



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**QUALIDADE DE SUCO EM PÓ DE MISTURA
DE FRUTAS OBTIDO POR *SPRAY DRYING***

SHIRLEY JANAINÉ BARBOSA

2010

SHIRLEY JANAINÉ BARBOSA

**QUALIDADE DE SUCO EM PÓ DE MISTURA DE
FRUTAS OBTIDO POR *SPRAY DRYING***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

Orientador
Prof. DSc. Milton Nobel Cano Chauca

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

B238q Barbosa, Shirley Janaine.
 Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido
por *spray drying* [manuscrito] / Shirley Janaine Barbosa.
– 2010.
 107 p.

 Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade
Estadual de Montes Claros-Unimontes, 2010.

 Orientador: Prof. D.Sc. Milton Nobel Cano Chauca.

 1. Desidratação. 2. Frutas. 3. Suco em pó. I. Cano-Chauca,
Milton Nobel. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III.
Título.

CDD. 632.7

SHIRLEY JANAINÉ BARBOSA

**QUALIDADE DE SUCO EM PÓ DE MISTURA DE
FRUTAS OBTIDO POR *SPRAY DRYING***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

Aprovada em 30 de julho de 2010.

Prof. DSc. Milton Nobel Cano Chauca
UNIMONTES
(Orientador)

Prof. DSc. Sidnei Tavares dos Reis
UNIMONTES
(Coorientador)

Prof. DSc. Wagner Ferreira da Mota
UNIMONTES

Prof. DSc. William James N. Lima
UFMG

**JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

A Deus,

A meus pais, Antônio e Maria Madalena;
aos meus irmãos, Charles, Paulo, Franciel e
Lucas

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e graças recebidas.

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

À UNIMONTES, por permitir que esta pesquisa fosse desenvolvida.

Ao meu orientador, Prof. D Sc. Milton Nobel Cano Chauca, pela orientação, amizade e paciência.

Ao Prof. D Sc. Sidnei Tavares dos Reis, pelo auxílio nas análises estatísticas e pelas profícuas sugestões.

Aos membros da banca examinadora, Prof. D Sc. Wagner Ferreira da Mota e Prof. D Sc. William James Nogueira Lima, pela contribuição neste estudo.

Aos professores da pós-graduação, pelos ensinamentos durante o curso.

A minha família, pelo amor e incentivo, e aos meus sobrinhos, Pedro Henrique e Ana Júlia, pelos momentos de alegria!

A Paulo, por me fazer uma pessoa ainda mais feliz!

Às amigas Virgínia, Ingrid, Márcia e Gisely, pela amizade, apoio e incentivo.

Aos colegas de laboratório, em especial à aluna de iniciação científica, Fabíola, pela disponibilidade, auxílio e zelo durante a realização dos experimentos, e a Camila e Irani.

Ao Sr Nelson, pelos momentos de descontração e amizade.

Aos colegas do curso de pós-graduação e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo.

OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Suco de misturas de frutas	5
2.2 A secagem por <i>spray drying</i>	6
2.3 Problemas na desidratação de sucos por <i>spray drying</i>	8
2.4 Propriedades físicas dos açúcares e sua influência sobre a secagem por <i>spray drying</i>	10
2.5 Agentes carreadores de secagem	11
2.6 Atributos de cor	13
2.7 Isotermas de sorção	15
3 MATERIAL E METÓDOS	18
3.1 Local	18
3.2 Materiais	18
3.3 Preparação da amostra	18
3.4 <i>Spray drying</i>	19
3.5 Análises físico-químicas	19
3.6 Análise de cor	20
3.7 Análise de <i>stickiness</i> (pegajosidade)	20
3.8 Análise de solubilidade	21
3.9 Análise de higroscopicidade	22
3.10 Determinação de isotermas de adsorção de umidade	22
3.11 Análise de estabilidade	23
3.12 Delineamento experimental	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Análises físico-químicas	25
4.1.1 Umidade	25
4.1.2 Atividade de água	29
4.2 Análise de cor	30
4.2.1 Parâmetros de cor L*, a* e b*.....	30
4.2.2 Ângulo de tonalidade	35
4.2.3 Diferença de cromaticidade	36
4.3 Análise de <i>stickiness</i> (pegajosidade)	40
4.4 Análise de solubilidade.....	43

4.5 Análise de higroscopicidade	47
4.6 Isotermas de adsorção de umidade	50
4.7 Análise de estabilidade.....	69
4.7.1 Luminosidade (L*)	69
4.7.2 Cromaticidade (C*)	71
4.7.3 Ângulo de tonalidade (h*)	74
5 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	92

LISTA DE TABELAS

		Pág.
TABELA 1	Propriedades físicas dos açúcares e o comportamento do <i>stickiness</i> durante o processo de <i>spray drying</i>	10
TABELA 2	Parâmetros de ajuste para a análise de <i>stickiness</i> de suco em pó de mistura de frutas	21
TABELA 3	Modelos utilizados para o ajuste aos dados experimentais das isotermas de sorção de umidade	23
TABELA 4	Valores médios de umidade (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura de secagem, da concentração e do agente carreador de secagem	25
TABELA 5	Valores médios de umidade (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura, da concentração e do agente carreador de secagem	27
TABELA 6	Valores médios de atividade de água (A_w) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura do ar de secagem	29
TABELA 7	Valores médios dos parâmetros de cor (L^* , a^* , e b^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura de secagem e dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE	31
TABELA 8	Valores médios para o ângulo de tonalidade ($^\circ$) de suco em pó de misturas de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura de secagem e do agente carreador ..	35
TABELA 9	Valores médios para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por <i>spray drying</i> em função da temperatura e do agente carreador	37

TABELA 10	Valores médios para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por <i>spray drying</i> em função da temperatura e da concentração do carreador.	38
TABELA 11	Valores médios para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por <i>spray drying</i> em função da concentração e do agente carreador	39
TABELA 12	Valores médios do comportamento de <i>stickiness</i> (N) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função do carreador de secagem	41
TABELA 13	Valores médios do comportamento de <i>stickiness</i> (N) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura de secagem e da concentração do carreador	42
TABELA 14	Valores médios de solubilidade (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da concentração do carreador e da temperatura de secagem ...	44
TABELA 15	Valores médios de solubilidade em água (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da concentração do carreador e de temperatura de secagem	45
TABELA 16	Valores médios de absorção de água de pós de suco de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> (g H ₂ O/100 g de sólidos) expostos à umidade relativa de 85% e temperatura de 25 °C em função do agente carreador e da temperatura de secagem	47
TABELA 17	Valores médios de umidade de equilíbrio (% b. s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura de secagem, do agente carreador e da atividade de água	51

TABELA 18	Valores médios de umidade de equilíbrio (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da temperatura de secagem, do agente carreador e da atividade de água	52
TABELA 19	Valores médios de umidade de equilíbrio (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função da concentração de carreadores, da atividade de água e do agente carreador de secagem	56
TABELA 20	Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por <i>spray drying</i> , produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE à temperatura de 155 °C	59
TABELA 21	Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por <i>spray drying</i> , produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE à temperatura de 165 °C	60
TABELA 22	Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por <i>spray drying</i> , produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE à temperatura de 155 °C	61
TABELA 23	Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por <i>spray drying</i> produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE à temperatura de 165 °C	62
TABELA 24	Valores médios para a luminosidade (L*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função do agente carreador de secagem	69
TABELA 25	Valores médios de cromaticidade (C*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> em função do tempo de armazenamento e do agente carreador de secagem	73
TABELA 26	Valores médios do ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas em função de diferentes	

concentrações e de agentes carreadores 75

TABELA 27 Valores médios do ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função do tempo de armazenamento e do agente carreador de secagem 76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 Efeito da concentração (%) sobre o teor de umidade (%) de suco em pó de mistura de frutas em função da temperatura e do carreador de secagem	28
FIGURA 2 Efeito da concentração (%) de maltodextrina 10 e 20 DE sobre a Luminosidade (L*) de suco em pó de mistura de frutas	32
FIGURA 3 Efeito da concentração (%) da maltodextrina 10 e 20DE sobre o índice de vermelho (a*) de suco em pó de mistura de frutas	33
FIGURA 4 Efeito da concentração (%) de maltodextrina 10 e 20 DE sobre o índice de amarelo (b*) de suco em pó de mistura de frutas	34
FIGURA 5 Efeito da concentração (%) de maltodextrina 10 e 20 DE e da temperatura do ar de secagem sobre a diferença de saturação (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por <i>spray drying</i>	38
FIGURA 6 Efeito da concentração (%) e de agentes carreadores sobre a diferença de saturação (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por <i>spray drying</i>	40
FIGURA 7 Comportamento de <i>stickiness</i> em pós de suco de mistura de frutas em função de diferentes concentrações de maltodextrina 10 e 20 DE	43
FIGURA 8 Efeito de diferentes concentrações, carreadores e temperatura de secagem sobre a solubilidade em água (%) de suco em pó de mistura de frutas	46
FIGURA 9 Grau de absorção de água (g de H ₂ O/100 g de sólidos) pelo suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> exposto à umidade relativa de 85 % e temperatura de 25 °C	49

FIGURA 10	Isotermas de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> produzido com os carreadores maltodextrina 10 e 20 DE e temperaturas de secagens iguais a 155 e 165°C	53
FIGURA 11	Isotermas de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> produzido com diferentes concentrações do carreador maltodextrina 10 DE	54
FIGURA 12	Isotermas de suco em pó de mistura de frutas obtido por <i>spray drying</i> produzido com diferentes concentrações do carreador maltodextrina 20 DE	55
FIGURA 13	Efeito de diferentes concentrações e carreadores de secagem sobre a umidade de equilíbrio (% b.s.) de pós de suco de mistura de frutas	58
FIGURA 14	Ajuste do modelo de GAB às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE e temperatura de secagem igual a 165 °C	63
FIGURA 15	Ajuste do modelo de GAB às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE e temperatura de secagem igual a 165 °C	64
FIGURA 16	Ajuste do modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE e temperatura de secagem igual a 165 °C	65
FIGURA 17	Ajuste do modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE e temperatura de secagem igual a 165 °C	66
FIGURA 18	Ajuste do modelo de Oswin às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE e temperatura de secagem igual a 165 °C	67

FIGURA 19	Ajuste do modelo de Oswin às isothermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE e temperatura de secagem igual a 165 °C	68
FIGURA 20	Efeito da concentração (%) de maltodextrina 10 e 20 DE sobre a luminosidade (L^*) de suco em pó de mistura de frutas	70
FIGURA 21	Efeito do tempo de armazenamento (dias) sobre a luminosidade (L^*) de suco em pó de mistura de frutas	71
FIGURA 22	Efeito da concentração (%) dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE sobre a cromaticidade de suco em pó de mistura de frutas durante armazenamento por 60 dias	72
FIGURA 23	Efeito do tempo (dias) de armazenamento e de carreadores de secagem sobre a cromaticidade (C^*) de suco em pó de mistura de frutas	74
FIGURA 24	Efeito da concentração e de agentes carreadores sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas	75
FIGURA 25	Efeito do tempo (dias) de armazenamento e de agentes carreadores sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas	77
FIGURA 26	Efeito da concentração (%) e do tempo de armazenamento (dias) sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas	78
FIGURA 27	Efeito do tempo de armazenamento (dias) e da concentração (%) dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas	79

