ganho de sólidos (δ , %) em função do tempo t (h), para pedaços de goiaba desidratados por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD)

Tratamento	Equação de regressão	R^2
T1 Sacarose 70%	$\hat{\delta} = 1,2179\text{Ln}(t)^{**} + 5,32$	0,89
T2 Sacarose 50%	$\hat{\delta} = 0,8854\text{Ln}(t)^{**} + 3,27$	0,82
T3 Sac 30% + Suc 0,025%	$\hat{\delta} = 0,9821\text{Ln}(t)^{**} + 3,52$	0,80
T5 AISD	$\hat{\delta} = 1,5426\text{Ln}(t)^{**} + 6,01$	0,88

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Tabela 8 – Equações e coeficientes de determinação (R^2) para redução de massa (μ , %) em função do tempo t (h), para pedaços de goiaba desidratados por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD)

Tratamento	Equação de regressão	R^2
T1 Sacarose 70%	$\hat{\mu} = 4,7601\text{Ln}(t)^{**} + 17,90$	0,99
T2 Sacarose 50%	$\hat{\mu} = 4,3856\text{Ln}(t)^{**} + 16,19$	0,95
T3 Sac 30% + Suc 0,025%	$\hat{\mu} = 2,2169\text{Ln}(t)^{**} + 8,20$	0,98
T5 AISD	$\hat{\mu} = 7,7295\text{Ln}(t)^{**} + 26,82$	0,95

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Os coeficientes $\hat{\beta}_i$ das equações de regressão foram comparados entre si e testados aos níveis de 5% e de 1% de probabilidade pelo teste “t” (na Tabela 9). Observou-se que apenas a diferença entre os coeficientes $\hat{\beta}_i$ das equações referentes aos tratamentos com sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD) foram estatisticamente significativos pelo teste t para a variável perda de água (ω).

Tabela 9 – Diferenças entre os coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_i$) das equações de regressão para perda de água, aumento de sólidos e redução de massa de goiaba desidratada por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70% (T1), sacarose 50% (T2), sacarose 30% + sucralose 0,025% (T3) e açúcar invertido sem diluição (T5)

Tratamentos	Diferença entre os coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_i$)		
	ω	δ	μ
T1 e T2	0,3514	0,6188	0,0838
T1 e T3	1,3304	0,5059	0,5069
T1 e T5	-1,5284	-0,4733	-0,5935
T2 e T3	0,9789	-0,1130	0,4232
T2 e T5	-1,8798	-1,0921	-0,6773
T3 e T5	-2,8587**	-0,9792	-1,1005

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

4.2.1. Perda de água e ganho de sólidos

Em termos práticos, observou-se que amostras pré-tratadas em soluções mais concentradas de sacarose exibiram perda de água maior durante todo o tempo de osmose (Figura 8). Depois de 2 h de processamento verificou-se que a perda de água aumentou de 15,1 para 28,4% quando a concentração da solução de sacarose foi elevada de 30 para 70%. A solução de sacarose 50% proporcionou fluxo de água um pouco inferior à de sacarose 70%, culminando com 24,5% de perda no processo. Resultados semelhantes foram mostrados por Viberg et al. (1998) que, ao estudarem duas variedades de morango (Honeoye e Dania) pré-tratados osmoticamente, observaram que a perda de água aumentou com a elevação da concentração de açúcar de 20 até 85% de sacarose. Park et al. (2002) também relataram, em cubos de pêra D'anju desidratados com solução de sacarose entre 40 e 70 °Brix, que a perda de água aumentou com o aumento da concentração do xarope. Estes últimos autores encontraram valores de perda de água de cerca de 30 a 40%, maiores que os encontrados no presente trabalho em 2h de desidratação. Esse resultado deve-se, provavelmente, às diferenças nos tecidos dos diversos tipos de frutas.

Entre os três níveis de sacarose estudados a solução a 70% proporcionou maior ganho de sólidos (6,4%) que as demais (Figura 9). No entanto, os xaropes com sacarose 30% + sucralose 0,025% e sacarose 50% mostraram comportamento muito semelhante, resultando em ganho de 5,1 e 4,7%, respectivamente. Sendo assim, conclui-se que no tratamento com sacarose 50% a perda de água e o ganho de sólidos foram análogos aos tratamentos com sacarose 70% e sacarose 30% + sucralose 0,025%, respectivamente. No trabalho de Khoiyi e Hesari (2006) com desidratação osmótica de fatias de damascos com 10 mm de espessura, semelhanças foram observadas na perda de água em solução de sacarose 60 e 70% e no ganho de sólidos em soluções de sacarose 50 e 60%, em 6 h de processamento.

Da mesma forma, Souza Neto et al. (2005) relataram, na desidratação osmótica de cubos de mangas, a 65 °C, que até 4 h de processamento em houve maior ganho de sólidos pelas amostras tratadas em solução de

sacarose a 65 °Brix (cerca de 10%) e aquelas desidratadas em soluções a 45 e 55 °Brix apresentaram valores bem próximos (9%). A partir deste tempo e até o final do processamento (5 h), os pedaços de manga imersos em xarope a 55 °Brix passaram a ganhar mais sólidos igualando-se aos desidratados em maior concentração de sacarose (10%) distanciando daqueles submetidos à solução de 45 °Brix.

Contrariando os autores supracitados, Giraldo et al. (2003) relataram que na desidratação osmótica de cilindros de manga, a 30 °C, tratados com sacarose a 45 °Brix, o ganho de sólidos e a perda de água foram maiores que naqueles desidratados em solução de sacarose a 65 °Brix. Os resultados contraditórios entre os experimentos com manga são devidos, possivelmente, às diferenças tanto na temperatura de processamento (65 vs 30 °C) quanto na geometria das amostras (cubos vs cilindros) utilizadas pelos respectivos autores. O efeito da temperatura pode ser bem evidenciado no trabalho de Khoyi e Hesari (2006) com desidratação osmótica de fatias de damascos. Foi observado que para uma mesma concentração de solução (sacarose a 60 ou a 70%), houve um aumento significativo na perda de água ao se elevar a temperatura de 30 para 60 °C. Neste mesmo experimento, no tratamento com sacarose 70%, verificou-se maior ganho de sólidos nas amostras desidratadas a 60 °C que naquelas tratadas a 30 °C até 4 h de desidratação. A partir deste tempo houve aumento no ganho de sólidos dos cilindros de manga desidratados a 30 °C chegando, no final do processo, a valores bem semelhantes aos desidratados a 60 °C. Portanto, o ganho de sólidos superior apresentado pelas amostras de manga desidratadas em solução de sacarose a 65 °Brix no experimento de Souza Neto et al. (2005), em comparação àquelas desidratadas em mesma concentração de sacarose no trabalho de Giraldo et al. (2003), deve-se à menor temperatura utilizada pelos primeiros autores (30 °C) em relação aos últimos (65 °C).

Giraldo et al. (2003) explicaram que o choque osmótico causado por soluções muito concentradas levou à rápida perda de água pelas células externas e a um conseqüente colapso na estrutura das mesmas. Estas células formaram uma camada rígida ao redor dos pedaços de fruta funcionando como barreira protetora contra a entrada de sólidos par o interior das amostras. Isto pode ser considerado uma vantagem por permitir a manutenção

das características do produto mais próximas daquelas do fruto fresco, com menor incorporação de açúcar (Lazarides, 1994).

Cardoso Andrade et al (2007) também demonstraram na desidratação osmótica de pedaços de jenipapo a 30, 50 e 70% de sacarose, que embora as concentrações mais altas de açúcar favoreçam a perda de água, elas promovem simultaneamente maior ganho de sólidos.

No caso das amostras pré-desidratadas em solução de açúcar invertido (AISD), verificou-se maior perda de água (42,5%) e ganho de sólidos (8,2%) que nos tratamentos com sacarose (Figuras 8 e 9), contrariando em parte relatos da literatura que afirmam ser o fenômeno da impregnação de açúcar favorecido por moléculas de baixo peso molecular, enquanto o efeito da desidratação é diretamente proporcional ao tamanho das moléculas (Torreggiani, 1993; Raoult- Wack, 1994 e Lazarides et al., 1995).

O observado neste trabalho se deve, possivelmente, ao maior efeito osmótico exercido pelo açúcar invertido usado sem diluição em relação aos demais, proporcionando maior fluxo de massa da fruta para o meio. Além disso, o açúcar invertido, por conter moléculas menores (glicose e frutose) comparado à sacarose, penetra mais nos tecidos da fruta e forma uma camada menos concentrada de açúcar na periferia das mesmas, com menor chance de cristalização, permitindo, assim, maior saída de água (Riva et al., 2005). Bolin et al. (1983), ao fazerem um estudo histológico de fatias de maçã submetidas à DII com xarope de frutose (HFCS) e de sacarose, mostraram que com o decorrer do tempo a frutose passou a ser mais absorvida que a sacarose e, depois de 5 h, as fatias imersas no xarope de frutose tinham absorvido 70% a mais de sólidos que aquelas em solução de sacarose. Segundo Chandrasekaran e King (1972), apud Bolin et al. (1983), a frutose apresenta coeficiente de difusão 32% maior que o da sacarose.

Karathanos et al. (1995) obtiveram resultados similares na desidratação osmótica de maçãs em soluções de sacarose e glicose a 15, 30 e 45%, em que as amostras desidratadas em glicose apresentaram maior ganho de sólidos que aquelas desidratadas em sacarose. Segundo estes autores, a glicose exerce maior efeito osmótico que a sacarose devido à sua menor massa molecular (praticamente a metade), sendo assim, existe praticamente o dobro de moléculas de glicose que de sacarose na solução.

4.2.2. Redução de massa

A redução de massa, durante a desidratação por imersão-impregnação, corresponde à diferença entre a perda de água e o ganho de sólidos (solutos osmóticos). Como já descrito, a utilização de solução de sacarose 70% como meio osmótico proporcionou perda de água ligeiramente maior que a solução de sacarose 50% (Figura 8). No entanto, a solução mais concentrada de sacarose levou também ao maior ganho de sólidos (Figura 9), culminando com redução de massa muito próxima (22%) ao do tratamento com sacarose 50%, que foi de 20% (Figura 10). As amostras submetidas à solução de sacarose 30% + sucralose 0,025% apresentaram perda de água muito menor que as demais, implicando em redução de massa inferior a 10%. Souza Neto et al. (2005) relataram que cubos de manga desidratados em xaropes de sacarose a 45, 55 e 65 °Brix, apresentaram redução de massa superior, com valores de cerca de 18, 24 e 28%, respectivamente. Este fato, possivelmente seja devido à maior temperatura de DII (65 °C) utilizada por estes autores em comparação àquela utilizada no presente trabalho (50 °C).

Para evitar grandes alterações no perfil sensorial e nutricional do produto, a eficiência do processo de desidratação osmótica pode ser avaliada pela ocorrência de maior perda de água e menor ganho de sólidos (Lazarides, 1994; Khoji e Hesari, 2006). Deste modo, o tratamento com solução de sacarose 50% apresentou melhor desempenho, pois mostrou-se semelhante àquela com sacarose 70% no que diz respeito à perda de água (Figura 8) e similar ao de sacarose 30% + sucralose 0,025% em relação ao ganho de sólidos (Figura 9), culminando, assim, com redução de massa também similar à sacarose 70% (Figura 10). Além disto, a solução de sacarose 50%, em relação à mais concentrada, proporcionaria além de economia significativa de matéria-prima e do custo de produção, menor impacto sobre os resíduos a serem tratados.

No final da DII, a solução osmótica de AISD, apesar de ter promovido maior ganho de sólidos, levou também a perda de água superior a dos demais tratamentos (Figuras 8 e 9) possibilitando redução de massa de 34,3%, valor maior que os obtidos nas demais condições de processo. Ponting et al. (1966) mostraram que as taxas de perda de massa em fatias de maçãs desidratadas

em açúcar invertido e em sacarose foram semelhantes. No entanto, estes autores argumentam que, teoricamente, na mesma concentração, o primeiro deveria ser mais efetivo que o segundo, porque, quando completamente invertido, ele tem duas vezes mais moléculas por unidade de volume que a solução de sacarose. Da mesma forma, El-Aquar et al. (2006) relataram redução de massa 20% maior em amostras de mamão desidratadas em xarope de milho diluído entre 44 a 56% que nas tratadas em soluções de sacarose com mesma concentração, em processamento a 46 °C por 210 min.

4.3. Teor de Sólidos solúveis (°Brix)

4.3.1. Nos pedaços de goiaba

O teor de sólidos solúveis (°Brix) nos pedaços de goiaba desidratados por imersão-impregnação nas soluções de sacarose 70% (T1), sacarose 50% (T2), sacarose 30% + sucralose 0,025% (T3) e açúcar invertido sem diluição (T5), exibiram aumento linear significativo com o tempo de desidratação (Figura 11). As equações e os coeficientes de regressão (R^2) obtidos na análise de regressão são mostrados na Tabela 10.

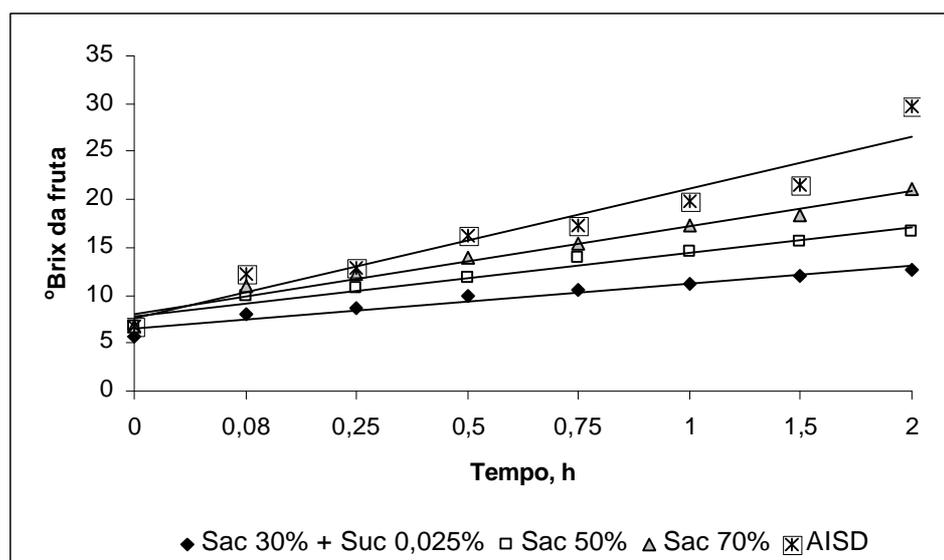


Figura 11 - Variação do teor de sólidos solúveis (°Brix) de goiaba em função do tempo de desidratação por imersão-impregnação em soluções de sacarose 70% (Sac 70%), sacarose 50% (Sac 50%), sacarose 30% + sucralose 0,025% (Sac 30% + suc 0,025%) e açúcar invertido sem diluição (AISD).

Tabela 10 –Equações e coeficientes de regressão (R^2) para o teor de sólidos solúveis (°Brix) estimado, em goiaba, em função do tempo t (h) de DII em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sac 30% + suc 0,025% e açúcar invertido sem diluição (AISD)

Tratamento	Equação de regressão	R^2
T1 Sacarose 70%	$^{\circ}\text{Brix} = 1,8274^{***}t + 6,3$	0,97
T2 Sacarose 50%	$^{\circ}\text{Brix} = 1,3302^{***}t + 6,5$	0,96
T3 Sac 30% + Suc 0,025%	$^{\circ}\text{Brix} = 0,9206^{***}t + 5,7$	0,96
T5 AISD	$^{\circ}\text{Brix} = 2,7183^{***}t + 4,8$	0,93

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

No entanto, por meio da diferença entre os coeficientes de regressão $\hat{\beta}_1$ (Tabela 11) verifica-se que entre os tratamentos, apenas os pedaços de goiaba desidratados em açúcar invertido (T5) foram estatisticamente diferentes daqueles desidratados em sacarose 50% (T2) e em sacarose 30% + sucralose 0,025% (T3). As amostras submetidas aos tratamentos T5, T1, T2 e T3 apresentaram aumento dos sólidos solúveis de cerca de 6 °Brix (*in natura*) para 29,7, 21,0, 16,6 e 12,7 °Brix, respectivamente, após desidratação osmótica (Figura 11).

Tabela 11 – Diferenças entre os coeficientes de regressão (β_1) das equações de regressão para aumento de sólidos solúveis em goiaba desidratada em soluções de sacarose 70% (T1), sacarose 50% (T2), sacarose 30% + sucralose 0,025% (T3) e açúcar invertido sem diluição (T5)

Tratamentos	Diferença entre os coeficientes de regressão (β_1)
T1 e T2	0,92 ^{ns}
T1 e T3	1,68 ^{ns}
T1 e T5	1,65 ^{ns}
T2 e T3	0,76 ^{ns}
T2 e T5	2,57*
T3 e T5	3,33**

* e **: significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Resultados apresentados por Valera et al. (2005) também mostraram que o aumento da concentração da solução osmótica foi estatisticamente significativo para o aumento dos sólidos solúveis em mangas, e que, em relação ao valor inicial (15,5 °Brix) os valores duplicaram, triplicaram e alcançaram 48 °Brix nos tratamentos com xarope de glicose a 50, 60 e 70 °Brix, respectivamente.

4.3.2. Nas soluções osmóticas

A Figura 12 mostra que não houve diferença significativa nos teores de sólidos solúveis totais das soluções osmóticas durante as duas horas de DII. As soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição, variaram, respectivamente, de 40,7 a 39,8; de 35,0 a 32,3; de 27,2 a 26,0 e de 67,2 a 62,2 °Brix do início ao final do processo.

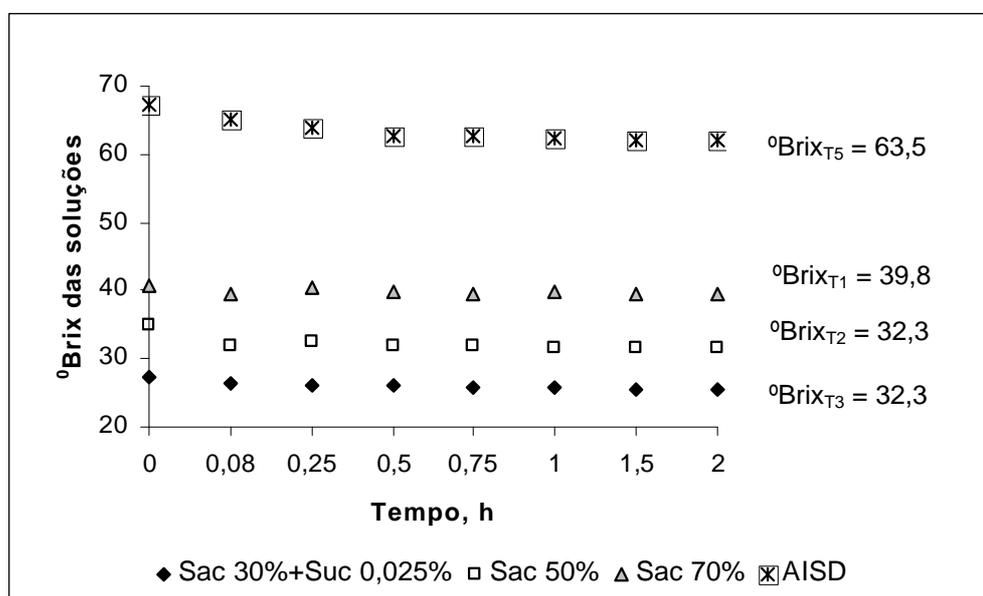


Figura 12 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) das soluções osmóticas de sacarose 70% (T1), sacarose 50% (T2), sacarose 30% sucralose 0,025% e açúcar invertido sem diluição (T5), ao longo da desidratação por imersão-impregnanção (DII).