RESUMO

BARBOSA, Shirley Janaine. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 2010. 107 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Objetivou-se neste estudo avaliar a influência das condições de secagem sobre os parâmetros de qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying. Foram utilizadas as polpas de cajá, manga e mamão com teores de sólidos solúveis totais de 8,7, 14,2 e 10,9 °Brix, respectivamente. A solução foi obtida da mistura das polpas e água (1:1), sendo esta mistura composta pelas polpas das frutas nas mesmas proporções. Antes de ser desidratada a mistura foi adicionada dos agentes carreadores de secagem, maltodextrina 10 e 20 DE, em concentrações de 12, 15, 18 e 21%. Um mini spray dryer em escala laboratorial foi utilizado para a obtenção do suco em pó. As análises físico-químicas e de *stickiness*, solubilidade, atributos da cor, higroscopicidade, estabilidade e a determinação de isotermas de sorção de umidade foram realizadas no material desidratado. O suco em pó de mistura de frutas obtido apresentou valores de teor de umidade e atividade de água dentro da faixa encontrada para produtos em pó variando de 2,30 a 4,36 % e de 0,26 a 0,34, respectivamente. A análise de cor do suco em pó reconstituído revelou através dos parâmetros L*, a* e b* valores médios de 40,89, 8,84 e 38,88, respectivamente; diferença de cromaticidade (ΔC^*) comparado à mistura antes da secagem por *spray drying* de 0,64 a 4,79 e ângulo de tonalidade (h*) na faixa de 76,5° a 78,1°, sugerindo uma tonalidade amarelo alaranjada para o produto obtido. O *stickiness* apresentou valores adequados para produtos de frutas em pó variando de 2,27 a 3,51 N; A solubilidade do suco obtido em todos os tratamentos revelou valores bastante expressivos (97,29 a 99,37%) e a higroscopicidade das partículas variou entre 20,85 e 25,32%. Os modelos de Peleg e GAB produziram ajustes satisfatórios às isotermas de adsorção de umidade, com o modelo de Peleg resultando nos melhores parâmetros de ajuste. Os valores de L*, C* e h* do pó reconstituído apresentaram-se na faixa de 29,71 a 30,55; 16,41 a 20,32 e 84,34° a 86,84°, respectivamente, mostrando-se estáveis durante o armazenamento por 60 dias. Pode ser concluído que o suco elaborado utilizando-se a maltodextrina 10 DE à temperatura de 155 °C apresentou melhor atributos de qualidade e melhores propriedades funcionais.

¹ Comitê Orientador: Prof. Milton Nobel Cano Chauca – DCA/UNIMONTES (Orientador); Prof. Sidnei Tavares dos Reis – DCA/ UNIMONTES. (Coorientador).

ABSTRACT

BARBOSA, Shirley Janaine. **Quality of powdered mixture fruit juice obtained by spray drying**. 2010. 107 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.²

This study aimed to evaluate the influence of drying conditions on quality parameters of powdered fruit mixture juice obtained by spray drying. Pulp of “caja”, mango and papaya were used with levels of total soluble solids of 8.7, 14.2 and 10.9 Brix, respectively. The solution was obtained from the mixture of pulps and water (1:1), in the same proportions. Before being dried dehydrated, the mixture was added of carrier agents of drying, maltodextrin 10 and 20 DE at concentrations of 12, 15, 18 and 21%. A mini spray dryer in lab-scale was used to extract juice powder. The physico-chemical and stickiness analyses, solubility, color attributes, hygroscopicity, stability and determination of moisture sorption isotherms were performed on dehydrated material. The powdered fruit mixture juice showed values of moisture content and water activity within the range found for powders ranging from 2.30 to 4.36% and 0.26 to 0.34, respectively. The color analysis of the reconstituted juice revealed by the parameters L*, a* and b* average values of 40.89, 8.84 and 38.88, respectively; chromaticity difference (ΔC^*) compared to the mixture before drying by spray drying between 0.64 and 4.79 and hue angle (h*) in the range 76.5° to 78.1°, suggesting an orange yellow hue to the product. The stickiness values were suitable for products of fruit powder ranging from 2.27 to 3.51 N. The solubility revealed values very significant (97.29 to 99.37%) in all treatments and particles hygroscopicity ranged from 20.85 to 25.32%. The GAB and Peleg models produced satisfactory adjustments to the moisture adsorption isotherms, with the model of Peleg resulting in the best adjustment parameters. The values of L*, C* and h* of the reconstituted powder were in the range from 29.71 to 30.55, from 16.41 to 20.32 and 84.34° to 86.84°, respectively, showing themselves stable during storage for 60 days. It can be concluded that the juice prepared using maltodextrin DE 10 at a temperature of 155 °C had better quality attributes and better functional properties.

² Guidance committee: Prof. Milton Nobel Cano Chauca – DCA/UNIMONTES. Prof. Sidnei Tavares dos Reis – DCA/ UNIMONTES (Coorientador)

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo se observa um aumento do consumo de frutas. Essa demanda crescente dos consumidores por uma maior variedade de frutas em sua dieta é motivada por uma série de fatores que levam às modificações nos hábitos alimentares, tais como: maior cuidado com a saúde e aspectos nutritivos dos alimentos, campanhas publicitárias sobre os benefícios do consumo de frutas, envelhecimento da população, que amplia o conjunto consumidor de maior idade, tendência a desprendimento dos horários e costumes e consumidor aberto a novos sabores, atraído por novos produtos (MAIA *et al.*, 2007). De acordo com Sousa *et al.* (2010) esse interesse não se estende somente para frutas tropicais frescas, mas também para sucos processados com teor variável de suco de frutas.

Atualmente há um mercado crescente para sucos compostos com mais de uma fruta e essa tendência é mais observada em produtos que utilizam em suas formulações frutas tropicais. Estes produtos apresentam uma série de vantagens, tais como melhorar as características nutricionais de determinados sucos pela complementação de nutrientes fornecidos por diferentes frutas, bem como desenvolver novos sabores, atendendo às expectativas dos consumidores.

Frutas tropicais são amplamente aceitas pelos consumidores, e são importantes fontes de componentes antioxidantes. As mangas contêm quantidades consideráveis de componentes fenólicos e carotenoides (LUXIMON-RAMMA *et al.*, 2003). A polpa de cajá é bastante atrativa, pois apresenta sabor exótico, como também apreciável teor de carotenoides (HAMANO e MERCADANTE, 2001). As polpas de mamão são também ricas em nutrientes, tendo o licopeno como principal carotenoide (KIMURA *et al.*, 1991). Porém, a maioria das frutas tropicais é altamente perecível, e suas perdas pós-colheita são mais preocupantes em países tropicais. Estas perdas podem ser

reduzidas pelo processamento das frutas em uma variedade de produtos (SOUSA *et al.*, 2010). As frutas na atualidade vêm sendo comercializadas no mercado nacional e internacional *in natura* e em forma de polpas e sucos. Essas técnicas de preservação, apesar de serem eficientes, apresentam problemas de contaminação microbiana, perda de cor, sabor, nutrientes, odor e elevado custo de processo.

O *spray drying* é um processo que resulta em produtos de boa qualidade, baixa atividade de água e de fácil transporte e estocagem, e tem sido muito usado para produzir sucos de frutas em pó (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005; QUEK *et al.*, 2007). No entanto, esses pós podem apresentar alguns problemas em suas propriedades, como *stickiness* e alta higroscopicidade, devido à presença de açúcares de baixo peso molecular e ácidos, os quais possuem baixa temperatura de transição vítrea (BHANDARI *et al.*, 2003). Assim, o pó pode aderir à parede do secador durante a secagem, levando à redução do rendimento e a problemas operacionais. Uma alternativa que vem sendo utilizada para secar estes produtos tem sido a adição de aditivos de alto peso molecular no produto, antes de serem atomizados, para aumentar a temperatura de transição vítrea (SHRESTHA *et al.*, 2007). Os agentes carreadores mais comumente usados em suco de frutas são as maltodextrinas e a goma arábica (GABAS *et al.*, 2007).

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da temperatura do ar de secagem e de carreadores sobre a perda de cor e sobre as propriedades funcionais de *stickiness*, solubilidade e higroscopicidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* e analisar a estabilidade durante o armazenamento, bem como determinar as isotermas de sorção do material obtido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Suco de mistura de frutas

O hábito de consumo de sucos de frutas processadas tem aumentado no Brasil e no mundo, motivado pela falta de tempo da população em preparar o suco das frutas *in natura*, pela praticidade oferecida pelos produtos e pela substituição do consumo de bebidas carbonatadas devido ao seu valor nutritivo, como também em função da preocupação em consumir alimentos mais saudáveis (MATSUURA *et al.*, 2002).

Apesar da tradição que os sucos de frutas puros têm, há razões lógicas para produzir misturas de sucos, tais como: diminuir custos, através da adição de frutas mais baratas às frutas de alto custo, como as frutas exóticas; suprir a escassez e disponibilidade sazonal de certos nutrientes do suco; compensar sabores excessivamente fortes, principalmente acidez elevada, adstringência, ou amargor de certos frutos; corrigir baixos níveis de sólidos solúveis; equilibrar sucos com sabores fracos ou suaves, mas que possuem outros atributos positivos; melhorar a cor de alguns sucos; balancear atributos sensoriais entre as misturas; enfatizar propriedades nutricionais ou fitoquímicas de certos produtos; melhorar o “corpo” (textura) do suco integral (SOUSA, 2006).

Néctares mistos das polpas de mamão e manga foram também estudados e produtos com quantidades iguais de ambas as polpas e um total de 30 a 40% de polpa na formulação apresentaram melhor aceitação sensorial em relação àqueles com menores níveis de polpa de manga (MOSTAFA *et al.*, 1997). A mistura dos frutos de cajá, manga e mamão em um único produto é algo novo e colabora para a agregação de valor na agroindústria brasileira.

O cajá (*Spondias lutea* L.) é um fruto bastante conhecido e apreciado no Norte e Nordeste do Brasil. Com grande potencial para a industrialização, o cajá

vem conquistando o mercado interno através da comercialização da polpa congelada (MATTIETTO *et al.*, 2007). Essa polpa apresenta alto teor de carotenoides, em média 20,6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, sendo a β -Cryptoxantina o principal carotenoide (34%), contribuindo com os maiores valores (54%) de vitamina A no produto (HAMANO e MERCADANTE, 2001).

Kimura *et al.* (1991), estudando a composição de carotenoides de mamões por meio de CCA (Cromatografia em Coluna Aberta), constataram que o pigmento que tem a maior predominância nos cultivares Solo, Formosa e Tailândia é o licopeno com valores de 21,0; 22,8 e 40,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente.

A polpa de manga apresenta também características bastante atrativas, além de vários nutrientes como betacaroteno, ácido ascórbico, sais minerais e considerável teor de fibras. De acordo com Mercadante & Rodriguez-Amaya (1998), a polpa de manga apresenta teor de β -caroteno igual a 15 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

2.2. A secagem por spray drying

A secagem por atomização (*spray drying*) consiste na transformação de um produto no estado fluido para o estado sólido em forma de pó, através de sua introdução em um meio aquecido, numa operação contínua (MASTERS, 1979).

O processo de secagem por atomização ou *spray drying* vem sendo usado há décadas em diversos processos industriais para a obtenção de materiais desidratados na forma de pós finos. As primeiras descrições do processo de atomização datam de 1860, e a primeira patente é datada em 1872. Mafart (1994) afirma que desde 1901 se fabrica, por esse método, leite em pó e detergentes. A partir dos anos de 1930 aumentou consideravelmente a gama de produtos alimentícios atomizados, especialmente com a aparição dos cafés solúveis e ovo em pó.

O princípio da técnica consiste em pulverizar o produto em finas gotas formando uma névoa. Desde o momento de sua formação, essa névoa está em contato com uma corrente de ar quente (120 a 250 °C em alimentos agroindustriais) que atua por sua vez como fluido aquecedor e como veículo transportador de umidade. A imediata evaporação transforma as gotas líquidas em partículas sólidas que são separadas mediante um ciclone primário que se forma na saída da câmara de secagem. Mediante uma ventilação de aspiração apropriada, um ciclone secundário recupera as partículas mais finas que tendem a permanecer em suspensão no recinto de secagem (MAFART, 1994).

De acordo com Furuta *et al.* (1994), a qualidade dos produtos depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas na câmara de secagem. O líquido é disperso através de alta pressão ou força centrífuga, para aumentar sua área superficial e expor as partículas de pequeno diâmetro ao ar de secagem a altas temperaturas. A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto (DAIÚTO e CEREDA, 2003). O produto assim obtido é um pó, que deve reunir características como facilidade de reconstituição, degradação mínima dos constituintes e sabor agradável.

As propriedades instantâneas (penetração, molhabilidade, dispersibilidade e solubilidade) são influenciadas pela natureza dos alimentos (teor de sólidos, viscosidade e temperatura), tipo de *spray dryer*, velocidade de secagem e pressões operacionais e temperaturas do ar de entrada e do ar de saída (NATH & SAPHY, 1998). A solubilidade do pó está associada com o conteúdo de umidade e condições operacionais do secador, aumentando com a diminuição no teor de umidade (GOULA & ADAMOPOULOS, 2005).

As propriedades físico-químicas do pó produzido por *spray drying* dependem de algumas variáveis do processo como as características do líquido

de alimentação (viscosidade, tamanho da partícula e vazão) e do ar de secagem (temperatura, pressão) bem como o tipo de atomizador. Portanto, essas variáveis são importantes para otimizar o processo de secagem para obtenção de produtos com boas características nutricionais e sensoriais, bem como de um bom rendimento no processo (TONON *et al.*, 2008).

2.3 Problemas na desidratação de sucos por spray drying

As dificuldades técnicas da secagem em alimentos ricos em açúcar como os sucos de frutas estão associadas com a presença de ácidos e açúcares de baixo peso molecular que apresentam. Durante a desidratação por *spray drying* ocorre uma rápida remoção de umidade das gotículas do material que resulta em um produto completamente amorfo, ou ainda, com algumas regiões microcristalinas dispersas na massa amorfa (BHANDARI *et al.*, 1997).

O estado amorfo é caracterizado por um estado metaestável em não equilíbrio mostrando um alto grau de higroscopicidade (SENOUSSI *et. al.*, 1995), influenciando sobre as características do material desidratado, principalmente sua tendência a tornar-se pegajoso (*sticky*) e formar aglomerados de alta consistência. Esta tendência à aglomeração poderá acentuar-se ainda mais à medida que o açúcar no estado amorfo se transforma em açúcar no estado cristalino mediante a adsorção de pequenas quantidades de água (SHAHIDE e HAND, 1993).

O *stickiness* é uma propriedade de superfície de um material que pode ser caracterizado como a coesão e/ou aderência entre partículas. É governado por um fenômeno físico chamado de transição vítrea, no qual um material sólido seco é transformado em um material pegajoso. Isso ocorre a uma temperatura denominada temperatura de transição vítrea (T_g). Problemas de aderência são

frequentemente encontrados durante a secagem, processamento e armazenamento de pó com baixa temperatura de transição vítrea (Tg) (BHANDARI & HOWES, 2005).

De acordo com Bhandari e Hartel, (2005), o comportamento pegajoso é atribuído a uma elevada concentração de açúcares e ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que têm baixa temperatura de transição vítrea (Tg), sendo termoplástico nas temperaturas da câmara de secagem. A aglomeração indesejável de partículas e sua deposição nas superfícies da câmara de secagem é um problema comum em operações de secagem. Em alimentos contendo açúcares, a propriedade de aderência do pó é fortemente dependente da temperatura das partículas e do teor de umidade. Em determinadas condições, a partícula se comporta de uma forma coesa e adesiva, enquanto que em condições de temperatura e umidade menores, as partículas apresentam livre fluidez.

A desidratação por *spray drying* de sucos de frutas além de ser dificultado devido aos altos teores de açúcares também apresenta baixo conteúdo de sólidos solúveis, o que provoca elevado custo de operação e conseqüentemente um baixo rendimento do produto final. Na maioria das vezes para que o processo seja viável economicamente e tecnicamente é necessário que a solução apresente uma faixa de pelo menos 25% de sólidos. Para isso, é necessário adicionar alguns aditivos de grau alimentício antes de serem desidratados. Estes aditivos ou também chamados de carreadores possuem propriedades que protegem o aroma e *flavor* do material durante a secagem, além de favorecer maior rendimento do produto desidratado. Os aditivos também influenciam sobre as propriedades físico-químicas do produto tais como tamanho e distribuição da partícula, fluidez, densidade mássica, compressibilidade, solubilidade, pegajosidade, conteúdo de umidade e higroscopicidade do material desidratado (NATH e SATPATHY, 1998).

2.4 Propriedades físicas dos açúcares e sua influência sobre a secagem por *spray drying*

As propriedades físicas de cada tipo de açúcar no alimento influenciam de forma individual sobre a desidratação. Dentre algumas propriedades responsáveis, podem ser citados higroscopicidade, solubilidade, ponto de fusão e temperatura de transição vítrea (Tg). A Tabela 1 ilustra como as diferentes propriedades físicas podem correlacionar o comportamento de *stickiness* de um produto. O *stickiness* pode ser devido ao conjunto de influências de todas essas propriedades durante a secagem (BHANDARI *et al.*, 1997).

TABELA 1. Propriedades físicas dos açúcares e o comportamento do *stickiness* durante o processo de *spray drying*.

Açúcar	Higroscopicidade (relativo)*	Ponto de fusão(°C)	Solubilidade em H ₂ O	Tg (°C)	<i>Stickiness</i> (relativo)*
Lactose	+	223	35	101	+
Maltose	++	165	52	87	++
Sacarose	+++	186	71	62	+++
Glicose	+++++	146	72	31	+++++
Frutose	+++++	105	89	5	+++++

*: + (pouco); ++ (baixo); +++ (médio); ++++ (alto); +++++ (muito alto).

Recentemente, os conceitos ligados à atividade de água têm sido relacionados com a temperatura de transição vítrea, provendo uma aproximação completa do papel da água nos alimentos. A mobilidade molecular no estado vítreo é extremamente baixa devida à alta viscosidade na matriz (aproximadamente 10^{12} Pa.s). Dessa maneira, a Tg pode servir como um parâmetro de referência para caracterizar as propriedades de qualidade, estabilidade e segurança de sistemas alimentícios. Alterações estruturais como *stickiness*, aglomeração, *caking* e cristalização ocorrem em pós de alimentos amorfos quando estocados em temperaturas acima da temperatura de transição vítrea.

Alimentos com baixo conteúdo de umidade e Tg acima da temperatura de estocagem podem ser considerados estáveis, mas um aumento significativo na umidade reduz a temperatura de transição vítrea (KUROZAWA, 2009). Quando a temperatura de transição vítrea do produto é igual à temperatura ambiente na qual ele se encontra, o valor do conteúdo de umidade ou da atividade de água do produto é considerado crítico (SHRETHA *et al.*, 2007). Conforme Roos e Karel (1991), todos os produtos amorfos são metaestáveis e são sujeitos ao *caking*, colapso ou à cristalização durante a estocagem. A estabilidade desses produtos está extremamente associada com a Tg, a qual depende das condições de estocagem como da atividade de água, umidade ou temperatura.

Uma das técnicas utilizadas com sucesso para a desidratação por *spray drying* de alimentos com altos teores de açúcar é o aumento do Tg do material a ser atomizado. Polímeros de alto peso molecular possuem alto valor de Tg, e quando estes são adicionados ao material a desidratar o valor de Tg da solução aumenta. Dentre os polímeros mais utilizados para aumentar a Tg estão a maltodextrina, Goma Arábica e amidos modificados (ROOS e KAREL, 1991). Além de aumentar a temperatura de transição vítrea (Tg) e reduzir a higroscopicidade do pó, esses aditivos, normalmente utilizados na microencapsulação, podem proteger componentes sensíveis dos alimentos contra condições ambientais desfavoráveis, mascarar ou preservar *flavors* e aromas, reduzir a volatibilidade e reatividade e prover atratividade adicional aos produtos alimentícios (RÉ, 1998).

2.5 Agentes carreadores de secagem

O comportamento pegajoso pode ser evitado através da adição de coadjuvantes de secagem, denominados carreadores ou material de parede, que podem ser carboidratos (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas,

sacarose e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma acácia, Agar, carragena, etc.), lipídios (ceras, parafina, diglicerídios, etc.) e proteínas (glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobinas e peptídeos).

Dentre essas substâncias, os produtos à base de amido parcialmente hidrolisados têm sido bastante utilizados como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó. Esses polímeros de sacarídeos de D-glicose possuem sabor neutro, ausência de odor e são facilmente digeríveis e bem tolerados. Eles são usualmente classificados de acordo com seu grau de hidrólise, expressado como dextrose equivalente (DE).

De acordo com a United States Food and Drug Administration (USFDA), Maltodextrinas apresentam uma DE menor que 20 enquanto que polímeros com DE maiores que 20 são considerados xarope de glicose (OBON *et al.*, 2009). Exemplos de maltodextrina e xarope de glicose usados na obtenção de sucos por *spray drying* incluem os sucos em pó de melancia (9 DE) (QUEK *et al.*, 2007), abacaxi (10 DE) (ABADIO *et al.*, 2004) e manga (20DE) (CANO CHAUCA *et al.*, 2005).

A eficácia de maltodextrinas de baixa dextrose equivalente (DE) como carreadores de secagem é devido à propriedade encapsulante e à baixa difusividade de umidade (ADHIKARI *et al.*, 2003). Tonon *et al.* (2008), estudando a influência das condições de processo nas propriedades físico-químicas do açaí em pó obtido por *spray drying*, registraram menores valores para a higroscopicidade do pó com o aumento na concentração de maltodextrina, confirmando sua eficiência como agente carreador. Dessa forma, a utilização de agentes carreadores pode promover um melhor manuseio do produto obtido, conferindo uma maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente, tornando-o menos higroscópico.

2.6 Atributos de cor

Dos três principais atributos sensoriais de qualidade de alimentos (aparência, sabor e textura), a aparência é um dos maiores, senão o mais importante, constituindo a cor um critério muito utilizado para estabelecer limites que sugerem parâmetros para avaliar a qualidade dos produtos (VON ELBE e SCHWARTZ, 1996). A importância tecnológica da relação que existe entre a cor e outros fatores de qualidade ou entre aquele e a composição química ou o grau de desenvolvimento ou de alteração, reside na possibilidade de utilizar a cor como índice das transformações naturais dos alimentos frescos ou de mudanças ocorridas no processo industrial (AGUILERA, 1997).