Segundo Lima et al. (2004), os fluxos de massa que ocorrem durante a DII propiciam uma variação da concentração das soluções com redução dos gradientes de concentração entre fruta e xarope ao longo do processamento. A razão fruta:xarope de 1:10 utilizada na DII, neste trabalho, foi capaz de manter a concentração da solução praticamente inalterada durante o processo.

4.4 Acidez e pH

A acidez total titulável (ATT), expressa como porcentagem de ácido cítrico (% b.s.) e o pH das amostras de goiaba in natura e depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), da desidratação por imersão-impregnação (DII) e da secagem por convecção (SC) são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Acidez total titulável (% de ácido cítrico, b.s.) e pH de goiaba in natura (IN) e depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), da desidratação por imersão-impregnação (DII) e da secagem por convecção (SC).

Tratamento	Etapa	Sac 70% ¹	Sac 50% ²	Sac 30% + suc 0,025% ³	AI 70% ⁴	AISD ⁵
Teor de água (%)		85,8	84	87,7	87,6	87,5
Ácido cítrico (%)	IN	2,89 a	3,63 a	3,13 a	3,14 a	3,60 a
	IAA	3,06 a	3,87 a	3,18 a	3,51 a	3,49 a
	DII	1,50 b	2,01 b	2,49 ab	1,98 b	1,63 b
	SC	0,95 b	1,30 b	1,69 b	1,84 b	1,04 b
pH	IN	4,27 a	3,79 a	4,27 ab	4,04 a	3,95 a
	IAA	4,20 a	3,79 a	4,13 b	3,96 a	3,78 a
	DII	4,13 a	3,73 a	4,32 ab	4,03 a	3,99 a
	SC	4,06 a	3,97 a	4,40 a	4,03 a	3,95 a

¹sacarose 70%, ²sacarose 50%, ³sacarose 30% + sucralose 0,025%, ⁴açúcar invertido 70%,

⁵Açúcar invertido sem diluição. Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foram observadas variações no teor de ácido cítrico da fruta *in natura* no intervalo de 2,89 a 3,63 % que, convertidos para b.u., correspondem ao intervalo de 0,38 a 0,58%. Azzolini (2002) encontrou teor intermediário a estes (0,47%) nesta mesma variedade de goiaba e citou variações ainda maiores, entre 0,24 a 1,79% de ácido cítrico (b.u.), em trabalho de Gehardt et al. (1997).

Na DII houve redução significativa do teor de ácido cítrico em praticamente todos os tratamentos, com exceção das amostras desidratadas em solução de sacarose 30% + sucralose 0,025%. Vários autores já haviam relatado a ocorrência do fluxo de ácidos orgânicos da fruta para a solução osmótica, levando à redução na acidez e conseqüente melhoria na qualidade do produto final em casos de frutas muito ácidas, mas não naquelas com menor acidez (Ponting et al., 1966; Bolin et al., 1983; Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996). Forni et al. (1997) também relataram decréscimo no teor de ácido cítrico depois da DII de cubos de damascos em soluções de maltose, sorbitol e sacarose, a 65%.

Observa-se ainda, na Tabela 12, que não foram verificadas alterações significativas no pH ao longo de todas as etapas do processamento, em todos os tratamentos. Este resultado está em conformidade com aquele relatado por Forni et al. (1997), no entanto, segundo esses autores, a adição de água para triturar a amostra pode originar valores incorretos de pH devido às mudanças nas propriedades químicas dos solutos e na potencialidade do H⁺. Pragati et al. (2003) descreveram que em amostras secas do fruto *aonla* (*Emblica officinalis* Garten) pré-tratados por osmose, a acidez foi mais baixa (5,33%) que naquelas submetidas à secagem solar indireta (6,24%), direta (5,98%) ou em estufa (6,08%).

As perdas percentuais de ácido cítrico depois da etapa de imersão em ácido ascórbico até o final da desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII) são mostradas na Figura 13. Notou-se maior retenção de ácido cítrico durante a DII nas amostras tratadas em solução osmótica com menor concentração de açúcar (21,3% de perdas). Tendo a vista a elevada solubilidade do ácido cítrico em água (1330 g L⁻¹), possivelmente, a solução de sacarose 30% + sucralose 0,025% tenha provocado menor grau de lixiviação deste ácido devido ao menor fluxo de água também observado neste mesmo tratamento

conforme já discutido no ítem 4.2. Os demais tratamentos não diferiram entre si, nesta etapa, apresentando perda média de 49% para os tratamentos.

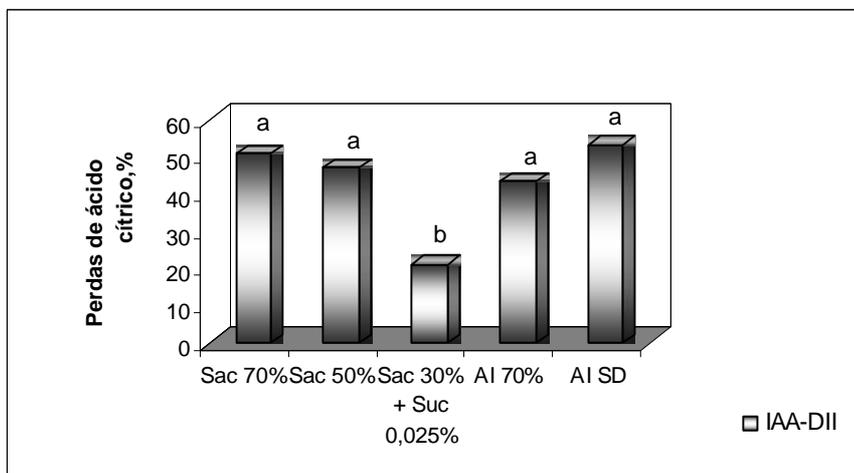


Figura 13 - Perda de ácido cítrico (%) de goiaba desidratada por imersão-impregnação. Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos.

Estes resultados são similares aos detectados por Maestrelli et al. (2001) em esferas de melão, em que foi observada redução da acidez titulável de 19,17 e 21,14 para 11,84 e 11,07 meq 100 g^{-1} (38,24 e 47,63%) nas amostras desidratadas em solução de sacarose a 60% e para 12,63 e 11,86 meq 100 g^{-1} (34,11 e 48,41%) nas amostras secas apenas em secador com circulação de ar, nos cultivares Rony e Mirado, respectivamente. Peiró et al. (2006) também observaram perdas de ácido cítrico entre 18 a 32% e de 30 a 44% em operações sucessivas de desidratção osmótica de *grapefruit* (toranja) e de abacaxi, respectivamente, em soluções de sacarose a 55 °Brix.

No entanto, observa-se, por meio do contraste C1, mostrado na Tabela 13, que a sacarose proporcionou maior retenção de ácido cítrico que o açúcar invertido. Nos contrastes C2 e C4 percebeu-se que tanto a solução mais concentrada de açúcar invertido (AISD) quanto de sacarose (70%) provocaram maiores perdas que as soluções menos concentradas destes açúcares (açúcar invertido 70% e sac 30% + suc 0,025%). Na secagem por convecção não houve diferença significativa entre os dois tipos de solutos utilizados, porém, ficou evidenciada diferença entre os níveis de açúcar invertido e entre

os tratamentos com sacarose 70% e sacarose 30%, com maior retenção nos tratamentos menos concentrados.

Tabela 13 – Contrastes entre as médias das perdas de ácido cítrico na DII

Contraste	Estimativa do contraste
C1 $y = 2(m_1 + m_2 + m_3) - 3(m_4 + m_5)$	-51,2077**
C2 $y = m_5 - m_4$	9,8019*
C3 $y = m_1 - m_2$	3,9111 ^{ns}
C4 $y = m_1 - m_3$	29,822**

* e **: significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

4.5. Composição centesimal

As médias dos teores de água (b.u.), carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e cinzas (b.s.) da fruta *in natura*, e depois da desidratação por imersão-impregnação e da secagem por convecção forçada de ar (exceto teores de água) são apresentados na Tabela 14. As amostras *in natura*, depois da conversão para base úmida, apresentaram teores de proteínas (0,41 a 0,63 g 100 g⁻¹), de lipídios (0,41 a 0,59 g 100 g⁻¹) e de cinzas (0,61 a 0,89 g 100 g⁻¹), compatíveis com os dados da literatura em variedades não citadas pelos autores (Franco, 2001; Lima et al., 2006). Quanto aos teores de fibras e carboidratos, os valores correspondentes foram, respectivamente, de 2,26 a 4,35 e de 7,39 a 8,65 g 100 g⁻¹ de polpa, valores inferiores aos apresentados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Lima et al., 2006) que são de 6,2 g 100g⁻¹ para fibras e 13 g 100 g⁻¹ para carboidratos. Estas diferenças devem-se, possivelmente, ao fato de ao valor de carboidrato da Tabela está adicionado o de fibra total; no presente trabalho, as análises de fibras foram realizadas pelo método FDN (Fibra Detergente Neutro), o que não contabiliza a pectina, por ser esta uma fração solúvel. Análises feitas por Gorinstein et al. (1999) detectaram teores de fibra total entre 5,14 a 6,04 g 100 g⁻¹ na goiaba fresca, dentre os quais, 2,39 a 3,01 g 100 g⁻¹ eram de fibra solúvel.

Tabela 14 - Teores de água (b.u.), carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e cinzas (b.s.) de goiaba *in natura* (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), desidratação por imersão-impregnação (DII) e secagem por convecção (SC)

COMPONENTE (%)	ETAPA	TRATAMENTO											
		Sac 70% ¹		Sac 50% ²		Sac 30%+ Suc 0,025% ³		AI 70% ⁴		AISD ⁵		Controle (s/ DII) ⁶	
Água	IN	85,99	A	87,23	A	86,64	A	85,55	A	88,16	A	87,74	A
	IN	55,55	bB	61,00	bAB	64,75	bA	60,52	bAB	64,31	bA	60,25	aAB
Carboidratos	IAA	53,17	bB	60,35	bA	64,14	bA	62,15	bA	64,66	bA	60,78	aA
	DII	71,76	aB	77,57	aA	75,37	aAB	72,02	aB	76,58	aAB	-	-
	SC	72,49	aB	78,22	aA	76,82	aAB	72,16	aB	75,59	aAB	62,47	aC
	Ganho após DII (%)	16,21	A	16,55	A	10,62	A	11,50	A	12,26	A	-	-
Proteínas	IN	4,23	aAB	3,22	aC	3,12	aC	4,36	aA	3,50	aBC	4,10	aAB
	IAA	4,28	aA	3,34	aB	3,12	aB	4,24	aA	3,59	aAB	4,15	aA
	DII	2,85	bAB	2,22	bB	2,19	bB	3,08	bA	2,40	bAB	-	-
	SC	2,81	bBC	2,30	bBC	2,16	bC	2,91	bB	2,45	bBC	4,15	aA
Redução após DII (%)	1,38	A	1,00	A	0,93	A	1,29	A	1,10	A	-	-	
Lipídios	IN	3,76	aB	3,19	aB	3,35	aB	3,74	aB	4,98	aA	3,93	aB
	IAA	3,66	abB	2,98	aB	3,39	aB	3,76	aB	4,78	abA	3,78	aB
	DII	3,00	abB	2,43	aB	2,42	bB	2,81	bB	4,22	abA	-	-
	SC	2,85	bB	2,33	aB	2,42	bB	2,61	bB	4,09	bA	3,85	aA
Redução após DII (%)	0,76	A	0,76	A	0,93	A	0,92	A	0,40	A	-	-	
Fibras	IN	30,86	aA	28,83	aAB	24,68	aBCD	28,67	aABC	22,03	aD	24,47	aCD
	IAA	31,58	aA	28,98	aAB	25,45	aBCD	27,97	aABC	22,45	aD	24,60	aCD
	DII	20,13	bA	15,34	bBC	17,53	bABC	18,84	bAB	13,58	bC	-	-
	SC	19,61	bAB	14,60	bD	16,41	bBCD	18,83	bBC	15,05	bCD	23,77	aA
Redução após DII (%)	10,73	AB	13,49	A	7,16	B	9,83	AB	8,45	AB	-	-	
Cinzas	IN	5,60	aAB	5,11	aB	5,09	aB	4,61	aB	5,16	aB	7,24	aA
	IAA	4,79	aB	4,35	aB	3,90	abB	3,87	abB	4,52	abB	6,68	aA
	DII	2,29	bA	2,45	bA	2,49	bcA	3,26	abA	3,22	bcA	-	-
	SC	2,18	bB	2,32	bB	2,19	cB	2,88	bB	2,80	cB	6,81	aA
Redução após DII (%)	2,5	A	2,67	A	2,60	A	1,35	A	1,95	A	-	-	

¹sacarose 70%; ²sacarose 50%; ³sacarose 30%; + sucralose 0,025%; ⁴açúcar invertido; 70% ⁵Açúcar invertido sem diluição; ⁶sem DII. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação aos teores de carboidratos no final do processo, todos os tratamentos foram considerados estatisticamente iguais, proporcionando um ganho entre 10,62 a 16,55% (Tabela 14). Esta elevação nos percentuais de carboidratos das amostras é confirmada pelo aumento dos sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) das mesmas e é devido à impregnação dos açúcares das soluções osmóticas. A utilização de sucralose como único soluto osmótico é inviável devido ao seu alto custo e por ser 600 vezes mais doce que a sacarose. Sendo assim, este edulcorante foi adicionado à sacarose 30%, na concentração de 0,025%, com o objetivo de se reduzir o valor energético final das amostras e obter um produto *light*, com cerca de 30% menos calorias que aquele desidratado em solução de sacarose a 50%. Conforme se observou na Tabela 14, as amostras desidratadas com sac 30% + suc 0,025% e sacarose 50% apresentaram no final da desidratação osmótica um aumento de 16,55 e 10,62%, respectivamente, nos teores de carboidrato. Estes valores indicam que o edulcorante utilizado foi capaz de reduzir em 35% o ganho final de açúcares do produto em relação à sac 50%, alcançando, portanto, o objetivo proposto. A menor elevação nos sólidos solúveis em $^{\circ}$ Brix (item 4.3.1) no tratamento com sac 30% em relação àquele com sac 50% confirma este fato. A desidratação osmótica de goiabas com o emprego de outros edulcorantes menos calóricos e com menor poder adoçante, como o sorbitol e o xilitol, poderiam ser também futuramente testados.

Para melhor ilustrar as modificações na composição de carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e cinzas das amostras de goiaba em todos os tratamentos do início ao final do processamento os resultados foram também expressos por meio das Figuras 14, 15, 16, 17 e 18, respectivamente. A impregnação de solutos nas amostras propiciou a redução percentual dos demais constituintes da fruta (Figuras 14, 15, 16, 17 e 18), uma vez que os carboidratos foram calculados por meio da diferença dos demais componentes. Em todos os tratamentos, os lipídios, proteínas e cinzas apresentaram redução semelhante. O mesmo não foi verificado no caso das fibras, em que o tratamento com sac 30% + suc 0,025% proporcionou menor perda percentual deste nutriente (7,16%). Conforme já discutido, esta diferença não pôde ser atribuída à perda de pectina na DII, já que neste trabalho a pectina não foi analisada e está computada juntamente com os

teores de carboidratos. Serão necessários trabalhos complementares a este na tentativa de elucidar tais fatos.

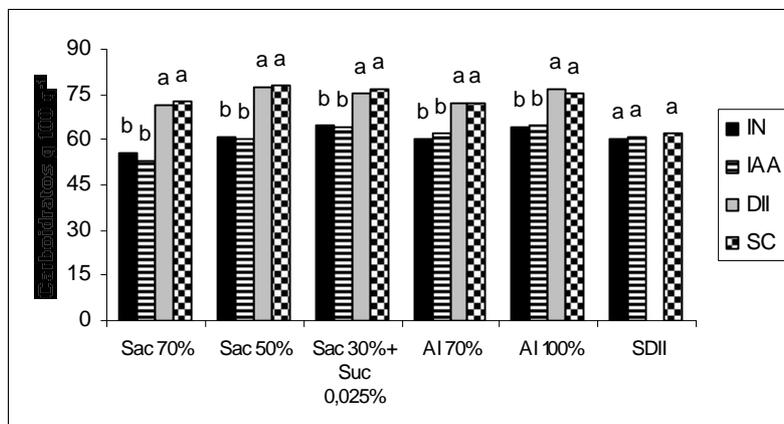


Figura 14 – Teor de carboidratos (b.s.) em goiabas *in natura* (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), depois da desidratação por imersão-impregnação (DII) e depois secagem por convecção (SC). Médias seguidas pela mesma letra, nas etapas dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

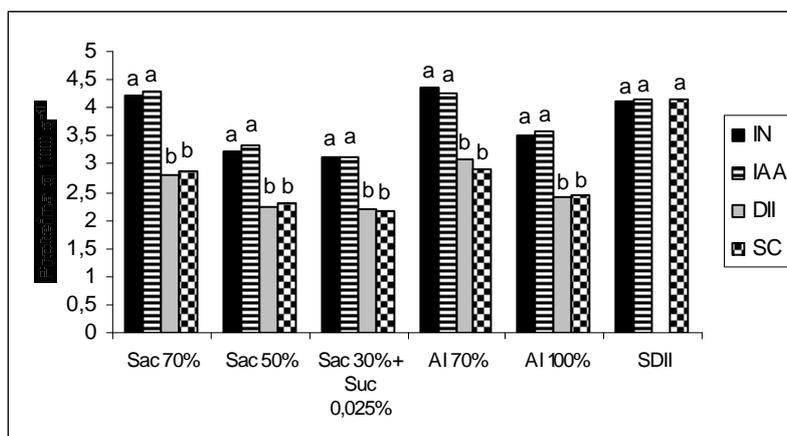


Figura 15 – Teor de proteínas (b.s.) em goiabas *in natura* (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), depois da desidratação por imersão-impregnação (DII) e depois da secagem por convecção (SC). Médias seguidas pela mesma letra, nas etapas dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

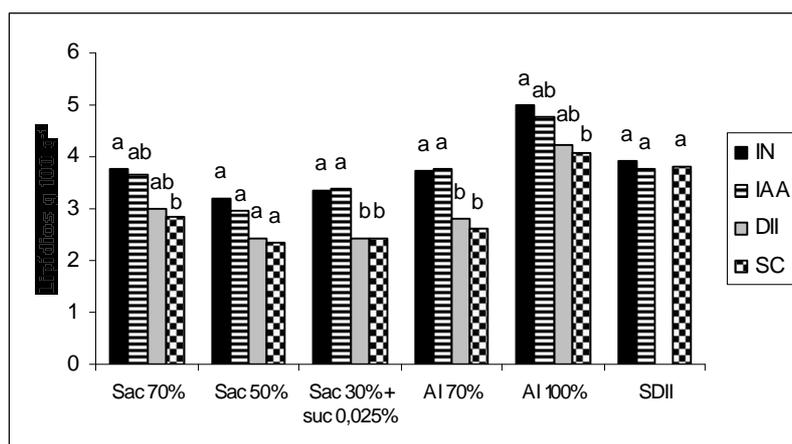


Figura 16 – Teor de lipídios (b.s.) em goiabas *in natura* (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), depois da desidratação por imersão-impregnação (DII) e depois da secagem por convecção (SC). Médias seguidas pela mesma letra, nas etapas dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