Os produtos vegetais apresentam três principais pigmentos: a clorofila, os carotenoides e as antocianinas, havendo, em alguns casos, formação de antoxantinas (CHITARRA e CHITARRA, 1990), os quais são responsáveis pela caracterização da cor. Durante o *spray drying*, essa propriedade pode ser afetada pelas condições do ar de secagem (temperatura, vazão), condições de alimentação (inativação de enzimas, taxa de alimentação e uso de aditivos) e pela velocidade de secagem, entre outros fatores (CAI e CORKE, 2000; MASTERS, 1991).

A cor consiste na percepção visual que resulta da detecção da luz após interação com um objeto e pode variar em três dimensões: tonalidade cromática (*hue*); luminosidade ou brilho (*value* ou *brightness*); e croma, saturação ou pureza (*chroma*, *saturation* ou *purity*). A tonalidade cromática ($h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$) é um atributo no qual se identificam as cores (violeta, azul, amarelo, laranja, vermelho e púrpura). Essa percepção é resultado de diferenças na absorção da energia radiante em vários comprimentos de onda. Já a luminosidade é o atributo em que é descrita a relação entre a luz refletida ou absorvida e caracteriza a cor como mais clara ou mais escura (de preto a

branco). O croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) é o atributo que indica a pureza da cor, ou seja, o quanto esta difere do cinza (TUNICK, 2000).

Medidas de cor implicam a mensuração de três parâmetros independentes L^* , a^* e b^* , onde L^* representa a luminosidade da superfície, e determina a posição do ponto sobre o eixo vertical que varia entre 0 (preto) a 100 (branco) (JOSHI, 2001). O parâmetro a^* quantifica a cor vermelha ($a^* > 0$) e verde ($a^* < 0$) da amostra e b^* registra o amarelo ($b^* > 0$) ou azul ($b^* < 0$). Quek *et al.* (2007) observaram para a melancia em pó com 5 % de maltodextrina que o aumento da temperatura do ar de secagem levou à obtenção de maiores valores para o índice de amarelo (b^*), enquanto os valores do índice de vermelho (a^*) primeiro aumentaram e depois reduziram em 175 °C. Isto contribuiu para as mudanças no ângulo de tonalidade e na cromaticidade, sendo que de forma geral, a luminosidade do pó reduziu e a cromaticidade das amostras aumentaram.

Kha *et al.* (2010), estudando os efeitos das condições de secagem por *spray drying* sobre as propriedades de cor de pós de gac aril, encontraram efeito significativo ($p < 0,001$) da temperatura de secagem sobre os parâmetros ângulo de tonalidade (h^*) e diferença total de cor (ΔE^*). Os autores observaram um aumento da perda de vermelho das amostras, resultante de baixos valores de a^*/b^* e altos valores de h^* , com o aumento da temperatura de 120 a 200 °C. Já em relação ao efeito da concentração de maltodextrina utilizada, baixos valores de h^* foram obtidos na amostra com o uso de 10% de maltodextrina e um aumento nos valores da luminosidade (L^*), e uma redução nos valores do índice de saturação (C^*) foi observada com o aumento na concentração de maltodextrina de 10 para 20%. Segundo Desobry *et al.* (1997), as condições que favorecem o aumento do volume superficial ou maior número de partículas menores tende a favorecer a oxidação dos pigmentos. No caso do *spray drying*,

estas condições são favorecidas por altas temperaturas e velocidades de atomização (MASTERS, 1991).

2.7 Isotermas de sorção

As estabilidades física, química e microbiológica dos alimentos dependem substancialmente do conteúdo de água e de sua interação com os outros componentes do alimento (SABLANI *et al.*, 2007). A disponibilidade de água para diversas reações em alimentos é expressa através da atividade de água (A_w), que representa a pressão de vapor de água do alimento em relação à pressão da água pura (p/p_0), sob a mesma condição de temperatura. Os alimentos higroscópicos atingem a umidade de equilíbrio ao entrar em contato com uma atmosfera sob condições de temperatura e umidade relativa constantes. A representação gráfica da relação entre a umidade de equilíbrio de um material e a umidade relativa (atividade de água), à temperatura constante, fornece as curvas de umidade de equilíbrio ou isotermas de sorção de água. Uma isoterma de sorção pode ser obtida em duas direções: durante a hidratação do material (adsorção) ou durante a sua secagem (dessorção) (TONELI, 2006).

As isotermas de sorção são ferramentas importantes para prever as interações entre a água e os componentes dos alimentos, especialmente os de baixa umidade. O conhecimento de isotermas de sorção de umidade é de grande importância para vários processos alimentícios, como a desidratação, a estocagem e o armazenamento, sendo utilizados para calcular o tempo de secagem, prever o comportamento de ingredientes após a mistura, seleção de embalagens, modelar as mudanças de umidade que ocorrem durante a estocagem e para estimar a estabilidade durante a vida de prateleira dos alimentos, a qual é muito importante, principalmente para produtos em pó (LOMAURO *et al.*, 1985).

Na literatura existem vários modelos matemáticos para descrever o comportamento das isotermas de sorção de umidade de alimentos. Alguns desses modelos são baseados em teorias dos mecanismos de sorção, como os modelos de BET (BRUNAUER *et al.* 1938) e GAB (BERG, 1981); outros são puramente empíricos ou semiempíricos, como os modelos de Oswin e Smith (OSWIN, 1946; SMITH, 1947) e Peleg (PELEG, 1993). De acordo com Gabas *et al.* (2007), os critérios usados para selecionar o modelo de sorção mais apropriado são o grau de ajuste aos dados experimentais e o significado físico do modelo. Lomauro *et al.* (1985) verificaram que a equação de GAB pode representar com grande precisão mais que 50% das isotermas de frutas, vegetais e carnes, quando comparada com equações de dois parâmetros.

Na maior parte dos alimentos, as isotermas de sorção apresentam formato sigmoidal. No entanto, uma vez que o comportamento da sorção de água de um material varia em função de suas propriedades físicas e químicas, as isotermas de produtos alimentícios diferem consideravelmente de acordo com a composição do alimento. Açúcares, em geral, representam um grupo de materiais que exibem dois comportamentos na sorção. No estado amorfo, são mais higroscópicos que no estado cristalino (WOLF *et al.*, 1985).

De acordo com Brunauer *et al.* (1938), há cinco tipos de isotermas de sorção, segundo a forma das curvas obtidas (Figura 1B). Materiais como farinha de trigo, amidos, amidos modificados, etc. apresentam isotermas de sorção do tipo II, cuja forma é sigmoidal. A forma dessas curvas indica o tipo de forças existentes na ligação de água com a superfície do material higroscópico e permite avaliar a estrutura superficial do material.

Os alimentos que possuem elevadas concentrações de açúcar, como a maior parte das frutas, apresentam isotermas de sorção que se assemelham tanto às isotermas do tipo II, com baixo valor da constante C_{BET} , quanto às isotermas do tipo III. Nas isotermas do tipo II, a primeira inflexão da curva depende do

valor numérico do parâmetro C_{BET} , e o ângulo se torna menos agudo quando o valor da constante diminui. Quando C_{BET} tem um valor positivo menor que 2, o resultado é uma curva com formato de isoterma tipo III (GREGG e SING, 1967); a curva agora é inteiramente convexa em relação ao eixo de atividade de água. De acordo com Nogueira (2001), nestes alimentos, os sólidos solúveis (na maioria açúcares) adsorvem pouca água sob baixas umidades relativas e a sorção é principalmente devida aos polímeros que geralmente acompanham os açúcares. Com o aumento da umidade relativa, a sorção se aumenta consideravelmente levando à dissolução dos açúcares. Conforme BET, as isotermas do tipo I, IV e V não são de interesse para a área de alimentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Tecnologia de Processamento de Produtos de Origem Animal e Vegetal (TPAV) do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, no campus de Janaúba em Minas Gerais.

3.2 Materiais

Para esta pesquisa foram utilizadas polpas congeladas de cajá, manga e mamão, obtidas no comércio local, com teores de sólidos solúveis totais de 8,7; 14,2 e 10,88 °Brix e pH de 2,55; 3,27 e 4,35; respectivamente. As polpas foram estocadas à temperatura de -18 °C e descongeladas em geladeira, de acordo com a quantidade necessária para cada teste. Foram utilizadas como agentes carreadores as substâncias maltodextrina 10 DE (Mor Rex 1910) e a maltodextrina 20 DE (Mor Rex 1920) adquiridos da empresa Corn Products, Brasil.

3.3 Preparação da amostra

A solução foi obtida a partir da mistura das polpas de frutas e água destilada, na proporção de 50% de polpa para 50% de água, sendo que a proporção de polpa foi composta pela mistura de quantidades iguais das polpas de cajá, manga e mamão. Em seguida a solução foi filtrada para reduzir o teor de fibras e de sólidos em suspensão. Os agentes carreadores foram adicionados à mistura, nas concentrações de 12, 15, 18 e 21% (p/p), sob agitação manual até

completa dissolução. Essas concentrações foram determinadas em um estudo preliminar, onde se verificou a concentração mínima em que era possível secar o produto.

3.4 *Spray drying*

O processo de secagem foi realizado por meio de um *Mini Spray Dryer* (BUCHI, B-290, Laboratory-Techniques LTD, Flawil–Switzerland), provido de um painel de controle com capacidade de evaporação de 1,5 litros de água por hora. Foi utilizada a condição de processo com fluxo de ar de secagem concorrente ao material e temperaturas para o ar de secagem iguais a 155 e 165 °C. Os outros parâmetros mantiveram-se constantes, em que a alimentação da câmara de secagem com a mistura a 25 °C foi realizada por uma bomba peristáltica com vazão igual a 10 mL/min. A vazão do ar de secagem foi de 28 m³ h⁻¹ e a pressão no compressor de ar foi igual a 7,5 bar. O material obtido foi acondicionado em sacos comerciais (folha laminada de alumínio de aproximadamente 100 g) e armazenado em dissecadores contendo sílica gel até a realização das análises.

3.5 Análise Físico-químicas

Os sólidos solúveis °Brix, sólidos totais e a umidade, assim como os valores de pH e *A_w* foram determinados de acordo os métodos padronizados da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997). Os sólidos solúveis totais através de um aparelho refratômetro digital (AR200 Digital Refractometer), sólidos totais e umidade por gravimetria em estufa a vácuo. O pH foi mensurado com um pHmetro (pHmetro-3 MP da Tecnal), e a atividade

de água das amostras do pó foi obtida através de um medidor de atividade de água AQUA LAB (Series 3 Quik Start- Decagon Devices).