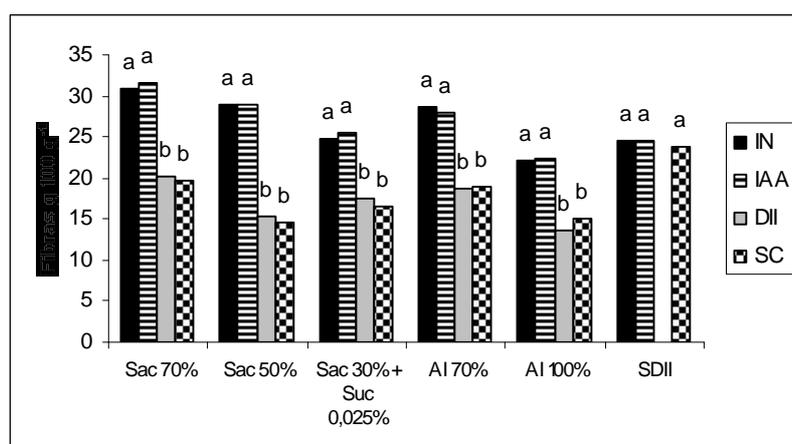


Figura 17 – Teor de fibras (b.s.) em goiabas *in natura* (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), depois da desidratação por imersão-impregnação (DII) e depois da secagem por convecção (SC). Médias seguidas pela mesma letra, nas etapas dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

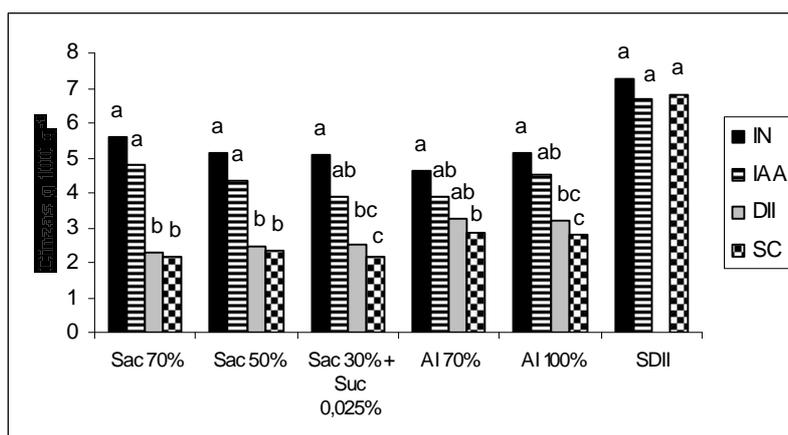


Figura 18 – Teor de cinzas (b.s.) em goiabas *in natura* (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), depois da desidratação por imersão-impregnação (DII) e depois da secagem por convecção (SC). Médias seguidas pela mesma letra, nas etapas dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No processo de desidratação osmótica de jenipapo, Andrade et al. (2003) observaram redução de 0,72; 1,55 e 1,03% em base úmida para 0,5; 0,3 e 0,3%, nos teores de proteínas, lipídios e cinzas, respectivamente, antes (81,53% de umidade) e depois da DII (20,89% de umidade). Estes autores não fizeram alusão aos teores de fibras e de carboidratos totais das amostras. Peiró-Mena et al. (2006) quantificaram os teores de ácido galacturônico, que relaciona-se com o teor de pectina, antes e depois da desidratação osmótica de abacaxi em solução de sacarose a 55 °Brix e concluíram que há perdas de cerca de 21% deste tipo de fibra durante o processo. No entanto, o método para determinação de fibras utilizado no presente experimento não detecta os teores de pectina das amostras, não nos permitindo atribuir o menor percentual de fibras em alguns tratamentos ao fato anteriormente relatado. Estudos complementares a este, deverão ser realizados na tentativa de verificar se na desidratação osmótica de goiaba há também perda de pectina.

4.6. Teores de minerais

Os teores de minerais ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ em base seca) de goiabas *in natura* (IN), depois da imersão em ácido ascórbico (IAA), depois da desidratação por

imersão-impregnação (DII) em solução de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025%, açúcar invertido 70% (AI 70%) e açúcar invertido sem diluição (AISD) são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Teores de Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn (mg 100 g⁻¹) em goiaba in natura (IN), depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA) e depois da desidratação por imersão-impregnação (DII)

MINERAL/ ETAPA	TRATAMENTO										
	Sac 70% ¹		Sac 50% ²		Sac 30% + Suc 0,025% ³		AI 70% ⁴		AISD ⁵		
Na	IN	197,69	aA	183,30	aA	223,41	aA	204,14	aA	233,14	aA
	IAA	158,41	aA	150,44	aA	173,85	aA	170,53	aA	180,48	bA
	DII	58,65	bA	53,27	bA	87,88	bA	99,26	bA	92,69	cA
K	IN	2184,72	aA	2144,80	aA	2186,20	aA	2174,00	aA	2149,40	aA
	IAA	1798,29	bA	1750,90	bA	1834,30	aA	1863,60	aA	1944,50	aA
	DII	989,64	cB	1217,75	cAB	1459,05	bA	1031,63	bAB	1205,40	bAB
Ca	IN	80,17	aB	105,50	aA	115,29	aA	107,42	aA	97,75	aAB
	IAA	65,45	aB	86,98	aAB	92,41	bA	85,72	bAB	83,30	aAB
	DII	37,84	bA	46,68	bA	55,58	cA	45,10	cA	48,58	bA
Mg	IN	63,80	aB	78,26	aAB	93,69	aA	86,10	aA	85,29	aA
	IAA	55,21	aB	62,99	aAB	77,30	aA	70,49	aAB	67,60	bAB
	DII	32,36	bA	40,69	bA	50,95	bA	36,08	bA	35,72	cA
Zn	IN	0,87	aB	1,23	aAB	1,31	aAB	1,35	aA	1,16	aAB
	IAA	0,76	aA	0,99	aA	1,04	a bA	1,04	aA	0,94	aA
	DII	0,56	aA	0,51	bA	0,70	bA	0,56	bA	0,53	bA
Mn	N	1,33	aA	1,40	aA	1,58	aA	1,12	aA	1,07	aA
	IAA	1,18	a bA	1,12	a bA	1,33	a bA	1,00	aA	0,87	abA
	DII	0,69	bA	0,66	bA	0,97	bA	0,44	bA	0,47	bA

¹sacarose 70%; ²sacarose 50%; ³sacarose 30% + sucralose 0,025%; ⁴açúcar invertido 70%; ⁵Açúcar invertido sem diluição; ⁶sem DII. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de K, Ca, Mg e Zn obtidos para a goiaba fresca, depois da conversão para b.u. (87% umidade) apresentaram, respectivamente, 279 a 284; 10,4 a 15,0; 8,29 a 12,18 e 0,11 a 0,17 mg 100 g⁻¹ e mostraram-se

semelhantes aos dados apresentados por Queiroz et al. (2006), a saber: 176 a 280; 3,9 a 10,8; 7,3 a 11,4 e 0,16 a 0,24 mg 100 g⁻¹. Os teores de Mn (0,14-0,2 mg 100 g⁻¹) não foram analisados pelo autor supracitado, mas, encontra-se próximo (0,1 mg 100 g⁻¹) ao valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Lima, 2006). Já os teores de Na detectados neste trabalho contrariam os mostrados por Queiroz et al. (2006) e pela referida tabela, mas foram similares (22 mg 100 g⁻¹) aos encontrados por Araújo et al. (1997).

Como pôde ser observado, houve grande variabilidade nos teores de minerais das amostras. Segundo Sanchez-Castillo et al. (1998) e Hardisson et al. (2001) muitos fatores podem afetar as concentrações de mineral das plantas, como: variedade, estado de maturação, tipo e condição do solo, fertilização, irrigação e clima. As goiabas analisadas, apesar de provenientes da mesma região, foram obtidas de propriedades diferentes, podendo haver variações tanto na composição do solo quanto nas doses de fertilizantes aplicadas.

Verificou-se redução significativa dos teores de todos os minerais do tempo inicial (IN) até o final da DII, exceto no caso do Zn no tratamento com sacarose 70% (Tabela 15). Na etapa de imersão em solução de ácido ascórbico (IAA) foram observadas perdas de cerca de 20, 15, 18, 18, 19 e 15% para o Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, respectivamente. Ao passo que, na etapa de DII, o percentual de perdas foi muito mais expressivo, na maioria dos casos. Este fato pode ser devido à solubilidade dos minerais em água, permitindo a lixiviação dos mesmos, dos tecidos da fruta para a solução hipertônica.

Para normalizar as diferenças nos teores iniciais e depois da imersão em ácido ascórbico e tornar possível a comparação entre os distintos tratamentos utilizados, foi realizada uma análise das perdas dos minerais em termos percentuais na etapa que vai da imersão em ácido ascórbico (IAA) até a desidratação por imersão-impregnação (DII). Os tratamentos foram posteriormente comparados por meio de contrastes ortogonais entre as médias e testados pelo teste "F". As figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24, apresentam, respectivamente, as reduções percentuais nos teores de Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, na desidratação por imersão-impregnação (DII), em solução

de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025%, açúcar invertido sem diluição e diluído a 70%.

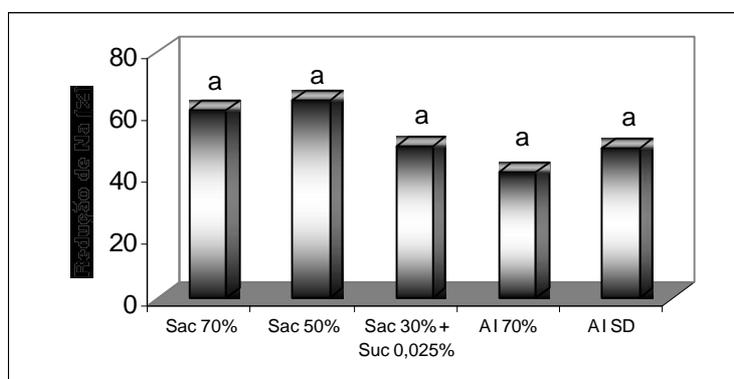


Figura 19 – Redução percentual de Na em goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Todos os tratamentos foram considerados estatisticamente iguais na etapa de DII com perdas percentuais de sódio entre 40 e 60% (Figura 19). O contraste C1 (Tabela 16) revelou que durante a DII a sacarose foi menos eficiente na retenção de sódio que o açúcar invertido, enquanto os contrastes C2, C3 e C4 mostraram não haver diferença significativa entre as duas concentrações de açúcar invertido e entre as soluções de sac 70% com sac 50% ou com sac 30% + suc 0,025%, respectivamente.

Tabela 16 – Contrastes entre as médias dos tratamentos sacarose 70% (m_1), sacarose 50% (m_2), sacarose 30% + sucralose 0,025% (m_3), açúcar invertido 70% (m_4) e açúcar invertido sem diluição (m_5), para as perdas percentuais de minerais em goiaba, na DII

Contraste	Estimativa do contraste					
	Na	K	Ca	Mg	Zn	Mn
C1 $y = 2(m_1+m_2+m_3) - 3(m_4+m_5)$	81,38**	-51,51**	-11,15 ^{ns}	-62,89**	-67,49**	-84,95**
C2 $y = m_5 - m_4$	7,86 ^{ns}	-4,41 ^{ns}	-5,25 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-1,21 ^{ns}	-8,83 ^{ns}
C3 $y = m_1 - m_2$	-3,28 ^{ns}	14,93**	-3,67 ^{ns}	6,53 ^{ns}	-21,32**	2,33 ^{ns}
C4 $y = m_1 - m_3$	11,55 ^{ns}	24,82**	2,99 ^{ns}	7,38 ^{ns}	-6,72 ^{ns}	16,49*

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

O tratamento com sac 30% + suc 0,025% foi o mais eficiente na retenção de potássio apresentando apenas 20% de perdas, enquanto aqueles com sac 70%, AI 70% e AISD mostraram redução de cerca de 40% deste mineral (Figura 20).

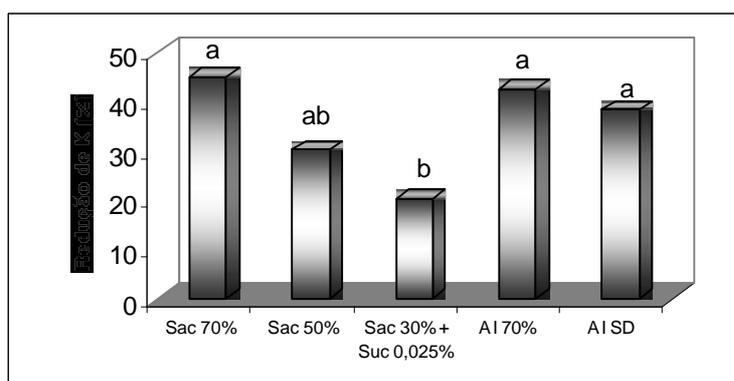


Figura 20 – Redução percentual de K em goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao contrário do que ocorreu com o sódio, no contraste C1 (Tabela 16) observou-se que durante a DII, a sacarose proporcionou maior retenção de potássio que o açúcar invertido. No entanto, no que diz respeito às diferentes concentrações de sacarose, a diluição a 70% proporcionou maiores perdas de K que aquelas a 50% (C3) e a 30% (C4), possivelmente por facilitar a saída de água das amostras carreando maior quantidade de solutos da fruta para o meio. No caso do açúcar invertido, não foi verificada diferença significativa entre as duas concentrações utilizadas (C2).

Tanto para o Ca quanto para o Mg (Figuras 21 e 22) não foram verificadas, na DII, diferenças significativas entre os tratamentos, os quais exibiram percentuais de perdas também semelhantes para estes dois minerais, entre 39,8 a 47,5% e 34,6 a 47,9%, para o Ca e o Mg, respectivamente. O mesmo pôde ser observado por meio dos contrastes C1, C2, C3 e C4, para o caso do cálcio e C2, C3 e C4 para o caso do Mg, em que todas as médias dos tratamentos contrastados foram consideradas estatisticamente iguais (Tabela 16). Entretanto, o contraste C1 revelou que a

sacarose proporcionou maior percentual de retenção de Mg que o açúcar invertido.

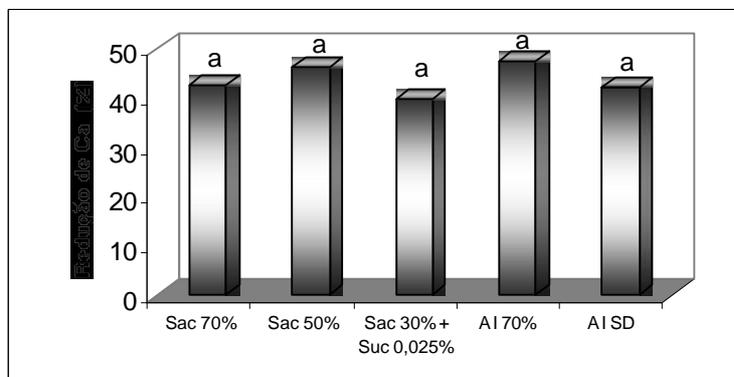


Figura 21 – Redução percentual de Ca em goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

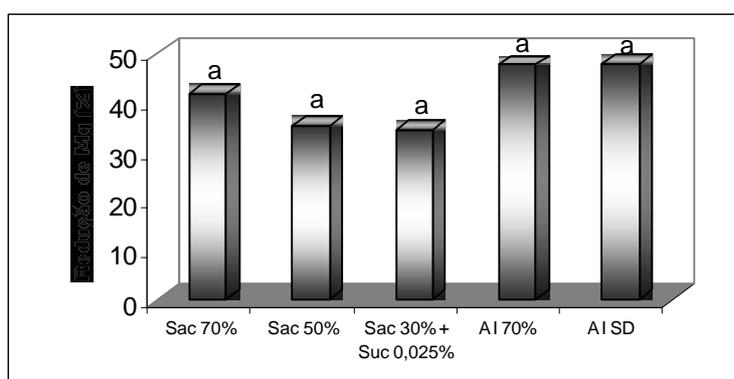


Figura 22 – Redução percentual de Mg em goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No caso do zinco (Figura 23), durante a DII, os maiores fluxos deste mineral para a solução osmótica ocorreram nos tratamentos com sac 50%, AI 70% e AISD (47,2% em média) e o menor fluxo foi verificado no procedimento com sac 70% (26,4%). Conforme mostrou o contraste C1, o açúcar invertido proporcionou menor retenção de Zn que a sacarose, semelhante ao que ocorreu com os minerais Mg e K (Tabela 16). No entanto de acordo com o

contraste C4, houve diferença significativa entre as concentrações de sacarose a 70 e 50%, em que a última concentração provocou maior perda deste mineral.

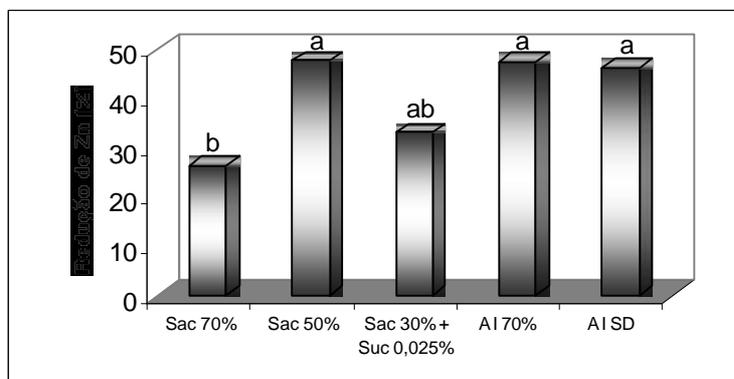


Figura 23 – Redução percentual de Zn em goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Semelhante ao que aconteceu com o potássio, nos tratamentos em que foi utilizado açúcar invertido diluído a 70% e sem diluição e os com sacarose a 70 e a 50% verificou-se maior redução de Mn na DII, com valores de 54,8; 46,0; 42,5 e 40,2%, respectivamente (Figura 24). A solução de sac 30% + suc 0,025% levou à menor perda deste mineral (26,05%).

Mais uma vez, o contraste C1 (Tabela 16) revelou que a sacarose foi capaz de manter os teores de manganês em níveis mais elevados no final da DII que o açúcar invertido, assim como no caso do K, Mg e Zn. Por meio do C4 verificou-se que as concentrações de sac 70% e 30% proporcionaram perdas significativamente diferentes nas amostras de goiaba. A solução mais concentrada, possivelmente levou a maior lixiviação deste mineral, análogo ao que foi notado com o K.

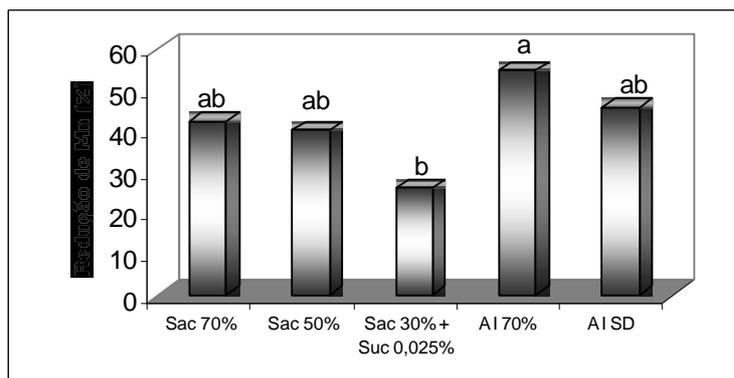


Figura 24 – Redução percentual de Mn em goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verifica-se, portanto, que durante a DII, o açúcar invertido, tanto sem diluição quanto diluído a 70%, foi menos eficiente na manutenção dos níveis dos minerais analisados, com exceção do Na. Isto pode ser devido ao maior percentual de desidratação causado por este tipo de açúcar na DII levando à maior lixiviação dos mesmos para a solução osmótica.

Quanto às concentrações de sacarose, a diluição a 70% provocou maior redução nos teores de K e Mg que a 30% e maior redução no teor de K e menor de Zn que a diluição a 50%. Nota-se, assim, que os minerais estudados apresentaram comportamentos distintos face aos diferentes solutos e concentrações das soluções osmóticas empregados no processo de desidratação por imersão-impregnação. Porém, em todos os casos, há redução significativa dos teores destes elementos durante o processo.

Os resultados obtidos das perdas percentuais dos minerais Na (40,9 a 64,4%), K (20,4 a 45,2%), Ca (39,8 a 47,5%) e Mg (34,6 a 47,9%), encontram-se dentro da faixa de valores apresentados por Peiró et al. (2006) e Peiró-Mena et al. (2006) depois do processo de desidratação osmótica de *grapefruit* e de abacaxi, respectivamente, em solução reciclada de sacarose a 55 °Brix por 3 h a 30 °C. Para *grapefruit*, as perdas apresentadas foram de 23 a 51% de Na, 48 a 68% de K, 23 a 68% de Ca e 19 a 35% de Mg. Entretanto, os percentuais de redução nas amostras de abacaxi foram ainda maiores que nas amostras de *grapefruit* no caso do sódio (53 a 70%) e do cálcio (28% a 82%), e semelhantes no caso do potássio (23 a 60%) e do magnésio (11 a 42%).

Estes autores analisaram, ainda, os teores de minerais das soluções osmóticas e observaram que os mesmos eram recuperados nos xaropes desidratantes, comprovando, assim, o fluxo destes nutrientes da fruta para o meio. Nota-se, que as variações dos resultados nos trabalhos supracitados foram ainda maiores que as verificadas no presente trabalho. Rodriguez (1993) e Bogнар (1998), apud Krešić et al. (2004), também descreveram perdas de minerais entre 25 a 50% no processo de cristalização de frutas. Para o Zn e o Mn não foram encontrados na literatura relatos quanto ao grau de perdas provocadas pela DII.

O elevado percentual de perdas de minerais observado na desidratação por imersão-impregnação apresenta um efeito negativo para indivíduos saudáveis. Paralelamente, pacientes portadores de insuficiência renal aguda ou crônica (IRA ou IRC), por exemplo, necessitam ingerir alimentação restrita nos minerais sódio, potássio e fósforo (Mahan e Escott-Stump, 2002). Como as frutas, de um modo geral, são ricas em potássio, os portadores de IRA ou IRC possuem poucas opções no mercado com baixos teores deste elemento, como o abacaxi, a melancia e a maçã (Queiroz et al., 2006). Uma vez que as frutas secas por métodos convencionais de secagem possuem elevado teor de potássio (Franco, 2001), a oferta de uma maior variedade de frutas pré-desidratadas por osmose poderia melhorar sensivelmente a qualidade da alimentação de tais pacientes.

4.7. Teor de vitamina C

Os teores de vitamina C (ácido ascórbico) das amostras de goiabas *in natura* e depois do branqueamento (BR), desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC) e 60 dias de armazenamento sob refrigeração a 7 e 25 °C são apresentados na Tabela 17. A concentração média de ácido ascórbico das amostras frescas depois da correção para b.u., foi de 49,1 mg 100 g⁻¹ de polpa, estando de acordo com Azzolini et al. (2004), que, também trabalhando com a variedade de goiabas Pedro Sato, encontraram teor médio de 48,8 100 g⁻¹ de polpa.

Tabela 17 – Teor de vitamina C (mg/100 g) em goiaba in natura (IN) e depois do branqueamento (BR), desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC) e 60 dias de armazenamento a 7 e 25 °C

ETAPA	TRATAMENTO											
	Sac 70% ¹		Sac 50% ²		Sac 30% + Suc 0,025% ³		AI 70% ⁴		AISD ⁵		S/ DII ⁶	
IN	324,18	a	400,32	a	468,67	a	293,57	a	506,72	a	596,19	a
BR	287,34	a	389,14	a	388,57	ab	266,35	a	472,50	a	528,50	a
DII	274,25	a	324,02	a	326,33	b	240,34	ab	334,64	b	-	
SC	175,40	b	183,99	b	172,81	c	176,15	bc	150,44	c	164,90	b
7 °C	108,53	bc	100,39	bc	128,91	c	95,02	cd	81,50	c	132,70	b
25 °C	74,18	c	85,81	c	87,26	c	64,74	d	63,86	c	88,31	b

¹sacarose 70%; ²sacarose 50%; ³sacarose 30% + sucralose 0,025%; ⁴açúcar invertido 70%; ⁵Açúcar invertido sem diluição; ⁶sem DII. Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verificou-se redução dos teores de vitamina C (mg/100 g) durante o processamento e armazenamento em todos os tratamentos. No branqueamento percebeu-se diminuição desta vitamina, porém, não significativa. Dermesonlouoglou et al. (2007) relataram perdas de 26% de ácido ascórbico no branqueamento de tomates por imersão em água a 80 °C por 80 s.

Diferentemente do que foi observado em relação ao ácido cítrico (Tabela 12), a etapa de DII, no presente trabalho, foi capaz de reter grande parte do ácido ascórbico da fruta, com perdas estatisticamente significativas apenas no tratamento contendo açúcar invertido sem diluição (AISD) (Tabela 17). Os ácidos cítrico e ascórbico possuem valores de densidade muito próximos (cerca de 1,66 g cm⁻³) e massas molares semelhantes, ou seja, 192,13 e 176,13 g/mol, respectivamente, diferenciando-se apenas em um átomo de oxigênio. No entanto, a solubilidade em água do ácido cítrico (1330 g L⁻¹) é cerca de quatro vezes superior à do ácido ascórbico (330 g L⁻¹), o que, possivelmente, proporcionou maior lixiviação do mesmo da fruta para as soluções osmóticas. Erle e Schubert (2001), também mostraram retenção de aproximadamente 100% de vitamina C em maçãs e perdas não superiores a 10% em morangos desidratados em solução de sacarose a 60% por 25 h.

Na etapa seguinte, de secagem por convecção (SC), ao contrário, houve redução significativa dos níveis desta vitamina em praticamente todos os tratamentos, exceto, no caso do açúcar invertido 70%. Este resultado também está em conformidade com os dos autores supracitados, os quais observaram perdas de cerca de 60% de vitamina C após secagem das amostras de maçãs e de morangos à vácuo em microondas.

Os resultados da análise de variância revelaram que o armazenamento a 7 °C por 60 dias proporcionou maior retenção de vitamina C que o armazenamento a 25 °C nos tratamentos com sacarose 70%, sacarose 50% e açúcar invertido 70%, confirmando que a temperatura exerce uma grande influência na degradação do ácido ascórbico, conforme descreve Vikram et al. (2005). Marcy et al. (1989) observaram perda da ordem de 40% nos teores desta vitamina, depois de seis meses de armazenamento a 4 e 6 °C, em bebidas à base de laranjas embaladas assepticamente. Quando estocadas a 22 ou 30 °C, a perda foi superior a 75%. Nos tratamentos com sacarose 30% + sucralose 0,025%, AISD e controle (SDII) não houve diferença significativa entre as três últimas etapas do processo.

As variações nos teores de vitamina C da fruta in natura (Tabela 17) devem-se possivelmente às variações nos níveis de nutrientes no solo e adubação, no estágio de maturação dos frutos e na localização dos mesmos na goiabeira, levando à diferenças na incidência de luz solar. Frutos mais expostos ao sol apresentam maior concentração desta vitamina e a adição de potássio e manganês aumenta os teores de ácido ascórbico, enquanto a de nitrogênio e boro diminui (Hobson e Davies, 1971, apud Molica, 1999).

Com a finalidade de normalizar esta grande variação, os tratamentos foram, a partir do branqueamento, comparados entre si pelos percentuais de redução no teor desta vitamina depois da DII, da secagem por convecção e no armazenamento por 60 dias a 7 e 25 °C (Figura 25). Os valores foram comparados depois do branqueamento, já que os tratamentos só foram aplicados depois desta etapa.

Constatou-se que a DII com açúcar invertido sem diluição (AISD) proporcionou menor retenção de vitamina C (29% de perdas) que as soluções de sacarose (4,6% de perdas) e açúcar invertido a 70% (9,4% de perdas). Esse fato pode ser devido à formação de uma camada de sacarose na

superfície das amostras, evitando a entrada de O₂ para o interior das células e a conseqüente oxidação do ácido ascórbico à ácido 2,3 dioxi L-gulônico, conforme argumenta Torreggiani e Bertolo (2001b). O açúcar invertido sem diluição, devido ao maior efeito osmótico, provocou maior fluxo de água do fruto para a solução hipertônica (Figura 8), carreando, provavelmente, mais solutos hidrossolúveis como a vitamina C, ao contrário do que foi verificado em relação ao açúcar invertido 70%.

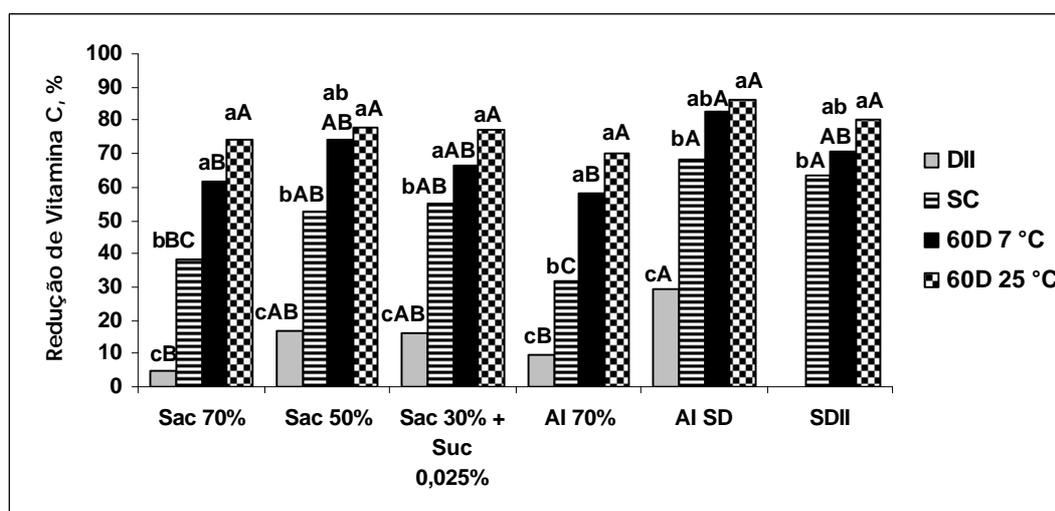


Figura 25 – Redução de vitamina C (%) em goiaba a partir do branqueamento, depois da desidratação por imersão-impregnação (DII), depois da secagem por convecção (SC) e depois de 60 dias de armazenamento a 7 e 25 °C. Diferentes letras indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos na mesma etapa (letras maiúsculas) e entre diferentes etapas para o mesmo tratamento (letras minúsculas).

Peiró et al. (2006), em estudo de reciclagem da solução osmótica de sacarose a 55 °Brix na desidratação osmótica de “grapefruit”, observaram perdas de ácido ascórbico entre 6 e 12%, valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

O contraste C₂ (Tabela 18), entre as médias dos tratamentos, mostrou não haver diferença significativa entre os solutos sacarose e açúcar invertido na DII, no que se refere a perda de vitamina C. Por outro lado, o C₃ revelou que o açúcar invertido sem diluição leva a maior perda de vitamina C que o

70% diluído, conforme já discutido no parágrafo anterior. Chandrasekaran e King (1972), apud Bolin et al. (1983), comparando as características de difusão da sacarose e da frutose, determinaram que a frutose apresenta coeficiente de difusão 32% maior que o da sacarose. Já, entre os níveis de diluição das soluções de sacarose, o C₄ mostrou que a sacarose diluída a 70% leva à maior preservação da vitamina C que a diluição a 50%. O mesmo não é verdadeiro em relação à diluição deste soluto a 30% (C₅), que proporcionou menores perdas desta vitamina que a solução a 70%.

Tabela 18 – Contrastes entre as médias dos tratamentos sacarose 70% (m₁), sacarose 50% (m₂), sacarose 30% + sucralose 0,025% (m₃), açúcar invertido 70% (m₄), açúcar invertido sem diluição (m₅) e grupo controle (sem DII) (m₆), para as perdas percentuais de vitamina C em goiaba, na desidratação por imersão-impregnação (DII), na secagem por convecção (SC), e depois de 60 dias de armazenamento a 7 e a 25 °C

Contraste	Estimativa do contraste			
	DII	SC	7 °C	25 °C
C1 $y = 5m_6 - (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5)$	-	69,5928**	10,5404 ^{ns}	16,2459 ^{ns}
C2 $y = \frac{2}{3}(m_1 + m_2 + m_3) - (m_4 + m_5)$	-40,6344 ^{ns}	-6,8846 ^{ns}	-16,8853 ^{ns}	-10,3408 ^{ns}
C3 $y = m_5 - m_4$	19,8684**	36,2918**	24,5509**	16,5182**
C4 $y = m_1 - m_2$	-12,2102*	-14,3729*	-12,3265*	-3,8529 ^{ns}
C5 $y = m_1 - m_3$	-11,5798 ^{ns}	-16,7367**	-4,5117 ^{ns}	-3,0817 ^{ns}

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Ficou evidenciado que a secagem por convecção (SC) levou a perdas significativas de vitamina C, entre 32 a 68%, em todos os tratamentos aplicados (Figura 25), possivelmente, devido ao aumento da temperatura de 50 para 60 °C e ao maior tempo de exposição das amostras ao ar quente do secador (8 a 9 h). No entanto, estes valores foram menores que os apresentados por Forni et al. (1997) que, depois da secagem em secador com circulação de ar a 65 °C, observaram, em amostras de damascos pré-desidratados em soluções de sacarose, maltose e sorbitol a 65% por 45 min, redução nos teores de ácido ascórbico de cerca de 98, 90 e 99%,

respectivamente. Segundo Khraisheh et al. (2004), a estabilidade e retenção da vitamina C não são dependentes apenas das condições de secagem, mas também do teor de água das amostras. A umidade pode afetar a diluição do ácido ascórbico e dos reagentes na fase aquosa, ou seja, ao mesmo tempo em que o teor de água diminui, o grau de diluição reduz e as taxas de reação aumentam, levando a mais baixa retenção de ácido ascórbico. Num estágio mais tardio da secagem, a temperatura interna da amostra é também mais elevada em comparação àquela dos estágios iniciais e a expansão da matriz pode expor novos sítios catalíticos contribuindo com o decréscimo dos teores de vitamina C. Além disso, as amostras durante a secagem por convecção, são expostas por mais tempo a outros fatores que também contribuem para a degradação do ácido ascórbico como luz e O₂, o que justifica as maiores perdas desta vitamina durante esta etapa (SC).

O C1 (Tabela 18) revelou que as amostras não tratadas osmoticamente proporcionaram menor retenção de ácido ascórbico na etapa de SC que aquelas submetidas a um dos tratamentos osmóticos utilizados. Este fato confirmou relatos da literatura que afirmam que uma etapa osmótica anterior à secagem convencional contribui para melhorar a estabilidade do ácido ascórbico devido ao menor colapso estrutural que ocorre nos frutos pré-tratados em relação aos não pré-tratados osmoticamente nesta etapa subsequente (Torreggiani e Bertolo, 2001b). Da mesma forma, Riva et al. (2005) demonstraram que o teor de ácido ascórbico foi melhor retido em cubos de damasco osmodesidratados em solução de sacarose e sorbitol a 60%, principalmente em sorbitol, que naqueles não tratados por osmose, depois da secagem em secador com circulação de ar.

Ainda nesta etapa (SC), as amostras pré-desidratadas em açúcar invertido sem diluição continuaram exibindo menor percentual de retenção de ácido ascórbico, com perdas acumuladas de cerca de 68%, resultado semelhante ao obtido na secagem sem DII (63%) (Figura 25). Os tratamentos com sacarose e açúcar invertido 70% apresentaram os menores percentuais de perdas acumuladas (38,6 e 32,0%, respectivamente), os demais tratamentos exibiram valores próximos a 50%. De acordo com Ferrando e Spiess (2001), a presença de dissacarídeos nas células vegetais durante a secagem desempenha importante função, preservando a funcionalidade da

membrana celular através da estabilização de fosfolipídios e proteínas. Esta proteção evita danos na membrana plasmática, impedindo a perda de material celular como enzimas e seus respectivos substratos, como a fenolase e o ácido ascórbico, por exemplo, e, conseqüentemente, as reações que afetariam a qualidade sensorial e nutricional do produto durante a etapa de secagem com ar. Sendo assim, o tratamento com sacarose 70% propiciou maior entrada deste açúcar para o interior das amostras, resultando em menores perdas desta vitamina na SC. Forni et al. (1997) mostraram que damascos desidratados osmoticamente por 120 min em solução de sacarose 65% retiveram mais vitamina C que aqueles desidratados por apenas 45 min. Neste mesmo trabalho, a maltose mostrou ser mais efetiva que a sacarose e o sorbitol na manutenção dos níveis de vitamina C durante a secagem, revelando que a preservação do ácido ascórbico está relacionada ao tipo de carboidrato utilizado na DII e ao grau de impregnação de solutos nas amostras.

No armazenamento a 7 °C, o tratamento com açúcar invertido sem diluição (AISD) se diferenciou significativamente daqueles com sacarose e com açúcar invertido 70%, exibindo redução, respectivamente, de 86,4, 74,1 e 69,9% nos níveis de ácido ascórbico (Figura 25). Os demais tratamentos apresentaram redução de cerca de 70%. É interessante ressaltar que as amostras secas apenas por convecção de ar, apresentaram percentuais de perdas intermediárias (70%) aos demais tratamentos e não maiores que as amostras pré-tratadas osmoticamente conforme observado logo depois da SC, o que pode ser confirmado pela não significância do C1 e do C2 (Tabela 18). No contraste C3, pode-se perceber que o AISD proporcionou maior degradação de ácido ascórbico que o AI 70%. Por meio do contraste C4, observa-se, mais uma vez, a influência da maior concentração de sacarose (70%) na melhora da estabilidade da vitamina C no armazenamento.

Entretanto, a 25 °C, todos os tratamentos se igualaram estatisticamente com níveis de redução entre 70 a 86% no teor desta vitamina e apenas o C3 foi significativo para esta temperatura de armazenamento, mostrando que a maior concentração de açúcar invertido provoca maiores prejuízos nos teores de ácido ascórbico dos pedaços de goiaba (Figura 25). Lima e Durigan (2000), avaliando a conservação de goiabas Pedro Sato, verificaram que a

refrigeração proporcionou manutenção de 87% do teor inicial do ácido ascórbico, já, em condições ambientais, houve decréscimo de até 64% do valor inicial.

Os dados da literatura são conflitantes no que diz respeito à retenção da vitamina C e a concentração da solução osmótica, tipo de soluto e temperatura de armazenamento. Pragati et al. (2003) observaram, logo depois da secagem, maior retenção de ácido ascórbico em aonla pré-desidratada por osmose que naquelas não previamente osmodesidratadas. No entanto, depois de 30, 60 e 90 dias de armazenamento à temperatura ambiente, a redução nos teores de vitamina C foi maior nos frutos tratados por DII que nos demais tratamentos (sem DII) (Figura 25). Logo, estes autores, assim como neste trabalho, também observaram superioridade dos produtos osmodesidratados com relação à retenção de ácido ascórbico durante a secagem, mas não no armazenamento. Torreggiani e Bertolo (2001a) relataram que os teores de ácido ascórbico foram menores em fatias de kiwi tratadas com solução de 60% de sacarose em relação às tratadas com maltose, sorbitol ou não tratadas osmoticamente depois de 9 meses de armazenamento a -10 °C. Entretanto, neste mesmo experimento, as fatias de kiwi não tratadas por osmose mostram teores de ácido ascórbico superiores às demais (tratadas por DII) depois do armazenamento pelo mesmo tempo, porém, à 0 °C e teores semelhantes à -20 e -30 °C.