3.6 Análise de cor

A avaliação da cor foi feita eletronicamente usando-se um colorímetro modelo MiniScan EZ (“Hunter Lab”). Para cálculo dos parâmetros de cor, foram estabelecido o iluminante D_{65} (luz do dia 6.500K) e o ângulo de 10° para o observador e a escala do sistema da cor “Cielab $L^*a^*b^*$ ”, sendo a coordenada “L” a luminosidade; a coordenada, “a” a intensidade do vermelho/verde; e a coordenada “b”, a intensidade do amarelo/azul. A partir desses parâmetros, foi calculado o ângulo de tonalidade, h^* (Equação 1); e a perda de cor foi calculada mediante a equação 2, sendo Δa^* o incremento da coordenada a^* e Δb o incremento da coordenada b^* . Para essa medida, as amostras coletadas antes da secagem foram colocadas em uma cubeta de vidro e submetidas à leitura em triplicata. Após a secagem, e em função do teor de sólidos totais, o pó foi reconstituído para as condições iniciais de entrada no secador e colocado na cubeta do aparelho para as leituras correspondentes.

$$h^* = \arctan (b^*/a^*) \quad \text{Equação 1}$$

$$\Delta C^* = (\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad \text{Equação 2}$$

3.7 Análise de stickness (pegajosidade)

O *stickiness* foi determinado mediante o uso de um texturômetro (TA.XT2 modelo da Stable Micro Systems), instrumento que, com a ajuda de um software, fornece diretamente a força adesiva. Foi utilizada uma sonda de

3,5 mm de diâmetro e 3,5 mm de altura. Para essa análise, as amostras do pó foram misturadas com glicerol na proporção de 4 g/1,5 mL formando uma massa homogênea. Após a calibração do aparelho e ajuste aos parâmetros pré-estabelecidos para esta análise (Tabela 2), as massas foram colocadas no aparelho cujas leituras foram realizadas em triplicata. A água não foi utilizada para a formação da massa, pois a sua adição pode afetar a temperatura de transição vítrea e, conseqüentemente, o *stickiness* (CANO CHAUCA *et al.*, 2005).

TABELA 2. Parâmetros de ajuste para a análise de *stickiness* de suco em pó de mistura de frutas

PARÂMETROS	CONTROLE
Velocidade de pré-teste	7,0 mm/s
Sensibilidade	0,049 N
Velocidade de ensaio	5,0mm/s
Velocidade de retorno	10,0 mm/s
Distância	5,0 mm
Ciclos	1

3.8 Análise de solubilidade

A solubilidade foi determinada conforme o método EASTMAN e MOORE (1984) com algumas modificações. Em 100 mL de H₂O destilada, foi adicionado 1 g, em base seca, do suco em pó, o qual foi homogeneizado mediante um Mixer a alta velocidade por um período de 5 minutos. Em seguida, essa solução foi colocada em tubos com tampas, em uma centrífuga para serem centrifugados a 30.000 x g durante 10 minutos. Uma alíquota de 20 mL do sobrenadante foi colocada em placas de Petri e estas foram submetidas à secagem em estufa a vácuo (TE – 395/1 TECNAL), à temperatura de 75 °C por 5 horas. Por diferença de peso, foi calculada a solubilidade (%).

3.8 Análise de higroscopicidade

Amostras do suco em pó foram pesadas em cápsulas de alumínio (2 g) e mantidas em um dessecador contendo solução saturada de NaCl à temperatura ambiente (URE igual a 75%) até que o equilíbrio fosse atingido. Para isso, realizou-se a pesagem em intervalos de 48 horas até quando obtivesse peso constante, atingido com aproximadamente 20 dias. A higroscopicidade foi expressa como o conteúdo de água absorvida por 100 g do pó em base seca (g/100 g em b.s).

3.9 Determinação de isotermas de adsorção

As isotermas de adsorção foram determinadas pelo método gravimétrico estático, onde amostras de 2 g do suco em pó foram pesadas em recipientes de papel alumínio e estocadas em dessecadores, os quais mantêm a umidade relativa de equilíbrio com soluções saturadas de sais. Os sais utilizados foram: $KC_2H_3O_2$, K_2CO_3 , NH_4NO_3 , NaCl, KCl e K_2SO_4 , provendo valores de atividade de água (A_w) iguais a 0,22; 0,43; 0,62; 0,75; 0,85 e 0,97 respectivamente (GREENSPAN, 1977). As amostras alcançaram o equilíbrio entre 2 e 3 semanas, baseando-se na mudança de peso. Após terem alcançado o equilíbrio, obteve-se a umidade de equilíbrio através de uma estufa a vácuo.

Os modelos de GAB, Oswin e Peleg (Tabela 1) foram utilizados para ajustar aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade de suco em pó. E os parâmetros de cada modelo foram estimados utilizando-se o programa de regressão não-linear LAB FIT (SILVA *et al.*, 2003-2004). Para a determinação do melhor ajuste, foi usado o coeficiente de determinação (R^2) o qual mensura a proporção da variabilidade atribuída ao modelo.

TABELA 3. Modelos utilizados para ajuste aos dados experimentais das isotermas de sorção de umidade

MODELOS	EQUAÇÃO
GAB	$U_{eq} = \frac{X_m.C.K.A_w}{(1 - K.A_w)(1 - K.A_w + C.K.A_w)}$
Oswin	$U_{eq} = a \left(\frac{A_w}{1 - A_w} \right)^b$
Peleg	$U_{eq} = K_1.A_w^{n_1} + K_2.A_w^{n_2}$

Em que: U_{eq} : umidade de equilíbrio (% base seca); A_w : atividade de água; X_m : umidade na monocamada molecular; C e K: parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto; a e b: parâmetros de ajuste do modelo; k_1 , k_2 , n_1 e n_2 : constantes do modelo.

3.10 Análise de estabilidade

O estudo da estabilidade de armazenamento do pó foi realizado à temperatura ambiente (25 °C), mantendo-se as amostras em dessecadores contendo sílica gel. Após 1, 20, 40 e 60 dias, as amostras foram avaliadas quanto a cor através de um colorímetro modelo MiniScan EZ (“Hunter Lab”). O resultado foi expresso através do sistema de cor CIELab $L^*a^*b^*$, sendo a coordenada “L” a luminosidade; a coordenada “a”, a intensidade de vermelho/verde; e a coordenada “b”, a intensidade de amarelo/azul. Através desses parâmetros, foram calculados os valores para o ângulo de tonalidade h^* (equação 1) e para a diferença de cromaticidade, ΔC^* (equação 2). Para esta avaliação, 6 g do pó foram reidratados em 100 mL de água destilada e colocados em uma cubeta de vidro através dos quais foram realizadas as leituras em triplicata. Para esta análise, foram avaliados somente os pós obtidos à temperatura de 165 °C.

3.11 Delineamento experimental

Para a realização do experimento, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquemas fatoriais: 2 x 2 x 4 (temperatura x substância x concentração); 2 x 2 x 4 x 6 (temperatura x substância x concentração x atividade de água) e 2 x 4 x 4 (substância x concentração x tempo). As análises foram conduzidas utilizando-se 3 repetições. Foram utilizadas as temperaturas para o ar de entrada de 155 e 165 °C; os agentes carreadores maltodextrina 10 e 20 DE, as concentrações 12, 15, 18 e 21% e soluções com atividade de água (A_w) de 0,22; 0,43; 0,62; 0,75; 0,85 e 0,97. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças significativas entre médias foram submetidas às análises de regressão e ao teste de Scott Knott a 5% de significância, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físico-químicas

4.1.1 Umidade

As análises físico-químicas do produto tornam-se necessárias, uma vez que nos permite relacioná-las com outros aspectos de qualidade do produto obtido. Na Tabela 4A observa-se o resumo da análise de variância para o teor de umidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*, onde se observa interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores avaliados, temperatura, substância e concentração. Podem-se verificar os valores médios do conteúdo de umidade (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* nas Tabelas 4 e 5.

TABELA 4. Valores médios de umidade (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função de agentes carreadores, de diferentes concentrações e da temperatura de secagem

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPERATURA	
		155 °C	165 °C
Maltodextrina 10 DE	12	3,31 A	3,31 A
	15	4,36 B	2,86 A
	18	3,84 B	2,52 A
	21	3,47 B	2,30 A
Maltodextrina 20 DE	12	3,88 B	2,81 A
	15	3,40 B	2,35 A
	18	3,55 B	2,37 A
	21	3,18 B	2,56 A

CV (%): 9,09

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Através da Tabela 4, constata-se o efeito significativo ($P < 0,05$) da temperatura do ar de secagem sobre os valores de umidade de pós obtidos com diferentes concentrações dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE. A temperatura 165 °C proporcionou a obtenção de pós com menores teores de umidade, com exceção dos tratamentos utilizando-se a concentração de 12% de maltodextrina 10 DE, os quais apresentaram valores similares de umidade para as duas temperaturas do ar de secagem.

Além disso, o agente carreador como também a concentração dos mesmos tiveram influência significativa sobre o teor de umidade do pó obtido (Tabelas 3A e 4A). Observa-se na Tabela 5 diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores médios do conteúdo de umidade de pós produzidos com os carreadores maltodextrina 10 e 20 DE, nas temperaturas de 155 e 165 °C, quando se utilizaram as menores concentrações dos mesmos. Pode-se verificar (Tabela 5) que os pós produzidos com as concentrações 12 e 15% de maltodextrina 20 DE apresentaram menor teor de umidade em relação àqueles obtidos com maltodextrina 10 DE, com exceção do tratamento obtido com 12% de maltodextrina 10 DE a 155 °C.

Em relação ao efeito da concentração dos carreadores em estudo sobre o teor de umidade, somente não houve efeito significativo ($p > 0,05$) para o suco obtido com a maltodextrina 20 DE à temperatura de 165 °C (Tabela 4A). Para este tratamento, em qualquer das concentrações estudadas, a melhor estimativa para o teor de umidade é a média geral de 3,13% (b.s). Para os outros tratamentos, percebe-se na Figura 1 que o teor de maltodextrina adicionado na mistura antes da secagem por *spray drying* influenciou significativamente ($p < 0,05$) o teor de umidade do pó obtido.

TABELA 5. Valores médios de umidade (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura, de diferentes concentrações e de agentes carreadores

TEMPERATURA	CONCENTRAÇÃO (%)	SUBSTÂNCIA	
		Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
155 °C	12	3,31 A	3,88 B
	15	4,36 B	3,40 A
	18	3,84 A	3,55 A
	21	3,47 A	3,18 A
165 °C	12	3,31 B	2,81 A
	15	2,86 B	2,35 A
	18	2,52 A	2,37 A
	21	2,30 A	2,56 A

CV (%): 9,09

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

Através da Figura 1, pode-se observar que a cada incremento de 1% na concentração do carreador maltodextrina 20 DE utilizando-se a temperatura do ar de secagem de 155 °C, o teor de umidade do pó obtido é reduzido em 0,0654%. E, para o produto obtido com a maltodextrina 10 DE à temperatura de 165 °C, o incremento de 1% reduz sua umidade em 0,1121%. Já para o tratamento obtido com a maltodextrina 10 DE a 155 °C, a redução no teor de umidade só ocorre com a utilização de concentrações maiores que 16,34% deste carreador. Estes resultados mostram que os pós produzidos com as maiores concentrações de maltodextrina e a maior temperatura para o ar de secagem apresentam os menores teores de umidade.