4.7. Cor (Parâmetros L , a , b e $^{\circ}h$)

Os parâmetros de Hunter, L (luminosidade), a e b e o ângulo de cor $^{\circ}h$ (tonalidade), das amostras de goiaba *in natura* e depois do branqueamento (BR), da desidratação por imersão-impregnação (DII), da secagem por convecção (SC) e depois de 30, 60 e 90 dias de armazenamento sob refrigeração a 7 °C são apresentados nas Figuras 26, 27, 28 e 29, respectivamente.

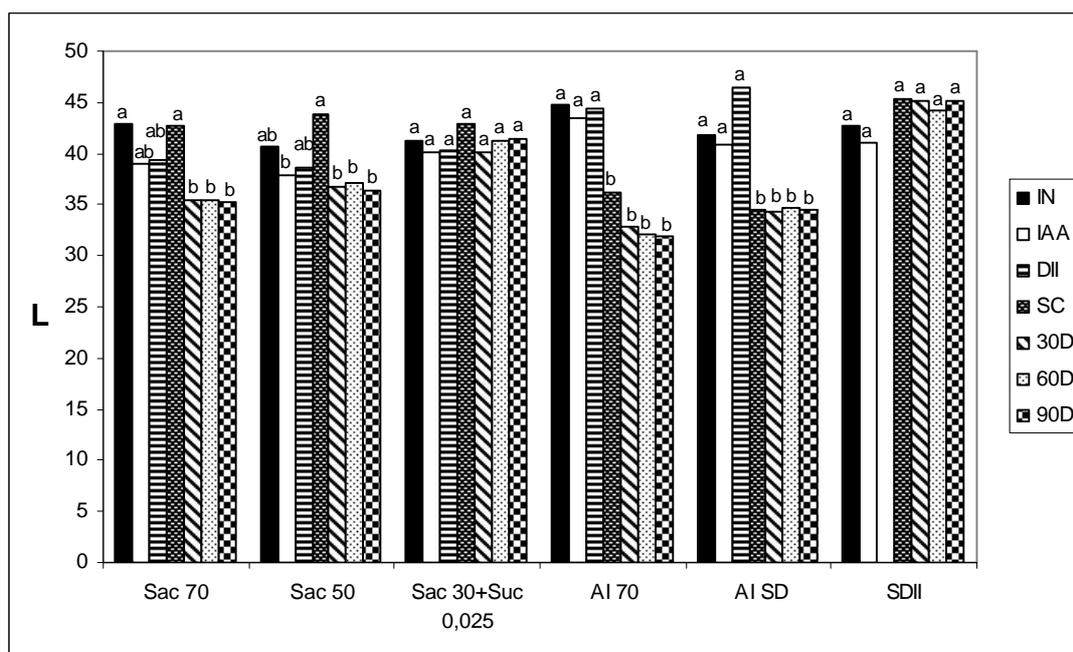


Figura 26 - Parâmetro *L* (Luminosidade) em goiaba *in natura* (IN) e depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC), armazenamento por 30 (30D), 60 (60D) e 90 dias (90D) a 7 °C. Médias seguidas de mesma letra, no mesmo tratamento, não diferem entre si, ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

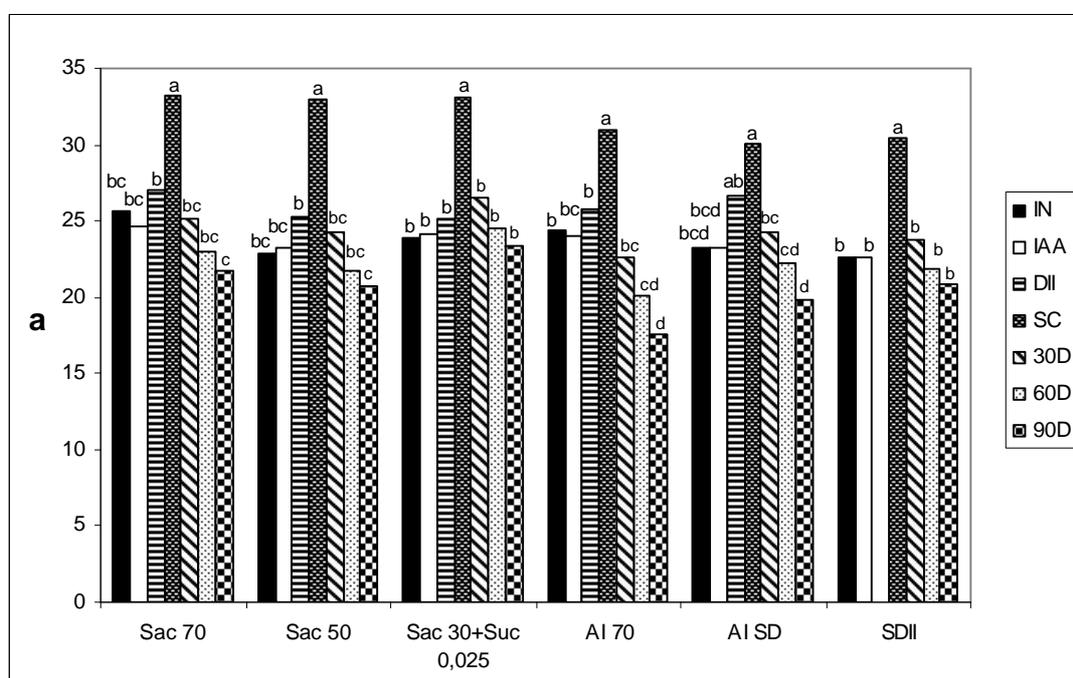


Figura 27 – Parâmetro *a* (variação de cor do verde ao vermelho) em goiaba *in natura* (IN) e depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC), armazenamento por 30 (30D), 60 (60D) e 90 dias (90D) a 7 °C. Médias seguidas de mesma letra, no mesmo tratamento, não diferem entre si, ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

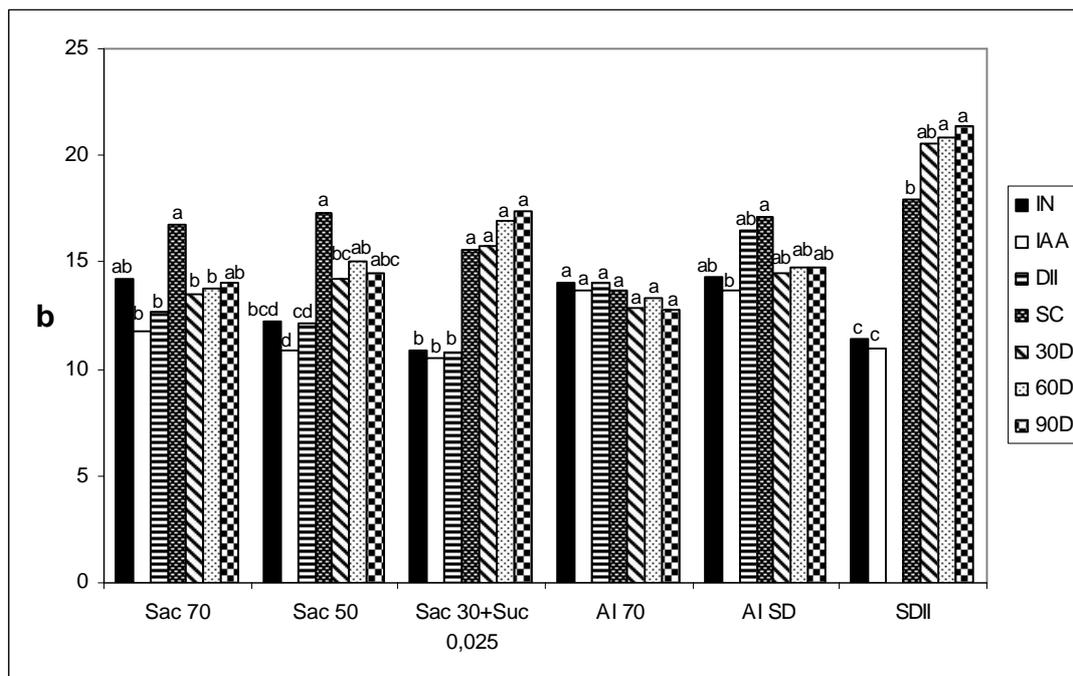


Figura 28 – Parâmetro *b* (variação de cor do azul ao amarelo) em goiaba *in natura* (IN) e depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC), armazenamento por 30 (30D), 60 (60D) e 90 dias (90D) a 7 °C. Médias seguidas de mesma letra, no mesmo tratamento, não diferem entre si, ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

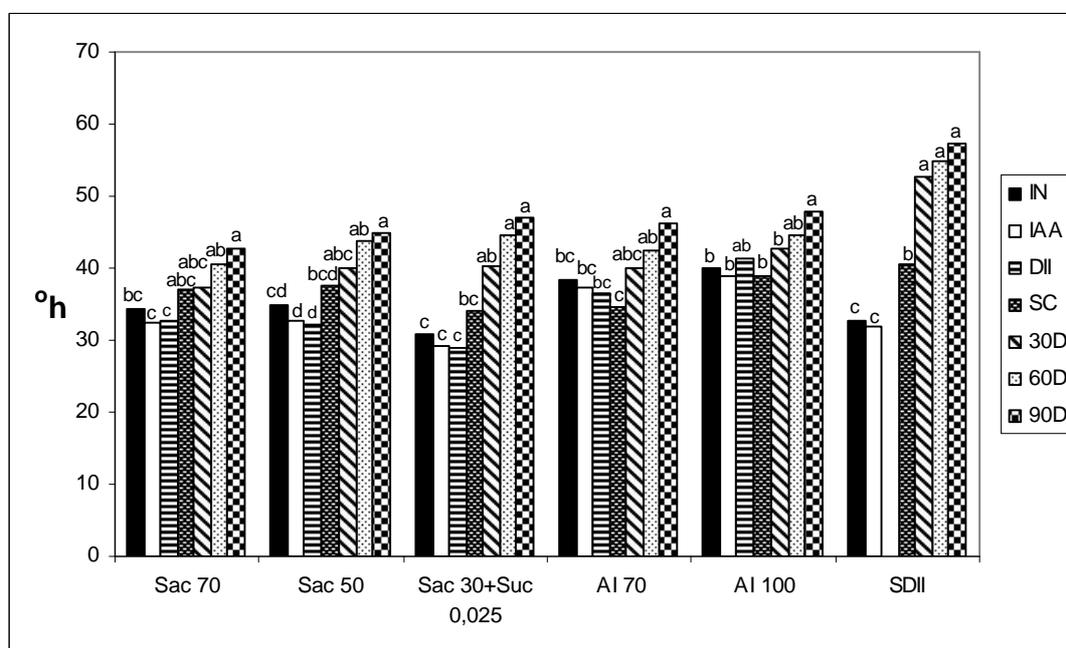


Figura 29 – Ângulo de cor $^{\circ}h$ (tonalidade) em goiaba *in natura* (IN) e depois da imersão em solução de ácido ascórbico (IAA), desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC), armazenamento por 30 (30D), 60 (60D) e 90 dias (90D) a 7 °C. Médias seguidas de mesma letra, no mesmo tratamento, não diferem entre si, ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Todos os tratamentos aplicados mostraram controle efetivo na estabilidade da cor das amostras de goiaba, não se verificando diferença significativa nos parâmetros L , a e b e no ângulo de cor $^{\circ}h$ (tonalidade) do início (*in natura*) até o final do processo de desidratação osmótica (Figuras 26, 27, 28 e 29). Esses resultados devem-se, em parte, ao efeito anti-escurecimento enzimático promovido pelo branqueamento e pela imersão das amostras em ácido acórbico na fase inicial do experimento (Belitz e Grosch, 1997; UNIDO, 2004).

No entanto, os resultados verificados neste trabalho, diferem daqueles relatados por Forni et al. (1997), que depois da DII de damascos em soluções de sacarose, maltose ou sorbitol, observaram maiores valores de a e de b , sem alteração de L . Argandoña et al. (2002) por outro lado, perceberam redução em a e b com elevação de L em melões, depois da DII em soluções de sacarose 50 e 70 $^{\circ}$ Brix. Estes últimos autores relataram influência significativa do aumento da concentração da solução desidratante e da temperatura na elevação dos valores L e atribuíram a diminuição da saturação da cor (a e b), à degradação de carotenóides pela ação de ácidos que foram adicionados aos xaropes.

Durante a secagem por convecção, exceto no caso dos tratamentos com açúcar invertido, a maior parte das amostras continuou exibindo estabilidade da cor quanto ao parâmetro L (Figura 26), o que diverge dos resultados obtidos por Souza et al. (2003) que verificaram tendência ao escurecimento, (redução no valor de L) em goiabas cv Paluma tanto depois da desidratação osmótica em sacarose a 65 $^{\circ}$ Brix quanto depois da secagem. Segundo os autores, estes resultados seriam explicados pela absorção de açúcares durante a osmose. No presente trabalho, os valores de L sofreram redução significativa de 44,7 (fruta fresca) para 36,1 (fruta seca) nas amostras tratadas com açúcar invertido 70% (Figura 26) e de 41,9 para 34,5 naquelas pré-desidratadas com AISD. Este fato pode ser devido à natureza do soluto impregnado na fruta durante a DII, que associado ao aumento da temperatura durante a secagem, favoreceria os processos de escurecimento não enzimático, como as reações de Maillard, caramelização e oxidação do ácido ascórbico (Cheftel e Cheftel, 1992). Os substratos para estas reações são compostos carbonílicos, principalmente os açúcares redutores como a frutose

e a glicose, que estão presentes em grande quantidade no açúcar invertido utilizado neste trabalho (> 90% de inversão). A sacarose é uma molécula carente de função redutora livre (Cheftel e Cheftel, 1992), não afetando, portanto, o escurecimento não enzimático nas amostras pré-tratadas com este soluto. As taxas de reações de escurecimento dependem de vários fatores como temperatura e tempo de secagem, pH, teor de água, concentração e natureza dos reagentes no produto.

Krokida et al. (2001) relatam que a penetração de açúcares nos tecidos das frutas causa relativa estabilidade nos parâmetro L , a e b , especialmente em comparação com amostras secas diretamente em secador. Estes autores observaram maior constância da luminosidade durante a secagem em amostras de maçã e de banana pré-tratadas osmoticamente em relação àquelas não pré-desidratadas.

Enquanto os valores L mantiveram-se estáveis durante a secagem por convecção para a maioria dos tratamentos (Figura 26), os valores de a apresentaram súbito aumento mostrando maior intensidade das cores vermelha (todos os tratamentos) e amarela (apenas em sac 70 e 50%) das goiabas (Figuras 27 e 28). Isto se deve, possivelmente, ao efeito da concentração dos pigmentos com a drástica desidratação que ocorre nesta etapa. Forni et al. (1997) não observaram alterações significativas nas coordenadas de cor a , b e L depois da secagem de damascos. Estes autores atribuem este fato à ação antiescurecimento enzimático do ácido ascórbico aplicado no início, o qual sofreu severa redução durante o processo. A vitamina C se oxida e reduz as *o*-quinonas formadas pelas polifenoloxidasas em dihidroxifenóis que possuem menor intensidade de cor. Riva et al. (2005) relataram que a secagem causou uma significativa mudança de cor principalmente em cubos de damascos não pré-tratados por osmose, as amostras se tornaram vermelho escuro o que foi evidenciado pelo incremento de a e redução de L .

Depois de 30 dias de armazenamento em B.O.D. a 7 °C, as amostras, com exceção das pré-tratadas com sac 30% + suc 0,025% e das não pré-tratadas osmoticamente (SDII), apresentaram redução significativa da luminosidade, tornando-se mais escuras, mas, mantiveram os mesmos valores de L nos meses subseqüentes (Figura 26). Em todos os tratamentos, os

valores de *a* diminuíram bruscamente, tornando-se semelhantes aos da fruta fresca e apenas no tratamento com sac 70 e 50% houve redução nos valores de *b* (Figuras 27 e 28). Todas as amostras apresentaram redução progressiva na intensidade da cor vermelha ao longo do período de armazenamento.

Resultados análogos foram mostrados por Dermesonlouoglou et al. (2007) em tomates depois de 6 e 12 meses de estocagem a temperaturas bem mais baixas (-12 e -20 °C). Segundo estes autores, tanto as amostras pré-tratadas por osmose quanto as apenas branqueadas ou frescas, exibiram decréscimo da intensidade da cor vermelha, com redução significativa dos valores de *a* durante todo o período de armazenamento. De acordo com Calligaris et al. (2002), a perda de cor em tomates armazenados em freezer é acompanhada pela redução nos teores de carotenóides, que são representados em sua maior parte pelo licopeno no tomate (Shi e Le Maguer, 2001) e na goiaba (Padula e Rodriguez-Amaya, 1986), pigmentos bastante propensos à oxidação. Segundo Shi e Le Maguer (2000) tomates desidratados apresentam baixa estabilidade do licopeno a não ser que sejam cuidadosamente processados, imediatamente lacrados e armazenados em atmosfera inerte. Forni et al. (1997) também relataram diminuição nos valores de *a* e de *b* em amostras de damascos osmodesidratadas depois de seis meses de armazenamento à -20 °C. As amostras não tratadas osmoticamente exibiram ao mesmo tempo aumento de *a* e de *b* (Figuras 27 e 28) e manutenção de *L* (Figura 26), devido ao aumento do componente amarelo e maior degradação do vermelho, mostrando menor eficiência na manutenção da cor.

O comportamento dos parâmetros de cor avaliados até o momento foi similar àquele observado para o ângulo de cor °h (Figura 29), ou seja, as amostras secas diretamente no secador exibiram aumento progressivo deste parâmetro depois da secagem por convecção, durante o armazenamento. Nesta escala de cor, o valor zero representa a cor vermelha e à medida que o ângulo °h se distancia deste valor, significa que a cor vermelha vai diminuindo e a amarela (ângulo de 90°) se intensificando. As demais amostras também exibiram elevação nos valores °h, exceto aquelas previamente submetidas à DII com sacarose 70%. Estas mostraram melhor retenção da cor, com valores

de °h estatisticamente iguais nos meses subseqüentes à secagem por convecção.

Para melhor elucidar as variações ocorridas nos parâmetros de cor, os tratamentos foram comparados por meio de contrastes ortogonais (Tabela 19).

Tabela 19 – Contrastes entre as médias dos tratamentos sacarose 70% (m_1), sacarose 50% (m_2), sacarose 30% + sucralose 0,025% (m_3), açúcar invertido 70% (m_4), açúcar invertido sem diluição (m_5), e controle (sem desidratação osmótica) para os parâmetros L, a, b e °h em goiaba do início do processo até o final 90 dias de armazenamento a 7 °C

Contraste	Estimativa do contraste			
	L	a	b	°h
C1 $y= 5m_6 - (m_1+m_2+m_3+m_4+m_5)$	25,40**	-5,33*	15,80**	32,56**
C2 $y= 2 (m_1+m_2+m_3) - 3 (m_4+m_5)$	8,20 ^{ns}	8,48**	-2,50 ^{ns}	-21,86**
C3 $y=m_5 - m_4$	0,20 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	-1,61**	-2,73**
C4 $y= m_1 - m_2$	-0,17 ^{ns}	1,33**	0,10 ^{ns}	-1,24 ^{ns}
C5 $y= m_1 - m_3$	-2,44**	-0,02 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,35 ^{ns}

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

O contraste C1 entre as médias dos tratamentos com e sem DII, mostrou que as amostras não pré-tratadas osmoticamente (SDII) exibiram maior valor para os parâmetros L, b e °h e menor valor para a. Isto significa dizer que estas amostras de goiaba perderam mais a cor vermelha (a) tornando-se mais amareladas (b) e por isto mais claras (L) que aquelas que foram submetidas a algum tipo de tratamento osmótico. O contraste C2 revelou ser a sacarose mais eficaz na estabilidade da cor vermelha (a), com menor amarelecimento das amostras (°h) que o açúcar invertido. O contraste C4, indica que a maior concentração do dissacarídeo (70%) é ainda melhor para preservar a cor característica da goiaba que a diluição a 50%, porém levou ao maior escurecimento que a diluição a 30% (C5). Entre as duas concentrações de açúcar invertido utilizadas (C3), aquele diluído a 70% proporcionou maior manifestação da cor amarela (parâmetros b e °h).

Ilustrações características das amostras de goiaba depois das diversas etapas do processamento às quais foram submetidas, são apresentadas na Figura 30.

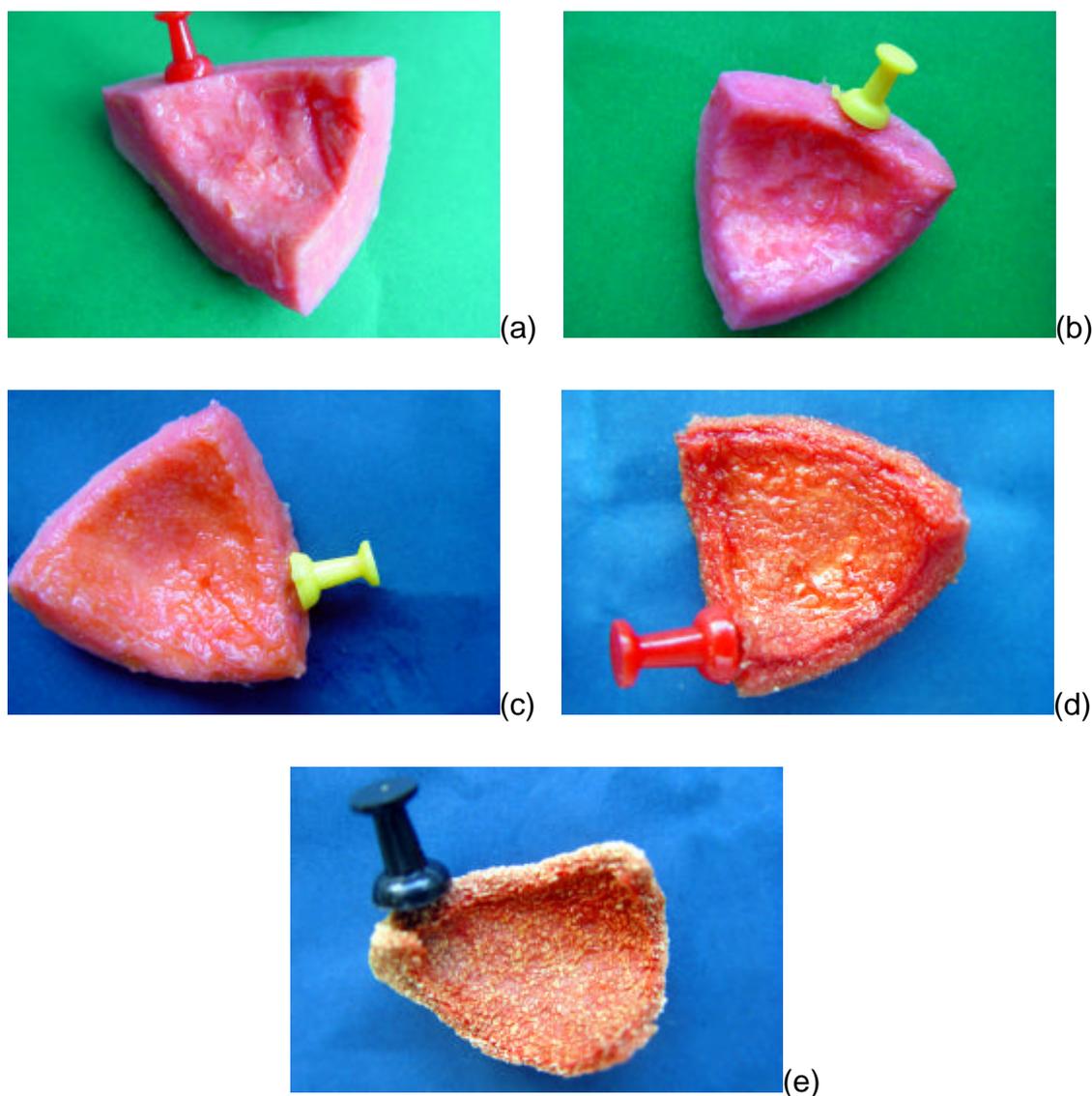


Figura 30 - Ilustrações características das amostras de goiaba in natura (a) e depois do branqueamento (b), da DII (c), da secagem por convecção com DII (d) e da secagem por convecção sem o pré-tratamento osmótico (e).

4.7. Análise sensorial

Os resultados do teste de aceitação de goiaba desidratada pela combinação dos métodos de desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção (DII/SC) são mostrados na Figura 31. Dos 77 participantes da análise sensorial, 36 foram do sexo masculino, 32 do sexo feminino e 9 não mencionaram o sexo (Tabela 20).

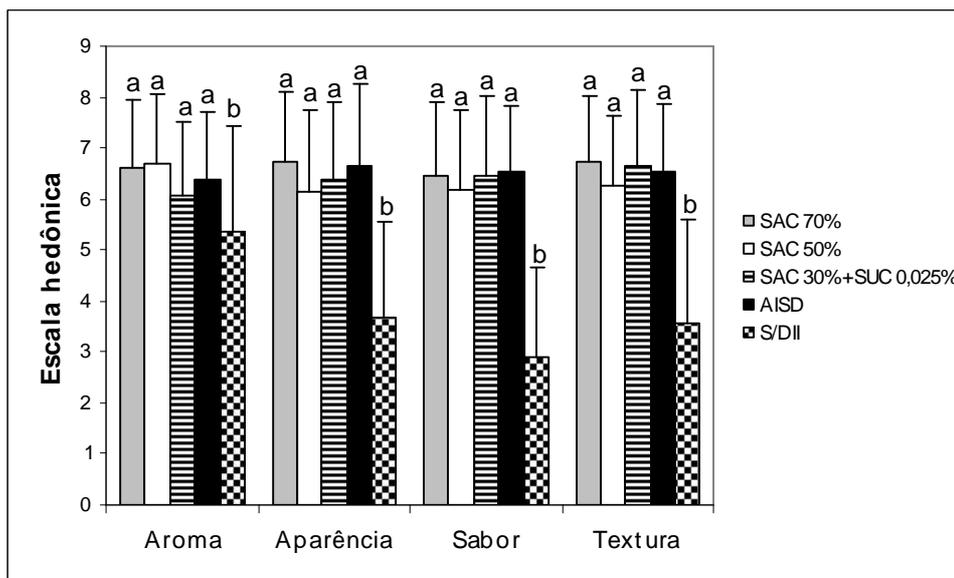


Figura 31 – Avaliação sensorial de goiaba desidratada em soluções de sacarose 70%, sacarose 50%, sacarose 30% + sucralose 0,025%, açúcar invertido sem diluição (AISD), ou não submetidos ao pré-tratamento osmótico (S/DII) e secos por convecção. Médias seguidas de mesma letra, para o mesmo atributo sensorial, não diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 20 - Participantes da análise sensorial e respostas quanto à intenção de compra de goiaba desidratada por DII/SC

Participantes	Sim	Não	Total
Homens	21	15	36
Mulheres	19	13	32
Sem identificação	6	3	9
Total	46	31	77

Na escala hedônica de 9 pontos, as notas são atribuídas de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente) e as amostras são consideradas aceitas quando recebem, em média, nota superior a 5. Sendo assim, esta escala permitiu observar que as amostras não pré-tratadas osmoticamente não foram aceitas pelos participantes do teste que lhes atribuíram, em média, as notas 3,67; 2,91 e 3,56 quanto à aparência, sabor e textura, respectivamente, situando-se entre os termos hedônicos desgostei muito e desgostei ligeiramente (Figura 31). Essas amostras foram aceitas apenas em

relação ao aroma, com média de 5,38, valor estatisticamente inferior às notas recebidas por aquelas pré-desidratadas por osmose.

Todas as soluções utilizadas na DII foram capazes de melhorar a qualidade sensorial das amostras depois da secagem por convecção. Os pedaços de goiaba secos sem pré-tratamento osmótico exibiram, depois de 6 h de secagem por convecção, textura rígida, áspera e quebradiça e cor menos acentuada; os desidratados anteriormente por osmose apresentaram-se mais macios e elásticos e com cor vermelha mais intensa.

Quanto ao aroma, aparência, sabor e textura, as amostras pré-desidratadas por osmose receberam notas entre 6,06 a 6,75, que se situam entre os termos hedônicos gostei ligeiramente e gostei moderadamente, sendo igualmente aceitas (Figura 30). Verificou-se, assim, que todos os produtos obtiveram boa aceitação, levando em consideração o fato de que as frutas desidratadas, principalmente a goiaba, não fazem parte do hábito alimentar do brasileiro. O mesmo pôde ser comprovado pelas respostas obtidas no item a respeito da intenção de compra dos pedaços de goiaba desidratados por DII/SC, onde a maioria dos participantes (cerca de 60%) respondeu que compraria o produto (Tabela 20). Do total dos homens e das mulheres que participaram do teste, 58% e 59% responderam que comprariam e 42% e 41% responderam que não comprariam o produto, respectivamente (Figuras 32 e 33).

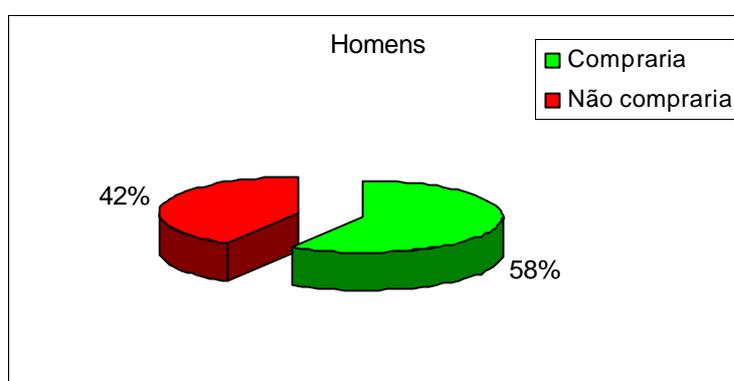


Figura 32 – Avaliação percentual das respostas dos participantes do sexo masculino quanto à intenção de compra de goiaba desidratada por DII/SC.

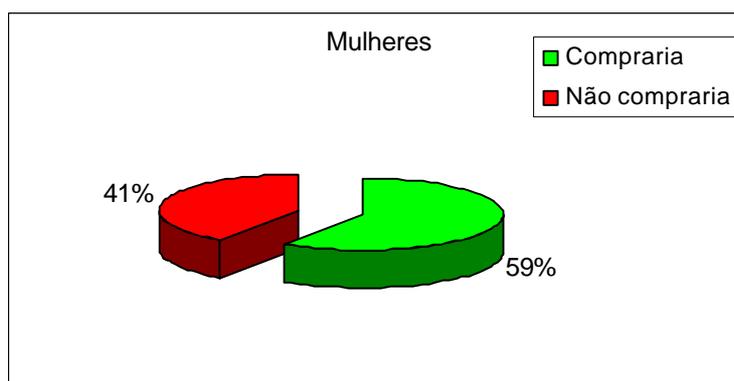


Figura 33 – Avaliação percentual das respostas dos participantes do sexo feminino quanto à intenção de compra de goiaba desidratada por DII/SC.

Apesar das amostras tratadas em sacarose 30% + sucralose 0,025% terem sido pré-processadas em menor concentração de sacarose, a sucralose foi capaz de prover ao produto final, mesma aparência, sabor, aroma e textura daquelas desidratadas em soluções mais concentradas de sacarose ou com açúcar invertido sem diluição (Figura 31). Sendo assim, foi possível constatar, que as amostras desidratadas com sucralose foram tão bem aceitas quanto as demais, porém, com menor carga energética o que pode ser confirmado pelos teores finais de carboidratos apresentados na composição centesimal (Tabela 14). Portanto, este tratamento pode ser promissor para utilização na desidratação de frutos voltados para o mercado *light*. Resultado semelhante a este foram relatados por Mendonça et al. (2001), que verificaram que o uso de sucralose em substituição parcial à sacarose proporcionou à compota de pêssago *light* características sensoriais similares às de compotas convencionais, preparadas exclusivamente com sacarose.

Os resultados acima descritos confirmam os argumentos de Ponting (1966), Torreggiani (1993), Torreggiani e Bertolo (2001b) e Lenart e Piotrowski (2001) acerca da utilização de uma etapa osmótica anterior à secagem por convecção para melhorar a qualidade final dos produtos secos. Segundo Lenart (1996) a desidratação osmótica anterior à secagem promove um efeito protetor na estrutura das frutas e das hortaliças, resultando em uma textura mais flexível e macia.

Ehabe et al. (2006) não encontraram diferenças significativas na análise sensorial de amostras de banana Figo desidratadas ou não por osmose antes

da secagem por convecção, para a maioria dos atributos analisados. O fato pode ser devido à utilização de soluções de sacarose e/ou NaCl pouco concentradas (10 e 5%, respectivamente), não permitindo evidenciar o efeito do tratamento osmótico na melhoria da qualidade do produto.

Riva et al. (2005) relataram que cubos de damasco pré-tratados por osmose, apresentaram menor colapso estrutural e melhor aparência depois da secagem. Ferrando e Spiess (2001) explicam que os dissacarídeos desempenham um importante papel na preservação da funcionalidade da membrana celular dos tecidos das plantas durante a secagem. Eles se posicionam no tecido substituindo as moléculas de água ao redor dos resíduos polares das macromoléculas, estabilizando fosfolipídeos e proteínas, prevenindo, assim, o colapso estrutural.

Por outro lado, um dos principais objetivos da secagem dos alimentos é obter a estabilidade do produto pela diminuição da atividade de água (Aa). A presença do açúcar aumenta a pressão osmótica do meio, tendo como consequência a redução da Aa. Sendo assim, a impregnação de açúcar nos tecidos da fruta permite ao mesmo tempo obter produtos de baixa atividade de água com pequena redução no teor de água, conservando melhor a massa e a textura do produto final (Torreggiani, 1993). Ehab et al. (2006) constataram menor atividade de água com maior teor final de água em bananas Figo desidratadas com açúcar e/ou NaCl em relação às amostras não pré-tratadas por osmose. De fato, a imersão em solução de açúcar e NaCl melhoraram consideravelmente a qualidade destas bananas no armazenamento, inibindo o aparecimento de fungos na superfície das amostras.

Mazza e LeMaguer (1980), apud Silveira et al. (1996) explicam que os solutos osmóticos difundidos para o interior dos tecidos vegetais, aprisionam os componentes voláteis em microrregiões e levam à mais rápida formação de uma camada seca ao redor das amostras, o que diminui a difusão dos componentes responsáveis pelo *flavour* para as superfícies de evaporação, resultando em produtos mais saborosos. Maestrelli et al. (2001) mostraram que álcoois aroma-negativos permaneceram estáveis em esferas de melão pré-tratados por DII e aumentaram naquelas secas sem tratamento osmótico prévio, levando à menor aceitabilidade sensorial destes em relação àqueles.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A finalidade do presente trabalho foi avaliar os aspectos físico-químicos e da cinética da desidratação por imersão-impregnação (DII), além das qualidades nutricional e sensorial de goiabas, cv Pedro Sato, submetidas ao processo de DII e secagem complementar por convecção (SC). Os frutos eram divididos em oito partes e uma fração de 1/8 de cada fruto era extraída para caracterização *in natura* e as demais eram retiradas a cada etapa seguinte: depois do branqueamento, da DII e da SC. Estas amostras eram acondicionadas em potes de polietileno brancos ou em sacos de polipropileno, selados a vácuo e armazenadas em freezer a -18 °C para análises posteriores. Foram realizadas análises de perda de água (ω), ganho de sólidos (δ), redução de massa (μ), pH, teores de sólidos solúveis totais e de acidez total titulável, composição centesimal, teores de minerais (Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn) e de vitamina C, parâmetros de cor (L, a, b e $^{\circ}h$) e análise sensorial. Para se verificar o efeito da temperatura sobre a estabilidade da vitamina C no armazenamento, amostras do fruto depois da SC, foram armazenadas em câmaras B.O.D. a 7 e 25 °C por 60 dias. Os parâmetros de cor também foram avaliados depois de 30, 60 e 90 dias depois do processamento. Na etapa de DII as amostras foram imersas em soluções com três concentrações distintas de sacarose (70%, 50% e 30%) e duas de açúcar invertido (sem diluição e diluído a 70%), com grau de inversão superior a 90%, na proporção fruto:solução de 1:10. A solução de sacarose 30% foi acrescida de 0,025% de

sucralose com a intenção de reduzir o valor calórico do produto. A DII foi realizada em incubadora-agitadora a 50°C, com agitação de 60 min⁻¹ por 2 h. Em seguida, as amostras foram secas por convecção em secador com fluxo de ar de 1,25 m s⁻¹ a 60 °C. Nesta etapa de secagem, acrescentou-se um tratamento controle, em que as amostras foram secadas sem tratamento osmótico prévio. As conclusões do trabalho são descritas a seguir.

5.1. Cinética da desidratação por imersão-impregnação

- A solução de açúcar invertido sem diluição promoveu maior perda de água, ganho de sólidos e redução de massa nas amostras submetidas à desidratação por imersão-impregnação (DII). À medida que se elevou a concentração de sacarose de 30 para 70% houve aumento tanto da perda de água quanto do ganho de sólidos;
- A solução de sacarose a 50% apresentou melhor desempenho, com perda de água e redução de massa semelhante à solução de sacarose 70% e ganho de sólidos similar à sacarose 30%;
- A razão fruta:xarope de 1:10 utilizada na DII foi capaz de manter as concentrações finais das soluções bem próximas às iniciais.

5.2. Análises físicas, químicas e físico-químicas

5.2.1. Teor de sólidos solúveis

- Houve aumento dos sólidos solúveis totais (SST) nos pedaços de goiaba em todos os tratamentos, mas apenas os desidratados em solução de açúcar invertido exibiram diferença significativa em relação aos desidratados em sac 50% e em sac 30% + suc 0,025%. As diversas concentrações das soluções de sacarose não proporcionaram diferença significativa nos SST das amostras.

5.2.2. Teor de ácido cítrico

- Na desidratação por imersão-impregnação (DII) houve redução significativa dos teores de ácido cítrico em praticamente todos os tratamentos, com exceção das amostras desidratadas em solução e sac 30% + suc 0,025%;

- Não foram verificadas alterações significativas no pH ao longo de todo o tempo de processamento em todos os tratamentos.

5.2.3. Composição centesimal

- Houve aumento dos teores de carboidratos, propiciando a redução percentual de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. A sucralose proporcionou redução de 35% de carboidratos no produto final em relação à sac 50%.