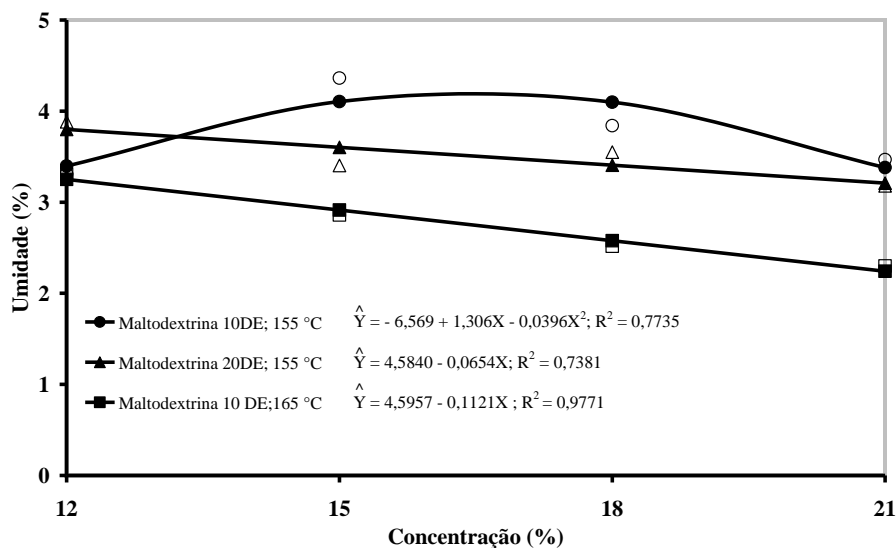


FIGURA 1. Efeito da concentração, de carreadores e da temperatura de secagem sobre o teor de umidade (%) de suco em pó de mistura de frutas.

Na secagem por *spray drying* em geral, o aumento da temperatura de secagem tem resultado em maior perda de água do pó obtido devido a uma maior taxa de transferência de calor sobre as partículas, provendo grande força motriz para a evaporação de umidade (KHA *et al.*, 2010). Esse comportamento é também observado neste estudo em que o conteúdo de umidade do pó reduziu significativamente com o aumento da temperatura do ar de entrada de 150 °C para 160 °C.

Tonon *et al.* (2008) observaram influência significativa da temperatura do ar de entrada sobre a umidade de suco de açaí em pó obtido por *spray drying*. Nesse estudo, os autores obtiveram pós com um teor de umidade na faixa de 0,64 a 2,89% utilizando-se temperaturas para o ar de secagem de 138 °C a 202 °C. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Quek *et al.* (2007), no qual mostraram que a umidade de suco de melancia em pó obtido por *spray drying*, utilizando-se temperatura de ar de secagem igual a 155 °C, reduziu

significativamente (2,29 para 1,55%) quando a concentração de maltodextrina (12 DE) aumentou de 3 para 5%.

Em um sistema de *spray drying*, o teor de água presente na mistura de alimentação tem efeito sobre o conteúdo de umidade do pó obtido. A adição de maltodextrina na mistura antes da secagem aumenta o conteúdo de sólidos totais e reduz a quantidade de água para ser evaporada, resultando em uma diminuição no teor de umidade do pó. Dessa forma, pós com baixo conteúdo de umidade podem ser obtidos pelo incremento na porcentagem de maltodextrinas adicionada. Entretanto, se esta proporção for muito alta, o pó produzido poderá ser de baixa qualidade em função da diluição dos nutrientes inicialmente presentes (QUEK *et al.*, 2007).

4.1.2 Atividade de água

O valor de atividade de água (A_w) para o suco em pó de mistura de frutas foi significativamente afetado ($p < 0,05$) pela temperatura do ar de secagem (Tabela 5A). Verifica-se na Tabela 6 que os menores valores de atividade de água foram apresentados pelos pós produzidos com a maior temperatura do ar de secagem (165 °C).

TABELA 6. Valores médios de atividade de água (A_w) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura do ar de secagem

TEMPERATURA	
155 °C	165 °C
0,3363 B	0,2613 A

CV (%): 8,35

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Esse comportamento foi similar ao obtido para a umidade de suco em pó de mistura de frutas, sugerindo que a utilização de maiores temperaturas para o ar de entrada reduz o teor de umidade como também o teor de água livre no produto. Estes resultados corroboram com os estudos de Kha *et al.* (2010), os quais encontraram valores de A_w na faixa de 0,38 a 0,54, para o pó de gac aril produzido com diferentes concentrações (10, 20 e 30%) de maltodextrina 12 DE, sob temperatura de ar de secagem de 120 a 200 °C; contudo não observaram efeito significativo destes fatores sobre a A_w do produto obtido.

A atividade de água é um índice de grande importância para os alimentos obtidos por *spray drying* devido à sua influência sobre a vida útil do pó produzido. Alta atividade de água indica mais água livre disponível para as reações bioquímicas e, conseqüentemente, vida útil mais curta. Geralmente, alimentos com A_w menores que 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de microrganismos (QUEK *et al.*, 2006). O valor médio de A_w para o suco em pó de mistura de frutas variou de 0,26 a 0,34 (Tabela 6), sendo então considerado bastante estável quanto às alterações microbiológicas.

4.2 Análise de cor

4.2.1 Parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*)

A medida da cor é um importante indicador de qualidade, visto que reflete a atratividade e a qualidade sensorial do pó produzido no processo de secagem. Os resultados da mensuração de cor do suco em pó de mistura de frutas são observados na Tabela 7. O parâmetro L^* mede a luminosidade da amostra, $+a^*$ mede a cor vermelha, e $+b^*$ mede a cor amarela.

TABELA 7. Valores médios dos parâmetros de cor (L^* , a^* , e b^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura de secagem e dos carreadores maltodextrina 10 DE (MALT 10 DE) e maltodextrina 20 DE (MALT 20 DE)

TEMPERATURA	L^*		a^*		b^*	
	MALT 10 DE	MALT 20 DE	MALT 10 DE	MALT 20 DE	MALT 10 DE	MALT 20 DE
155 °C	42,13 Aa	39,86 Bb	9,08 Aa	7,96 Bb	39,37 Aa	37,46 Bb
165 °C	39,92 Bb	41,67 Aa	8,68 Ba	9,65 Aa	38,49 Ba	40,19 Aa
CV (%):	2,95		10,45		4,98	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste “F” ($P>0,05$).

Através da Tabela 6^a, nota-se que houve efeitos significativos da concentração de maltodextrina e interação entre os fatores temperatura e substância utilizada como agente carreador sobre os três parâmetros de cor, L^* , a^* e b^* de suco em pó de mistura de frutas. Verifica-se através da Tabela 7 (na linha) que houve influência ($p<0,05$) do agente carreador sobre os valores de L^* , a^* e b^* dos pós obtidos nas duas temperaturas de secagem. Os valores para estes parâmetros tiveram uma ligeira variação sobre os pós produzidos com os diferentes carreadores e temperatura de secagem.

Além disso, observa-se na coluna (Tabela 7) que houve efeito significativo ($p<0,05$) da temperatura do ar de secagem sobre os valores de L^* do suco em pó para as duas substâncias utilizadas e sobre os valores de a^* e b^* para os pós produzidos com a maltodextrina 20 DE. Verifica-se na Tabela 7 que o aumento da temperatura incrementou os índices de luminosidade, vermelho e amarelo do suco em pó produzido com a maltodextrina 20 DE. Pode-se perceber ainda (Tabela 7) que o aumento da temperatura de 155 para 165 °C levou a uma redução nos valores de L^* dos pós produzidos com maltodextrina 10 DE. No

entanto, para o suco obtido com a maltodextrina 20 DE, a maior temperatura do ar de secagem levou ao aumento nos valores desse parâmetro.

Observa-se na Tabela 6A que a concentração de maltodextrina teve efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os três parâmetros de cor, L^* , a^* e b^* . Verifica-se nas Figuras 2,3 e 4 que o aumento na concentração de maltodextrina levou a uma redução nos seus valores, já que um incremento de 1% na concentração destes carreadores, implicou uma redução de 0,37, 0,15 e 0,39% nos valores de L^* , a^* e b^* dos pós obtidos, respectivamente. Assim, a menor concentração de maltodextrina utilizada (12%) propiciou a obtenção de pós com os maiores valores de L^* , a^* e b^* .

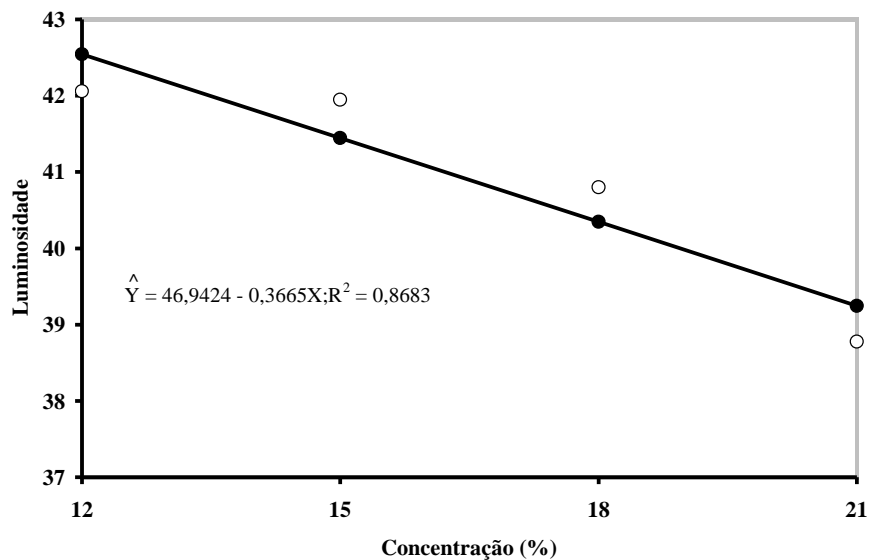


FIGURA 2. Efeito da concentração de maltodextrina 10 e 20 DE sobre a Luminosidade (L^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

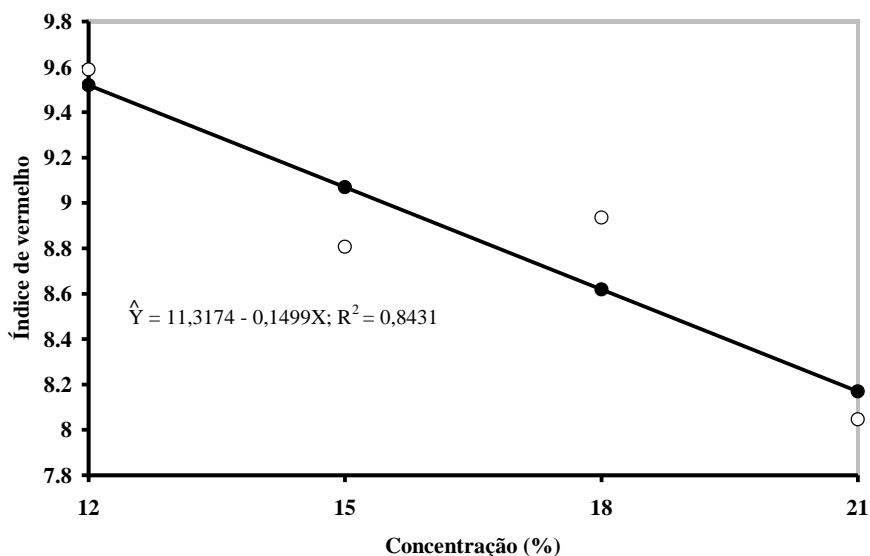


FIGURA 3. Efeito da concentração da maltodextrina 10 e 20 DE sobre o índice de vermelho (a^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying.