5.2.4. Teor de minerais

- Para a maioria dos minerais verificou-se redução significativa dos teores do tempo inicial (IN) até o final da DII. Na etapa de imersão em solução de ácido ascórbico (IAA) foram observadas perdas de cerca de 20, 15, 18, 18, 19 e 15% para o Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, respectivamente;
- Na etapa de DII o percentual de perdas foi muito mais expressivo, na maioria dos casos com redução de 40,9 a 64,4; de 20,4 a 45,2; de 39,8 a 47,5, de 34,6 a 47,9, 26,4 a 47,2 e de 26,1 a 54,8% para os minerais Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, respectivamente;
- Durante a DII, o açúcar invertido, tanto sem diluição quanto diluído a 70%, foi menos eficiente na manutenção dos níveis dos minerais analisados, com exceção do K. A sacarose a 70% provocou maior redução nos teores de K e Mg que a sac 30% e maior redução no teor de K e menor de Zn que a diluição à 50%.

5.2.5. Teor de vitamina C

- Verificou-se redução dos teores de vitamina C durante o processamento e armazenamento em todos os tratamentos. A DII com açúcar invertido sem diluição (AISD) acarretou menor retenção desta vitamina (29% de perdas) que as soluções de sacarose (4,6% de perdas) e açúcar invertido a 70% (9,4% de perdas). Não houve diferença significativa entre os solutos sacarose e açúcar invertido, na DII quanto à redução de vitamina C;
- A secagem por convecção (SC) levou a perdas significativas de vitamina C, entre 32 a 68%, em todos os tratamentos aplicados. As amostras não tratadas osmoticamente apresentaram menor retenção desta vitamina

nesta etapa que aquelas submetidas a um dos tratamentos osmóticos utilizados;

- No armazenamento a 7 °C, o tratamento com açúcar invertido sem diluição se diferenciou significativamente daqueles com sacarose e com açúcar invertido 70%, exibindo redução, respectivamente, de 86,4, 74,1 e 69,9% nos níveis de vitamina C. A 25 °C todos os tratamentos se igualaram estatisticamente com níveis de redução entre 70 a 86% nos teores desta vitamina.

5.2.6. Parâmetros de cor (L, a, b e °h)

- Nas etapas de DII e de secagem por convecção, verificou-se controle efetivo na estabilidade da cor das amostras sem variações significativas nos parâmetros *L*, *a*, *b* e (°h) na maioria dos tratamentos;

- Na etapa de secagem por convecção, os valores de *a* apresentaram súbito aumento, mostrando maior intensidade das cores vermelha (todos os tratamentos) e amarela (apenas em sac 70 e 50%) das goiabas;

- Depois de 60 dias de armazenamento em B.O.D. a 7 °C, as amostras, com exceção das pré-tratadas com sacarose 30% + sucralose 0,025% e das não pré-tratadas osmoticamente (SDII), apresentaram redução significativa da luminosidade, tornando-se mais escuras, mas, mantiveram os mesmos valores de *L* nos meses subseqüentes. Em todos os tratamentos, os valores de *a* diminuíram bruscamente, tornando-se semelhantes aos da fruta fresca e apenas no tratamento com sac 70 e 50% houve redução nos valores de *b*. Todas as amostras apresentaram redução progressiva na intensidade da cor vermelha ao longo do período de armazenamento;

- As amostras exibiram aumento do parâmetro °h depois da secagem por convecção, durante o armazenamento, exceto aquelas previamente submetidas à DII com sacarose 70%. Estas mostraram melhor retenção da cor, com valores de (°h) estatisticamente iguais nos meses subseqüentes à secagem por convecção;

- Por meio de contrastes entre os tratamentos, percebeu-se que as amostras não pré-tratadas osmoticamente exibiram maior valor para os parâmetros *L*, *b* e °h e menor valor para *a*, significando que estas amostras de goiaba perderam mais a cor vermelha (*a*) tornando-se mais amareladas (*b*) e

por isto mais claras (*L*) que aquelas que foram submetidas a algum tipo de tratamento osmótico. A sacarose mais eficaz na estabilidade da cor vermelha (*a*), com menor amarelecimento das amostras ($^{\circ}h$) que o açúcar invertido. A maior concentração do dissacarídeo (70%) é ainda melhor para preservar a cor característica da goiaba que a diluição a 50%, porém levou a um maior escurecimento que a diluição a 30%. Entre as duas concentrações de açúcar invertido utilizadas, aquele diluído a 70% proporcionou maior manifestação da cor amarela (parâmetros *b* e $^{\circ}h$).

5.3. Análise sensorial

- As amostras não pré-tratadas osmoticamente não foram aceitas pelos participantes do teste quanto à aparência, sabor e textura, situando-se entre os termos hedônicos desgostei muito e desgostei ligeiramente, sendo aceitas apenas em relação ao aroma;

- As amostras pré-desidratadas por osmose foram igualmente aceitas quanto ao aroma, aparência, sabor e textura, situando-se entre os termos hedônicos gostei ligeiramente e gostei moderadamente. As amostras desidratadas com sucralose foram tão bem aceitas quanto as demais.

- Do total dos homens e das mulheres que participaram do teste, 58% e 59% responderam que comprariam e 42% e 41% responderam que não comprariam o produto, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL (2002) *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: Argos Comunicação, p.364-368.
- Akinyele, I.O., Keshinro, O.O., Akinnawo, O.O. (1990) Nutrient losses during and after processing of pineapples and oranges. *Food Chemistry*, 37: 181-188.
- Ali, Z.M., Lazan, H. (2001) Guava. In: Mitra, S. K. *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. New York: CAB International, p. 146-165.
- Allen, L.H., Wood, R.J. (1994) Calcium And Phosphorus. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M. *Modern nutrition in health and disease*. 8. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, vol. 1, cap. 7, p. 144-163.
- Andrade, S.A.C., Metri, J.C., Barros Neto, B., Guerra, N.B. (2003) Desidratação osmótica de jenipapo (*Genipa americana* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(2): 276-281.
- A.O.A.C. (1990) Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 15ª ed. Arlington, 1298p .
- Araújo, J.M.A. (1999) *Química de Alimentos: teoria e prática*. 2.ed. Viçosa: UFV. 416p.
- Araújo, F. Quintero, S.; Salas; J.S., Villalobos; J. Casanova, A. (1997) Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo "Criolla Roja" en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 14: 315-328.

- Argandoña, E.J., Nishiyama, C., Hubinger, M.D. (2002) Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(12): 1803-1810.
- Arnaud, C.D., Sánchez, S.D (1997). Cálcio Y Fósforo. In: Organización Mundial De La Salud/ Organización Panamericana De La Salud. *Conocimientos actuales sobre nutrición*. 7. ed. Washington, D.C.: ILSI Pres. Cap 24, p.260-271. (Publicación Científica, 565p).
- Azzolini, M (2002) Fisiologia pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato': estádios de maturação e padrão respiratório. Tese (Mestrado em Ciências, área de concentração em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, 100p.
- Azzolini, M., Jacomino, A.P., Bron, I.U. (2004) Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(2): 139-145.
- Belitz, H.D., Grosch, W. (1997) *Química de los Alimentos*. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1087p.
- Be Miller, J.N., Whistler, R.L. (2000) Carbohidratos. In: FENNEMA, O.R. *Química de los alimentos*. 2. ed. Zaragoza: Acribia, p. 187-268.
- Beristain, C.J., Azuara, E., Cortes, R., Gracia, H.S. (1990) Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science and Technology*, 25(5): 576-582.
- Bianchi, M.L.P., Antunes, L.M.G. (1999) Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Revista de nutrição*, 12(2): 123-130.
- Bolin, H.R., Huksoll, C.C., Jackson, R., NG, K.C (1983) Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science*, 48: 202-205.
- Brody, T. (1994) *Nutritional biochemistry*. Califórnia: Academic Press, 658p.
- Brunini, M.A., Oliveira, A.L. De, Varanda, D.B. (2003) Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'Paluma' armazenada a -20°C. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3): 394-396.
- Calligaris, F., Falcone, P., Anese, M. (2002) Colour changes of tomato purees during storage at freezing temperatures. *Journal of Food Science*, 67(6): 2432-2435.
- Cardoso Andrade, S.A., Barros Neto, B., Nóbrega, A.C., Azoubel, P.M., Guerra, N.B. (2007) Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). *Journal of Food Engineering*, 78: 551-555.

- Carvalho, H.H., Vogt de Jong, E., Belló, R.M., Souza, R.B., Terra, M. F. (2002) *Alimentos: métodos físicos e químicos de análise*. Porto alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 180p.
- Carvalho, V.D. de (1994). Qualidade e conservação pós-colheita de goiaba. *Informe Agropecuário*,17(179): 48-54.
- Cheftel, J.C., Cheftel, H. (1992) *Introduccion a La Bioquímica y Tecnología de Los Alimentos*. 2. ed., vol.1. Zaragoza: Acribia, 333p.
- Chitarra, M.I.F., Chitarra, A.B. (1990) *Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiología e manuseio*. Lavras (MG): Esal / FAEPE, 293p.
- Coultate, T.P. (1998) *Manual de química y bioquímica de los alimentos*. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 366p.
- Dalla Rosa, M., Giroux, F. (2001) Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. *Journal of Food Engineering*, 49: 223-236.
- Dermesonlouoglou, E.K., Giannakourou, P.T. (2007). Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Journal of Food Engineering*, 78: 272-280.
- Durigan, J.F. (1997) Colheita, Conservação E Embalagens. In: Simpósio Brasileiro Sobre a Cultura da Goiabeira, 1., Jaboticabal. *Anais...Jaboticabal: FUNEP*, p.152-154.
- Ehabe, E.E., Eyabi, G.D., Numfor, F.A. (2006) Effect of sugar and NaCl soaking treatments on the quality of sweet banana figs. *Journal of Food Engineering*, 76: 573-578.
- El-Din, M. H. A. S., Shouk, A. A. (1999). Comparative study between microwave and convectional dehydration of okra. *Grasas Y Aceites*, 50(6): 454-459.
- El-Aouar, A.A., Azoubel, P.M., Barbosa Jr., J.L., Murr, F.E.X. (2006) Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.) *Journal of Food Engineering*, 75: 267-274.
- Erba, M.L., Forni, E. Colonello, A., Giangiaco, R. (1994) Influence of sugar composition and air dehydration levels on the chemical-physical characteristics of osmodehydrofrozen fruit. *Food Chemistry*, 50: 69-73.
- Erle, U., Shubert, H. (2001) Combined osmotic and microwave vacuum dehydration of apples and strawberries. *Journal of Food Engineering*, 49: 193-199.
- Escriche, I., Garcia-Pinchi, R., Carot, J.M., Serra, J.A. (2002) Comparison of must sucrose as osmotic solutions to obtain high quality minimally

- processed kiwi fruit (*Actinidia chinensis* P.) slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 37: 87-95.
- Fellows, P. (1994) *Tecnología del processado de los alimentos: Principios y practicas*. Zaragoza: ACRIBIA, 549p.
- Ferrando, M., Spiess, W.E.L. (2001) Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose, and trehalose solutions. *Journal of Food Engineering*, 49: 115-127.
- Fonseca, H., Cantarelli, P.R. (1986). Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos. Conservação pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações. Embalagens. In: CAMARGO, R. (Coord.). *Tecnologia dos Produtos Agropecuários*. 1 ed. São Paulo: Nobel, cap. 6, p. 97-112.
- Forni, E., Sormani, A., Scalise, S., Torregiani, D. (1997) The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehidrofrozen intermediate moisture apricots. *Food Research International*, 30(2): 87-94.
- Franco, G. (2001) *Tabela de Composição Química dos Alimentos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 307p.
- Giangiacomo, R., Torreggiani, D., Abbo, E. (1987) Osmotic dehydration of fruit: Part 1. Sugar and Extracting Syrups. *Journal of Food Processing and Preservation*, 11, 183-195.
- Gianotti, A., Sacchetti, G., Guerzoni, M.E., Dalla Rosa, M. (2001) Microbial aspects on short-time osmotic treatment of kiwifruit. *Journal of Food Engineering*, 49: 265-270.
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P., Chiralt, (2003) A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, 58:33-43.
- Gongatti Netto, A... [et al.] (1996) Goiabas para Exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. Ministério da agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, secretaria de desenvolvimento rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas ornamentais. Brasília: EMBRAPA – SPI,35p.: il. – (Publicações Técnicas FRUPEX; 20).
- Gonzaga Neto, L.G., Cristo, A.S., Choudhyry, M.M. (1999) Conservação pós-colheita de frutos de goiabeira, variedade Paluma. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (1):1-6.
- Gorinstein, S., Zemser, M., Haruenkit, R., Chuthakorn, R.,Grauer, F., F.G., Martin-Belloso, O., Trakhtenberg, S. (1999) Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. *J. Nutr. Biochem.*, 10:367-371.

- Gratão, A.C.A., Berto, M.I., Silveira Júnior, V. (2004) Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(4): 4-24.
- Greensmith, M. (1998). *Practical dehydration*. 2ed. Flórida: CRC Press, 274p.
- Grice, H.C., Goldsmith, A. (2000) Sucralose – An overview of the toxicity data. *Food and Chemical Toxicology*, 38(2): S1-S6.
- Hansson, A., Anderson, J., Leufvén, A. (2001) The effects of sugar and pectin on “flavor” release from a soft drink-related model system. *Food Chemistry*, 72: 363-368.
- Hardisson, A.; Rubio, C.; Baez, A.; Martin, M.; Alvarez, R. E Diaz, E. (2001) Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, 73: 153-161.
- Hawkes, J., Flink, J.M. (1978). Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation* , 2: 265-284.
- Henry, C.J.K., Massey, D. (2001) Micro-nutrient changes during food processing and storage. Crop Post-Harvest Programme. Food Science and Nutrition Research Group. School of Biological and Molecular Sciences. Oxford Brookes University. Oxford. Disponível em: <http://www.cphp.uk.com/downloads/issue_paper_5.pdf >. Acesso em: 11 de maio de 2005.
- Henry, C.J.K., Heppell, N. (2002) Symposium on ‘Nutritional effects of new processing technologies’: Nutritional losses and gains during processing: future problems and issues. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61: 145–148.
- Hood, L.L., Campbell, L.A. (1990) Developing reduced calorie bakery products with sucralose. *Cereal Foods World*, 35(12): 1171-1182.
- HunterLab (2005) *L, a, b Color Solid*. Reston.
- IBGE (2006) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 de outubro de 2006.
- IBRAF (2006) Instituto Brasileiro de Frutas. *Estatísticas*. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>> Acesso: 11 de janeiro de 2006.
- Ide, C.D., Cruz E Silva, J.A. , Costa, R.A., Sarmiento, W.R.M., Cunha, H., Carvalho, S.M.P., Martelleto, L.A.P., Maldonado, J.F.M., Martins, S.P., Celestino, R.C.A. (2001) *A cultura da goiaba: perspectivas, tecnologias e viabilidade*. Niterói: PESAGRO-RIO. 36p. (PESAGRO-RIO. Documentos, 72).

- IOM (INSTITUTE OF MEDICINE), 1999. *Dietary Reference Intake (DRI)*. Food and Nutrition Board. Washington: National Academy Press. Disponível em: <<http://www.nap.edu>>. Acesso: 11 de janeiro de 2006.
- Joly, A.B. (1977) *Botânica, Introdução à taxonomia vegetal*. 4 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 777p.
- Karathanos, V.T., Kostaropoulos, A.E., Saravacos, G.D. (1995) Air-drying kinetics of osmotically dehydrated fruits. *Drying Technology*, 13(5-7):1503-1521.
- Kavati, R. (1997) Cultivares. In: *Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Goiabeira*. Jaboticabal, 1997. Anais. Jaboticabal: FCAV/ UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, p. 1-16.
- Khraisheh, M.A.M., McMin, W.A.M., Magee, T.R.A. (2004) Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. *Food Research International*, 37: 497–503.
- Khoyi, M.R., Hesari, J. (2006) Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Journal of Food Engineering*, 30:1-6.
- Kowalska, H., Lenart, A. (2001) Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, 49:137-140.
- Krešić, G., Lelas, V., Šimundić, B. (2004) Effects of processing on nutritional composition and quality evaluation of candied celeriac. *Sadhana*, 29(1): 1-12.
- Kris, M., Hecker, K., Bonanome, A., Coval, M., Binkoski, A., Hilpert, K., Griel, A., Etherton, T. (2002) Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of Medicine*, 113(2): 71-88.
- Krokida, M.K. Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B., Marinou-Kouris, D. (2000) Drying related properties of apple. *Drying Technology*, 18(6): 1251-1267.
- Lazarides, H.N. (1994). Osmotic Preconcentration: Developments and Prospects. In: Singh, R.P. e Oliveira, F.A.R. (Eds.) *Minimal processing of foods and process optimisation*. An Interface. Boca Raton: CRC Press, p. 73–85.
- Lazarides, H.N., Gekas, V. Mavroudis, N. (1997) Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. *Journal of Food Engineering*, 31: 315-324.
- Lazarides, H.N., Nickolaidis, A., Katsanidis, E. (1995) Sorption changes induced by osmotic preconcentration of apple slices in different osmotic media. *Journal of Food Science*, 60(2): 348-359.

- Lenart, A. (1996) Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Drying Technology*, 14(2): 391-413.
- Lenart, A., Piotrowski, D. (2001) Drying characteristics of osmotically dehydrated fruits coated with semipermeable edible films. In: KUDRA, T.; MUJUMDAR, A.S. *Drying Technology*. New York: MARCEL DEKKER, vol.19, n.5, p. 849-877.
- Levy, J., Bisin, E., Feldman, B., Giat, Y. Miinster, A. Danilenko, M, Sharoni, Y. (1995) Lycopene is a more potent inhibitor of human cancer cell proliferation than either alpha-carotene or beta-carotene. *Nutrition and Cancer*, 24 (3): 257-266.
- Lewicki, P.P., Lukaszuk, A. (2000) Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. *Journal of Food Engineering*, 45: 119-126.
- Lima, D.M., Colugnati, F.A.B., Padovani, R.M., Rodriguez-Amaya, D.B., Salay, E., Galeazzi, M.A.M. (2006) *Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.- T113 Versão II. - Campinas: NEPA-UNICAMP, 105p.* Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>. Acesso em: 29 de julho de 2006.
- Lima, M.A., Durigan, J.F. (2000) Conservação de goiabas Pedro Sato associando-se refrigeração com diferentes embalagens. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22(2): 232-236.
- Lin, T. M., Durance, T. D., Scaman, C. H. (1998). Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31(2): 111–117.
- Lopes, E. (2004) *Guia para elaboração dos procedimentos operacionais padronizados exigidos pela RCD nº 275 da ANVISA*. São Paulo: Varela.
- Maestrelli, A., Lo Scalzo, R., Lupi, D., Bertolo, G., Torreggiani, D. (2001) Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, cv reticulatus Naud.). *Journal of Food Engineering*, 49: 255-260.
- Maltini, E., Torreggiani, D., Broveto, B.R., Bertolo, G. (1993) Functional properties of reduced moisture fruits as ingredients in food systems. *Food Research international*, 26: 413-419.
- Manica, I., Icuma, I.M., Junqueira, N.T.V., Salvador, J.O., Moreira, A., Malavolta, E. (2000) *Fruticultura Tropical: Goiaba*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 374p.
- Mahan, K.M., Escoott-Stump, S. (2002) *Krause: Alimentos, Nutrição & Dietoterapia*. 10. ed. São Paulo: ROCA, 1157p.