Vários estudos têm mostrado efeito significativo da temperatura do ar de secagem sobre a luminosidade (L^*) de produtos em pó. Souza *et al.* (2008) observaram, em polpa de tomate em pó obtido por *spray drying*, altos valores para a luminosidade sob altas temperaturas de secagem e relacionou a perda de pigmentos escuros devido a oxidação. Por outro lado, a luminosidade em suco de melancia em pó obtido por *spray drying* foi reduzida com o aumento da temperatura do ar de secagem devido ao escurecimento do pó causado pelo alto conteúdo de açúcares (QUEK *et al.*, 2007).

De acordo com os resultados obtidos, verificam-se valores positivos para a^* e b^* , significando que o pó obtido apresenta tonalidades vermelha e amarela, respectivamente. O valor de b^* positivo apresentado deve-se principalmente à presença de carotenoides com tonalidade amarela, uma vez que são os principais

pigmentos dos frutos cajá e manga. Já a tonalidade vermelha pode ser proveniente da presença do licopeno, que é o principal carotenoide presente em frutos de mamão.

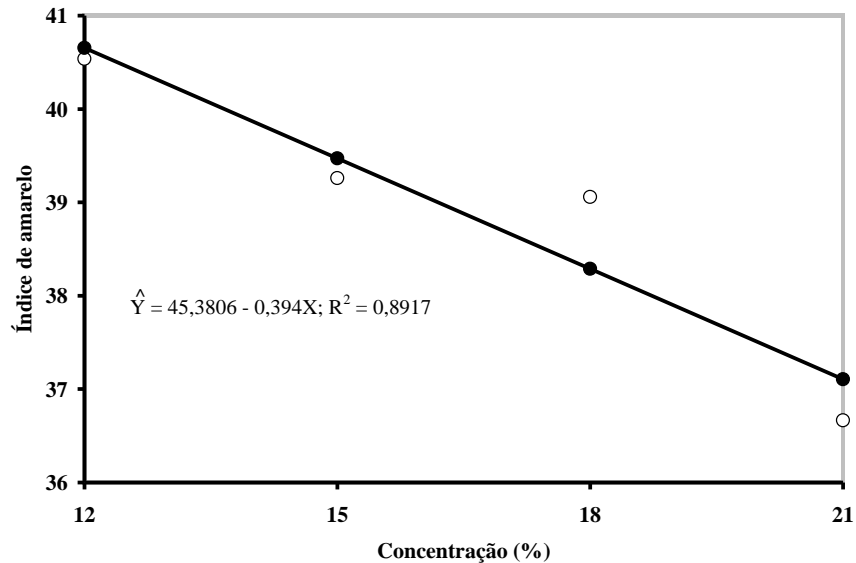


FIGURA 4. Efeito da concentração de maltodextrina 10 e 20 DE sobre o índice de amarelo (b^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*.

Geralmente, a obtenção de pós utilizando-se altas concentrações de maltodextrina tem apresentado altos valores para a luminosidade (L^*) em função da cor branca característica destes carreadores (KHA *et al.*, 2010). Entretanto Francisoni *et al.* (2002) constataram que o aumento da concentração de maltodextrina 10 DE na obtenção de suco de maracujá em pó influenciou significativamente suas propriedades, e obtiveram um produto mais claro e menos amarelo em função da redução dos parâmetros de cor a^* e b^* .

4.2.2 Ângulo de tonalidade

O ângulo de tonalidade mede a propriedade de cor da amostra. Através das Tabelas 7A, 8A e 9^a, nota-se que houve interação significativa entre os fatores temperatura e a substância utilizada como carreador sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído. Seus valores médios são observados na Tabela 8.

Verifica-se (Tabela 8) que o agente carreador teve efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os valores do ângulo de tonalidade (h^*) dos pós obtidos nas duas temperaturas utilizadas. Os pós obtidos com maltodextrina 20 DE apresentaram maiores valores de h^* que os obtidos com maltodextrina 10 DE quando se utilizou a temperatura de 155 °C. Todavia, quando se empregou a temperatura de 165 °C, os pós obtidos com maltodextrina 10 DE foram os que resultaram em maiores valores para este parâmetro.

TABELA 8. Valores médios para o ângulo de tonalidade (°) de suco em pó de misturas de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura de secagem e do agente carreador

TEMPERATURA	SUBSTÂNCIA	
	Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
155 °C	77,01 Ba	78,10 Aa
165 °C	77,33 Aa	76,52 Bb

CV (%): 1,04

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Em relação ao efeito da temperatura do ar de secagem sobre os valores de h^* , observa-se na coluna (Tabela 8) que não houve influência ($p > 0,05$) sobre os pós produzidos com a maltodextrina 10 DE. No entanto, para o suco produzido com a maltodextrina 20 DE, houve efeito significativo ($p < 0,05$) da

temperatura, sendo que os pós obtidos a 155 °C apresentaram maior valor médio para a tonalidade (78,10°). Esse comportamento pode ser devido à presença de reações sensíveis ao calor envolvendo a degradação de pigmentos responsáveis pela coloração amarela do suco em pó. Segundo Fennema (1996), os carotenoides são relativamente estáveis em processamento envolvendo calor. Em temperaturas elevadas podem sofrer mudanças em suas estruturas químicas por reações de isomerização *cis/trans*. Assim, a destruição térmica que reduziu o valor de b^* e, conseqüentemente o valor de h^* , em pós de mistura de frutas pode ser atribuída à presença de carotenoides termolábeis.

O valor médio obtido para o ângulo de tonalidade de suco em pó de mistura de frutas variou de 76,5° a 78,1° (Tabela 8). Esses valores são correspondentes às regiões entre a cor vermelha e o amarelo, onde 0° corresponde ao vermelho puro e 90° corresponde ao amarelo. Dessa forma, os valores de h^* encontrados sugerem uma tonalidade amarelo-alaranjada para o suco em pó de misturas de frutas reconstituído. No aspecto sensorial, o suco reconstituído mostrou-se bastante atrativo e similar à tonalidade do suco *in natura* obtido da mistura das frutas manga, mamão e cajá.

4.2.3 Diferença de cromaticidade

A cromaticidade (C^*) indica a intensidade da cor ou a sua saturação. Através da Tabela 7A, percebe-se interação dupla ($p < 0,05$) entre os fatores para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por *spray drying*. Observa-se na Tabela 9, na linha, que houve efeito significativo ($p < 0,05$) do agente carreador sobre os valores de cromaticidade (ΔC^*) dos pós obtidos nas duas temperaturas utilizadas. Os sucos produzidos com o carreador maltodextrina 20 DE a 155 e 165 °C foram os que apresentaram a menor diferença de saturação

em relação aos pós produzidos com a maltodextrina 10 DE. Constata-se ainda, na coluna (Tabela 9), que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura do ar de secagem sobre os valores médios de ΔC^* dos pós obtidos com os carreadores maltodextrina 10 e 20 DE. Os pós obtidos a 165 °C apresentaram os menores valores de ΔC^* em relação aos obtidos à temperatura de 155 °C.

TABELA 9. Valores médios para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por *spray drying* em função da temperatura e do agente carreador

TEMPERATURA	SUBSTÂNCIA	
	Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
155 °C	4,79 Bb	3,58 Ab
165 °C	3,69 Ba	0,64 Aa

CV (%): 35,35

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Através da Tabela 10 pode-se observar efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura do ar de secagem sobre os valores de ΔC^* dos pós produzidos com diferentes concentrações dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE com exceção do tratamento utilizando-se a concentração de 12%, o qual apresentou valores similares para esse parâmetro.

Constata-se na Tabela 10 que os pós obtidos a 165 °C apresentaram os menores valores para a diferença de saturação. Este fato é confirmado através da Figura 5 onde se observa o efeito de diferentes concentrações dos carreadores em estudo e da temperatura de ar de secagem sobre os valores de ΔC^* do suco em pó obtido.

TABELA 10. Valores médios para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por *spray drying* em função da temperatura e da concentração de carreadores

CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPERATURA	
	155 °C	165 °C
12	2,40 A	1,22 A
15	5,60 B	1,83 A
18	3,58 B	2,43 A
21	5,17 B	3,18 A

CV (%): 35,35

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P>0,05$).

Verifica-se (Figura 5) que para cada incremento de 1% na concentração do carreador (maltodextrina 10 ou 20 DE), os valores de ΔC^* dos pós obtidos a 155 e a 165 °C são aumentados em 0,2091 e 0,2154%, respectivamente.

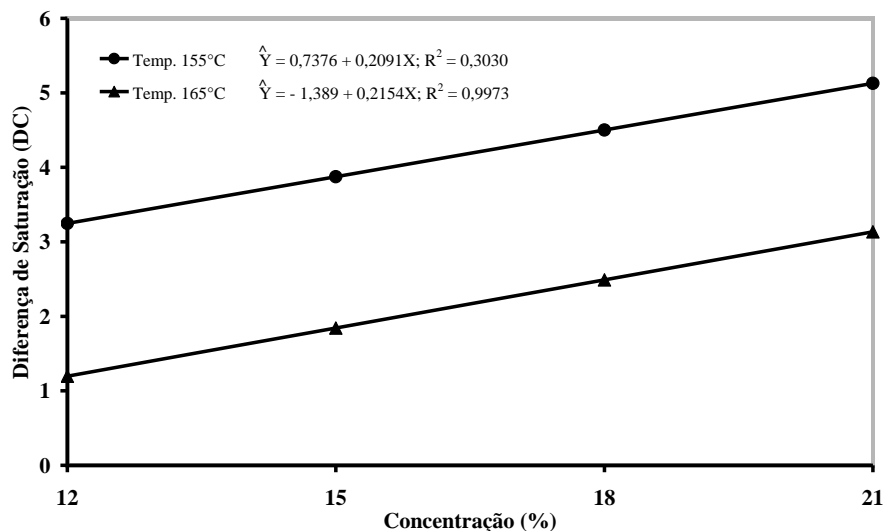


FIGURA 5. Efeito da concentração de maltodextrinas e da temperatura do ar de secagem sobre a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por *spray drying*.

Observa-se na Tabela 11 que houve influência significativa ($p < 0,05$) do agente carreador sobre os valores de ΔC^* para os pós produzidos com as concentrações de 15, 18 e 21%. Já o tratamento utilizando-se a menor concentração (12%) apresentou valores similares independente do agente carreador utilizado. Esse comportamento pode estar relacionado com o fato de que esta concentração (12%) seja insuficiente para desencadear reações que possam provocar alterações na cor do produto.

TABELA 11. Valores médios para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por *spray drying* em função da concentração e de agentes carreadores

CONCENTRAÇÃO (%)	SUBSTÂNCIA	
	Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
12	2,10 A	1,52 A
15	4,59 B	2,83 A
18	4,53 B	1,48 A
21	5,73 B	2,63 A

CV (%): 29,03

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Através da Figura 6, nota-se que as concentrações utilizadas de maltodextrina 10 DE tiveram influência significativa ($p < 0,05$) sobre os valores de ΔC^* dos pós obtidos, os quais aumentaram com o incremento desse carreador. Verifica-se ainda (Figura 6) que para cada incremento de 1% do carreador, o ΔC^* aumenta em 0,36%. Já o tratamento com a maltodextrina 20 DE não apresentou efeito significativo ($p > 0,05$) para os valores de ΔC^* (Tabela 15A), para a qual a melhor estimativa para as concentrações em estudo é a média geral de 3,18 (Tabela 7A).