- Marcy, J.E., Hansen, A.P., Graumilch, T.R. (1989). Effect of storage temperature on the stability of aseptically packaged concentrated orange juice and concentrated orange drink. *Journal of Food Science*, 54:227.
- Mauro, M.A., Tavares, D.Q., Menegalli, F.C. (2002) Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *Journal of Food Engineering*, 56:1-15.
- Mavroudis, N.E., Gekas, V., Sjöholm, I. (1998) Osmotic dehydration of apples - Effects of agitation and raw material characteristics. *Journal of Food Engineering*, 5: 191-206.
- Medina, J.C. Cultura. In: Medina, J.C., Garcia, J.L.M., Kato, K., Martin, Z.J. De, Vieira, L.F., Renesto, O.V. (1978) *Goiaba: da cultura ao processamento e comercialização*. Campinas: ITAL. p. 5-45. (ITAL. Série Frutas Tropicais, 6).
- Mercado-Silva, E., Bautista, P.B., Garcia-Velasco, M.A. (1998) Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology*, 13(2): 143-150.
- Mendonça, C.R., Zambiasi, R.C., Gularte, M.A. (2001) Caracterização de Compotas de Pêssego Elaboradas com a Substituição parcial de açúcar por sucralose e acesulfame-K. *Brazilian Journal of Food Technology*, 4;95-101.
- Micozzi, M.S, Beecher, G.R, Taylor, P.R, Khachik, D.F. (1990) Carotenoid analyses of selected raw and cooked foods associated with a lower risk for cancer. *Journal National Cancer Institute*, 82(8):282-288.
- Molica, E.M. (1999) *Avaliação dos parâmetros envolvidos na produção de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) desidratado*. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 57p.
- Negi, P.S., Roy, S.K. (2000) Effect of low-cost storage and packaging on quality and nutritive value of fresh and dehydrated carrots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 2169-2175.
- Nijhuis, H.H., Torringa, H.M., Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C., Kloek, W. (1998) Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 9(1): 13-20.
- Padh, H. (1991) Vitamin C: never insights into its biochemical functions. *Nutrition Reviews*, 49(3): 65-70.
- Padula, M., Rodriguez-Amaya, D.B. (1986) Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin a value of Brazilian guavas (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*, 20: 11-19.
- Park, K. J., Bin, A., Brod, F.P.R. (2002) Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 56: 97-103.

- Peiró, R., Dias, V.M.C., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N. (2006) Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 74: 299-307.
- Peiró-Mena, R., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N. (2006) Compositional and physicochemical changes associated to successive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Food Engineering*, doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071.
- Pereira, F.M. (1995) *Cultura da goiabeira*. Jaboticabal: FUNEP, 47p.
- Pereira, L.M., Rodrigues, A.C.C., Sarantópoulos, C.I.G.L., Junqueira, V.C.A., Cardello, H.M.A.B., Hubinger, M.D. (2003) Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(3): 427-433.
- Ponciano, N.J., Souza, P.M., Mata, H.T.C. et al. (2004) Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, 42 (4): 615-635.
- Ponting, J.D., Warrers, G.G., Forrey, R.R., Jackson, R., Stanley, W.L. (1966) Osmotic dehydration os fruits. *Food Techonology*, 20: 1365-1368.
- Pragati, Dahiya, S., Dhawan, S.S. (2003) Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica Officinalis* Garten) during storage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1-9.
- Pregnoatto, W., Pregnoatto, N.P. (Coord.). (1985) Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3 ed. São Paulo: INSTITUTO ADOLFO LUTZ, v.1, 533p.
- Queiroz, V.A.V., Ferreira, K.S., Monnerat, P.H., Queiroz, L.R., Dolinski, C. (2006) "Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Se contents in fruits consumed in Brazil". *Nutrire: Rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.*, 31(2): 61-73.
- Ramberg, J., Le, L, McAnalley, S., Koepke, C.M., Venum, E., Mcanelly, B. Why are Whole-Food Dietary Supplements Better than Single-Nutrient Supplements? A review Base don the Vitamin C Literature. *GlycoScience & Nutrition*, 4(4):1-9.
- Rao, A.V., Shen H. (2002) Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. *Nutrition Research*, 22: 1125–1131.
- Raoult-Wack, A.L. (1994) Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 5: 255-260.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjan, K. (1997) Mass Transfer during Osmotic Dehidration of Banana: Fickian Diffusion in Cylindrical Configuration. *Journal of Food Engineering*, 31: 423-432.

- Reddy, L., Odhav, B., Bhoola, K.D. (2003) Natural products for cancer prevention. *Pharmacology & Therapeutics*, 99: 1-13.
- Richardson, T. I. L., Ball, L., Rosenfeld, T. (2002) Will an orange a day keep the doctor away? *Postgraduate Medical Journal*, 78: 292-294.
- Riva, M., Campolongo, S., Leva, A.A., Maestrelli, A., Torreggiani, D. (2005) Structure–property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Research International*, 38: 533–542.
- Rodrigues, M.G.V. (2004) *Produção e Mercado de Frutas Desidratadas*. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=6687> Acesso em: 11 de Janeiro de 2006.
- SEAAPI – Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Pesca e Desenvolvimento do Interior do Estado do Rio de Janeiro (2005). Disponível em: <http://www.seaapi.rj.gov.br/programas/frutificar_2.asp>.
- Sanches-Castillo, C.P., Dewey, P.J.S., Aguirre, A.; Lara, J.J., Vaca, R., Barra, P.L., Ortiz, M., Escamilla, I., James, P.T. (1998) The Mineral Content of Mexican Fruits and Vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11: 340-356.
- Setiawan, B., Sulaeman A., Giraud, D.W., Driskell, J.A. (2001) Carotenoid Content of Selected Indonesian Fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 169-176.
- Sgarbieri, V.C. (1987) *Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento*. Campinas: UNICAMP/ALMED, 387p.
- Shi, J.X., Le Maguer, M. (1999) Stability of Lycopene in Tomato Dehydration. In: Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Spiess, W.E.L., Behnlian, D. (2001) *Osmotic dehydration & vacuum impregnation*. Lancaster: TECHNOMIC Publishing CO., cap. 3, p.21-32.
- Silva, A.S. (2000) *Tópicos da tecnologia de alimentos*. São Paulo: Livraria Varela, 227p.
- Silva, D.J. (1990) *Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)*. 2 ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 165p.
- Silva, J.S.e (1995) *Pré-processamento de produtos agrícolas*. Juiz de Fora: Instituto Maria, 509p.
- Silveira, E.T.F., Rahman, M.S., Buckle, K.A. (1996) Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. *Food Research International*, 29(3-4): 227-233.
- Smith, E.L., Hill, R.L., Lehman, I.R., Lefkowitz, R.J., Handler, P., White, A (1988) *Bioquímica: mamíferos*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 620p.

- Sousa, P.H.M., Maia, G.A., Souza Filho, M.S.M., Figueiredo, R.W., Souza, A.C.R. (2003) Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3): 414-416.
- Souza Neto, M.A., Maia G.A., Lima, J.R., Figueiredo, R.W., Souza Filho, M.S.M., Lima, A.S. (2005) Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis do processo. *Ciências Agrotécnicas*, 29(5): 1021-1028.
- Suntornsuk, L., Gritsanapun, W., Nilkamhank, S., Paochom, A. (2002) Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 28: 849–855.
- Toeller, M. (2002) Fibre consumption, metabolic effects and prevention of complications in diabetic patients: epidemiological evidence. *Digest Liver DIS*, 34(2): S145-S149.
- Torreggiani, D. (1993) Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26: 59-68.
- Torreggiani, D., Bertolo, G. (2001a) High-Quality Fruit and Vegetable Products using Combined Processes. In: Fito, P., *Osmotic dehydration e vacuum impregnation*. USA: Technomic Publishing Company, p. 3-9.
- Torreggiani, D., Bertolo, G. (2001b) Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, 49: 247-253.
- Uddin, M. S., Hawlader, M.N.A., Ding, L, Mujumdar, A.S. (2002) Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *Journal of Food Engineering*, 51: 21-26.
- UNIDO (2004) United Nations Industrial Development Organization. *Deteriorative reactions in dried fruits & vegetables*. III UNISWORK, Unido International Study Tour and Workshop on Food Preservation of Fruits and Vegetables. Disponível em: <http://www.unido.org/doc/32067>. Acesso em: 20 de julho de 2006.
- Valdez-Fragoso, A., Welti-Chanes, J., Giroux, F. (1998) Properties of a sucrose solution reused in osmotic dehydration of apples. *Drying technology*, 16(7), 1429-1445.
- Valera, A., Zambrano, J., Materano, W., Quintero, I. (2005) Efectos de la concentracion de solud y la relacion fruta/jarabe sobre sobre la deshidratación osmotica de mango en cilindros. *Agronomía Tropical*: 55(1):117-132.
- Venkatachalapathy K., Raghavan, S.V. (1998) Microwave drying of Osmotically Dehydrated Blueberries. *Journal of Microwave Power and Eletromagnetic Energy*, 339(2): 95-102.

- Viberg, U., Freuler, S., Vassilis, G., Sjöholm (1998) Osmotic Pretreatment of Strawberries and Shrinkage Effects. *Journal of Food Engineering*, 35: 135-145.
- Vikram, V.B., Ramesh, M.N., Prapulla, S.G. (2005) Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69: 31-40.
- Waliszewski, K.N., Cortés, H.D. Pardo, V.T., Garcia, M.A. (1999) Color parameter changes in banana slices during osmotic dehydration. *Drying Technology*, 17(4e5): 955-960.
- Weisburger, J.H. (2000) Eat to live, not live to eat. *Nutrition*, 16: 767-773.
- Wilberg, V.C., Rodriguez-Amaya, D.B. (1995) HPLC Quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28: 474-480.
- Willis, C.A., Teixeira, A.A. (1988) Controlled reduction of water activity in celery: effect on membrane integrity and biophysical properties. *Journal of Food Science*, 53: 111-116.

APÊNDICE

Tabela 1A - ANOVA do fatorial para perda de água (ω), ganho de sólidos (δ) e redução de massa (μ) dos pedaços de goiaba em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação (DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		ω	δ	μ
Bloco	2	13.2916	0.7878	10.6820
Tempo	6	523.0001**	21.5209**	341.8015**
Tratamento	3	1202.843**	30.0181**	867.7092**
Tempo*Tratamento	18	23.4793**	0.5778	20.5444**
Resíduo	54	1.3341	0.8072	1.2353
CV (%)		6.1712	22.968	7.5497

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2A - Análise de regressão para perda de água (ω) dos pedaços de goiaba em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação (DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Sac 70%	Sac 50%	Sac 30% + Suc 0.025%	AISD
Devido à regressão	1	781.7525**	607.7855**	223.8720**	1789.436**
Independente	19	2.129218	4.0955	1.6389	5.6314

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

AISD: Açúcar invertido sem diluição.

Tabela 3A - Análise de regressão para ganho de sólidos (δ) dos pedaços de goiaba em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação (DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Sac 70%	Sac 50%	Sac 30% + Suc 0.025%	AISD
Devido à regressão	1	32.4461**	17.1481**	21.1002**	52.0601**
Independente	19	0.9657	0.3189	0.4642	1.5113

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

AISD: Açúcar invertido sem diluição.

Tabela 4A - Análise de regressão para redução de massa (μ) dos pedaços de goiaba em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação (DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Sac 70%	Sac 50%	Sac 30% + Suc 0.025%	AISD
Devido à regressão	1	495.6718**	420.7534**	107.5131**	1307.003**
Independente	19	0.8844	4.1973	0.6223	3.6507

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

AISD: Açúcar invertido sem diluição.

Tabela 5A - Análise fatorial dos sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) dos pedaços de goiaba em função do tempo de processamento na DII

F.V.	G.L.	Quadrado médio
Bloco	2	1.523854
Tempo	7	213.9932**
Tratamento	3	224.5295**
Tempo*Tratamento	21	13.25526**
Resíduo	62	1.624284

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 6A - Análise de regressão para os sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) dos pedaços de goiaba em função do tempo de processamento na DII

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Sac 70%	Sac 50%	Sac 30% + Suc 0.025%	A. invertido s/diluição
Devido à regressão	1	383.4211**	196.3206**	93.98715**	931.1051**
Independente	22	3.5599	2.2224	1.1248	5.6034

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7A - ANOVA fatorial do pH e dos teores, das perdas e dos contrastes das perdas de acidez de pedaços de goiaba *in natura* (IN) e depois do branqueamento (BR), desidratação por imersão-impregnação (DII) e secagem por convecção (SC)

F.V.	G.L.	pH	Acidez Teores	G.L.	Acidez Perdas	Contrastes perdas de acidez		
		Quadrado médio			Quadrado médio	F.V.	G.L.	Quadrado médio
Etapa	3	0.0964**	20.4676**	1	2567.494**	C1	1	349.6320**
Bloco	3	0.0996	1.2696	3	20.25039	C2	1	192.1558*
Tratamento	4	0.5447**	0.9360**	4	1113.671**	C3	1	30.5929 ^{ns}
Eta*Tra	12	0.0175 ^{ns}	0.3624	4	110.9605*	C4	1	1778.702**
Resíduo	57	0.0170	0.2187	27	35.40321	Res.	27	35.4032
CV (%)		3.2242	18.722		11.607			

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 8A - ANOVA fatorial dos teores de carboidratos (CHOS), proteínas, lipídios, fibras e cinzas dos pedaços de goiaba *in natura* (IN) e depois do branqueamento (BR), desidratação por imersão-impregnação (DII) e secagem por convecção (SC)

F.V.	G.L.	Quadrado médio				
		CHOS	Proteínas	Lipídios	Fibras	Cinzas
Bloco	3	8.7052	0.1452	0.6783	4.1367	0.3448
Etapa	3	1269.979**	8.9999**	4.7789**	688.3301**	31.7613**
Tratamento	4	145.1839**	3.2886**	7.8767**	119.4710**	0.5661 ^{ns}
Eta*Tra	12	17.3633*	0.0650 ^{ns}	0.0419 ^{ns}	9.3668*	0.6228 ^{ns}
Resíduo	57	7.0287	0.1270	0.2233	4.0744	0.6704
CV (%)		3.9011	11.424	14.144	9.1449	22.402

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 9A - ANOVA das reduções de carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e cinzas dos pedaços de goiaba na desidratação por imersão-impregnação (DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		Umidade	CHOS	Proteína	Lipídios	Fibras	Cinzas
Tratamento	4	52.3609**	30.4883	0.1626	0.1867	23.2284*	2.2532
Resíduo	15	1.6958	17.8568	0.2119	0.5179	7.2338	1.0743

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 10A - ANOVA fatorial dos teores de Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, dos pedaços de goiaba *in natura* (IN) e depois do branqueamento (BR) e desidratação por imersão-impregnação (DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio teores					
		Na	K	Ca	Mg	Zn	Mn
Bloco	3	1513.931	186826.3	269.5184	429.3993	0.1926	0.0950
Etapa	2	88131.07**	5051521**	15348.85**	9207.724**	1.9075**	2.2567**
Tratamento	4	3377.148*	54466.28 ^{ns}	1141.082**	850.0657**	0.1473*	0.4539**
Eta * Tra	8	281.6417 ^{ns}	53210.91 ^{ns}	76.0684 ^{ns}	69.9845 ^{ns}	0.0350 ^{ns}	0.0094 ^{ns}
Resíduo	42	889.6018	45010.12	129.2476	95.0397	0.0493	0.0990
CV (%)		19.734	12.271	14.780	15.614	24.564	30.968

*, **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 11A - ANOVA das perdas de Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, dos pedaços de goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio perdas					
		Na	K	Ca	Mg	Zn	Mn
Tratamento	4	373.0698 ^{ns}	410.4415**	40.1761 ^{ns}	164.6225 ^{ns}	390.1504**	439.0816*
Resíduo	15	129.3357	61.0526	83.9976	90.3559	50.6205	113.0548
Cv (%)		21.470	22.069	20.948	22.885	17.673	25.358

*, **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 12A - ANOVA dos contrastes das perdas de Na, K, Ca, Mg, Zn e Mn, dos pedaços de goiaba na desidratação por imersão-impregnação (IAA-DII)

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		Na	K	Ca	Mg	Zn	Mn
C1	1	883.2320**	353.7155**	16.4995 ^{ns}	527.8246**	607.2902**	962.8664**
C2	1	123.4376 ^{ns}	38.9005 ^{ns}	55.1899 ^{ns}	0.0702 ^{ns}	2.9378 ^{ns}	156.1157 ^{ns}
C3	1	21.5181 ^{ns}	445.7183**	27.0326 ^{ns}	85.3883 ^{ns}	909.0722**	10.8537 ^{ns}
C4	1	266.9047 ^{ns}	1232.249**	17.7957 ^{ns}	109.0583 ^{ns}	90.4362 ^{ns}	543.9942*
Resíduo	15	129.3357	61.0526	83.9976	90.3559	50.6205	113.0548

*, **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 13A – ANOVA fatorial dos teores de vitamina C dos pedaços de goiaba *in natura* (IN) e depois do branqueamento (BR) e dos teores e das perdas na desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC) e 60 dias de armazenamento a 7 e 25 °C

F.V.	Teores		Perdas	
	G.L.	Quadrado médio	G.L.	Quadrado médio
Etapa	5	375333.5**	3	15080.13**
Bloco	3	2567.001	3	149.2921
Tratamento	4	29047.14**	4	1492.007**
Eta*Tra	20	8310.778**	12	72.04142 ^{ns}
Resíduo	87	1797.611	57	70.10621
CV (%)	18.052			

*, **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 14A - ANOVA dos contrastes das perdas de vitamina C dos pedaços de goiaba na desidratação por imersão-impregnação (DII), secagem por convecção (SC) e 60 dias de armazenamento a 7 e 25 °C

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		DII	SC	60D 7°C	60D 25°C
C1	1	-	1240.192**	132.3172 ^{ns}	125.4288 ^{ns}
C2	1	220.1520 ^{ns}	6.3191 ^{ns}	38.0155 ^{ns}	14.2579 ^{ns}
C3	1	789.5069**	2634.182**	1205.500**	545.7009**
C4	1	298.1745*	413.1616*	303.8848*	29.68892 ^{ns}
C5	1	268.1821 ^{ns}	560.2359**	40.7095 ^{ns}	18.9942 ^{ns}
Resíduo	57	70.10621			

*, **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 15A - ANOVA fatorial dos parâmetros L (luminosidade), a e b (cromaticidade) e h^o (tonalidade) dos pedaços de goiabas *in natura* (IN) e depois da imersão em solução de ácido ascórbico, desidratação por imersão-impregnação, secagem por convecção e armazenamento por 30, 60 e 90 dias a 7 °C

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		L	a	b	h
Bloco	3	26.2338	6.6200	4.0232	29.93343
Etapa	6	175.0991**	264.1540**	35.0047**	416.0877**
Tratamento	4	38.1393**	26.3763**	10.7664**	147.4645**
Eta*Tra	24	32.7754**	4.6134 ^{ns}	9.8691**	19.62345 ^{ns}
Resíduo	102	7.3570	3.6954	1.8586	11.1807

*, **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 16A - ANOVA dos contrastes dos parâmetros L (luminosidade), a e b (cromaticidade) e h^o (tonalidade) dos pedaços de goiabas do início do processo até o final 90 dias de armazenamento a 7 °C

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		L	a	b	h
C1	1	758.9806**	23.25597*	205.0689**	871.1992**
C2	1	21.64182 ^{ns}	66.72686**	6.060503ns	446.9063**
C3	1	26.84130 ^{ns}	5.338287 ^{ns}	35.98414**	103.9588**
C4	1	0.39111 ^{ns}	24.8178**	0.1522571ns	21.37786 ^{ns}
C5	1	83.37480**	0.002716 ^{ns}	0.3745786ns	1.750179 ^{ns}
Resíduo	102	7.357039	3.695422	1.858567	11.18068

* **significativos aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 17A - ANOVA da análise sensorial dos pedaços de goiabas depois da secagem por convecção

Fontes de variação	G.L.	Quadrado médio			
		Aroma	Aparência	Sabor	Textura
Tratamento	4	21.90519 **	125.8273**	189.7766**	141.1662**
Resíduo	380	2.360971	2.555776	2.317703	2.325222
C.V. (%)		24.69	27.007	26.678	25.603

**significativo ao nível de probabilidade.