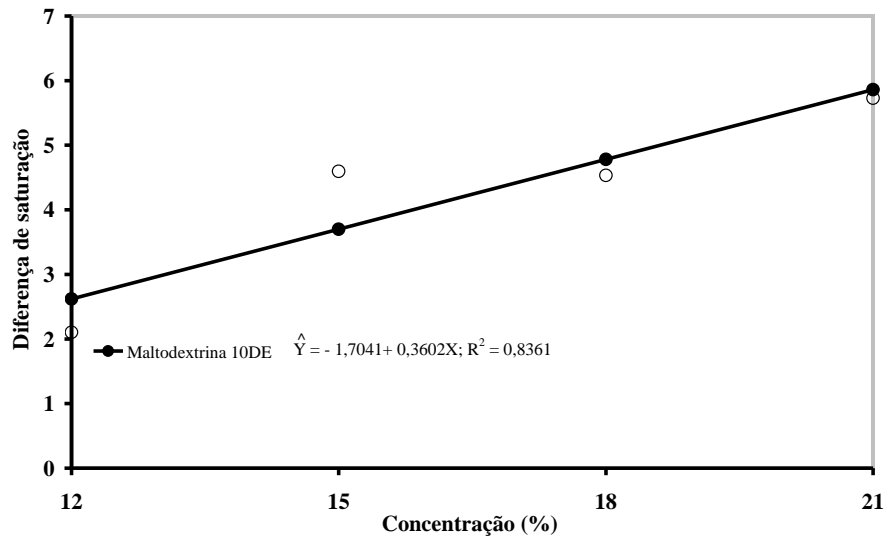


FIGURA 6. Efeito da concentração de maltodextrina e de agentes carreadores sobre a diferença de saturação (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas reconstituído comparado à mistura antes da secagem por *spray drying*.

A utilização de 12% de maltodextrina 10 e 20 DE proporciona a obtenção de pós com menor perda de cor, traduzida pela maior luminosidade, índice de vermelho e de amarelo, e com intensidade de cor mais próxima do suco antes da secagem por *spray drying* em função da menor diferença de cromaticidade (ΔC^*).

4.3 Análise de *stickiness* (pegajosidade)

Através da Tabela 16^a, pode-se observar o resumo da análise de variância para os valores de *stickiness* de suco em pó de mistura de frutas. Constatou-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura e do carreador como também interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores temperatura e concentração sobre os valores de *stickiness* de suco em pó de

mistura de frutas obtido por *spray drying*. Ao se observar na Tabela 12 os valores médios de *stickiness* dos pós produzidos com os carreadores maltodextrina 10 e 20 DE, verifica-se que os mesmos diferiram significativamente ($p < 0,05$) em função do agente carreador utilizado e que o pó produzido com maltodextrina 20 DE apresentou o menor valor médio para o *stickiness*.

TABELA 12. Valores médios do comportamento de *stickiness* (N) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função dos carreadores de secagem

SUBSTÂNCIA	
MALTODEXTRINA 10 DE	MALTODEXTRINA 20 DE
3,51 B	2,27 A

CV (%): 15,78

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Na Tabela 13, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores de *stickiness* dos pós produzidos com 21% de maltodextrina (10 ou 20 DE) nas temperaturas de 155 e 165 °C. Os pós obtidos sob a temperatura de 155 °C apresentaram o menor valor médio de *stickiness*, enquanto os obtidos com as demais concentrações não tiveram influência significativa da temperatura do ar de secagem sobre os valores de *stickiness*.

As concentrações de maltodextrina 10 e 20 DE apresentam efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os valores de *stickiness* dos pós de suco de mistura de frutas produzidos sob a temperatura de 155 °C (Tabela 18A). Pode-se verificar na Figura 7 que a utilização das maiores concentrações de maltodextrina na formulação do suco proporcionou a obtenção de pós com os menores valores de *stickiness*. Com o aumento de 1% na proporção destes

carreadores obtém-se uma redução de 0,1169% nos valores de *stickiness* do material desidratado.

TABELA 13. Valores médios do comportamento de *stickiness* (N) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura de secagem e da concentração dos agentes carreadores

CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPERATURA	
	155 °C	165 °C
12	3,00 A	2,89 A
15	3,18 A	2,98 A
18	2,64 A	3,09 A
21	2,01 A	3,35 B

CV (%): 15,78

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

A obtenção de suco em pó de mistura de frutas com menor valor de *stickiness* em função da adição de maiores concentrações de maltodextrina pode estar relacionada com o aumento da temperatura de transição vítrea proporcionada pelo aumento do peso molecular da mistura (Tabela 1).

O comportamento de *stickiness* é atribuído à presença de alta concentração de açúcares de baixo peso molecular e de ácidos orgânicos, os quais possuem baixa temperatura de transição vítrea (Tg) e são pegajosos e termoplásticos na temperatura da câmara de secagem (BHANDARI e HARTEL, 2005). Diante disso, as maltodextrinas têm facilitado a secagem de alimentos ricos em açúcares em função de seu efeito no aumento da Tg reduzindo a higroscopicidade do pó obtido (MOREIRA *et al.*, 2008).

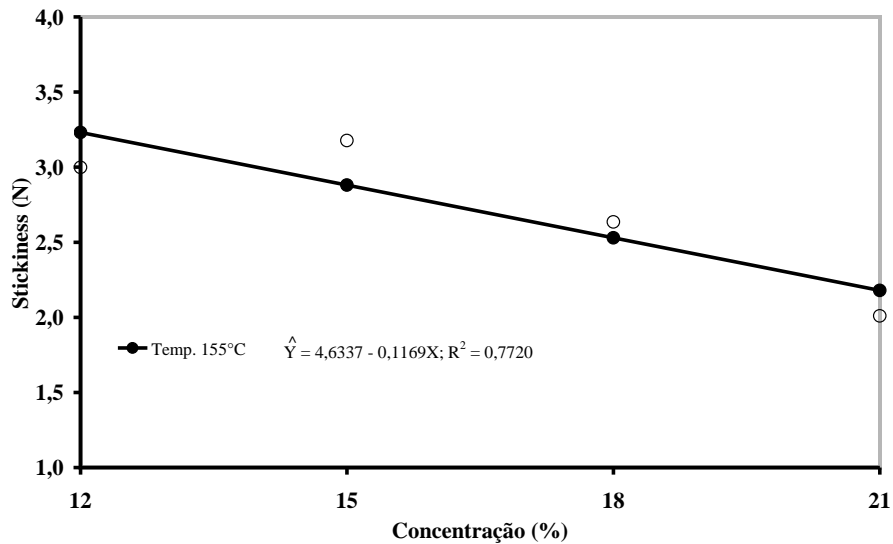


FIGURA 7. Comportamento do *stickiness* em pós de suco de mistura de frutas em função da concentração de maltodextrina (10 ou 20 DE) e da temperatura de secagem

O presente estudo corroboram com os resultados encontrados por Cano Chauca *et al.* (2005), em que observaram o valor médio de 0,53 Kg-f (5,2 N) para o comportamento de *stickiness* de pós de suco de manga obtidos por *spray drying* utilizando-se 12% de maltodextrina 20 DE sob temperatura para o ar de secagem de 160 °C.

4.4 Análise de solubilidade

A análise de variância para a solubilidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* é observada na Tabela 1A onde pode-se verificar interação significativa entre os três fatores avaliados. Observa-se na Tabela 14 que os valores de solubilidade do suco em pó obtido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE não tiveram influência significativa ($p > 0,05$) das temperaturas do ar de secagem (155 e 165 °C). Entretanto, os pós

produzidos com 18 e 21% de maltodextrina 20 DE apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores de solubilidade.

Os melhores valores de solubilidade foram obtidos para os sucos produzidos com a menor temperatura para o ar de secagem (155 °C). Em altas temperaturas de secagem, pode ser formada uma camada dura sobre a superfície das partículas do pó, e isso pode impedir a difusividade das moléculas de água através das partículas, diminuindo a molhabilidade e reduzindo a dissolução do pó. (CHEGENI & GHOBADIAN, 2005).

TABELA 14. Valores médios de solubilidade (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função de diferentes concentrações, de agentes carreadores e de temperaturas de secagem

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPERATURA	
		155 °C	165 °C
Maltodextrina 10 DE	12	99,37 A	99,36 A
	15	99,23 A	98,21 A
	18	98,67 A	98,22 A
	21	98,84 A	98,49 A
Maltodextrina 20 DE	12	98,49 A	98,50 A
	15	97,29 A	97,43 A
	18	99,21 A	96,93 B
	21	98,92 A	96,47 B

CV (%): 0,75

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Através da Tabela 15, observa-se que os carreadores utilizados tiveram efeito significativo apenas para os pós produzidos nas concentrações de 15% à temperatura de 155 °C, e com 18 e 21% sob a temperatura de 165 °C. E dentre estes, os pós produzidos com a maltodextrina 10 DE apresentaram os melhores valores de solubilidade. Este comportamento pode estar relacionado com o fato de que pós obtidos com as maiores concentrações de maltodextrina 20 DE combinadas com a temperatura de 165 °C podem ter causado certo grau de

desnaturação nos nutrientes, reduzindo o índice de solubilidade do pó. Já os pós obtidos com a maltodextrina 10 DE apresentaram valores de solubilidade mais altos. Rodriguez-Hernández & González-Garcia (2005), analisando o efeito da secagem por *spray drying* sobre as propriedades físico-químicas e de reconstituição de suco em pó de *cactus pear*, relataram que a maltodextrina de baixo DE tem a melhor propriedade de ligação com os nutrientes.

TABELA 15. Valores médios de solubilidade (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função de diferentes concentrações, de agentes carreadores e de temperaturas de secagem

TEMPERATURA	CONCENTRAÇÃO (%)	SUBSTÂNCIA	
		Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
155 °C	12	99,37 A	98,49 A
	15	99,23 A	97,29 B
	18	98,67 A	99,21 A
	21	98,84 A	98,92 A
165 °C	12	99,36 A	98,50 A
	15	98,21 A	97,43 A
	18	98,22 A	96,93 B
	21	98,49 A	96,47 B

CV (%): 0,75

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

Cano-Chauca *et al.* (2005), estudando o efeito de agentes carreadores sobre a microestrutura de manga em pó, obtiveram pós altamente solúveis com valores maiores que 90% quando utilizaram somente maltodextrina como agente carreador. As maltodextrinas são os carreadores mais frequentemente usados em *spray drying* em função de suas propriedades como a sua alta solubilidade em água.

Na Tabela 4A observa-se efeito significativo ($p < 0,05$) da concentração de maltodextrina 20 DE sobre a solubilidade dos pós de mistura de frutas. As diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE não tiveram influência

significativa ($p > 0,05$) sobre os valores de solubilidade do suco em pó. Nota-se na Figura 8 que os valores de solubilidade do suco obtido com a maltodextrina 20 DE à temperatura de 165 °C reduziram com o aumento na concentração de maltodextrina. Verifica-se ainda (Figura 8) que o aumento de 1% na concentração de maltodextrina 20 DE resulta em uma redução de 0,2199% na solubilidade do pó.

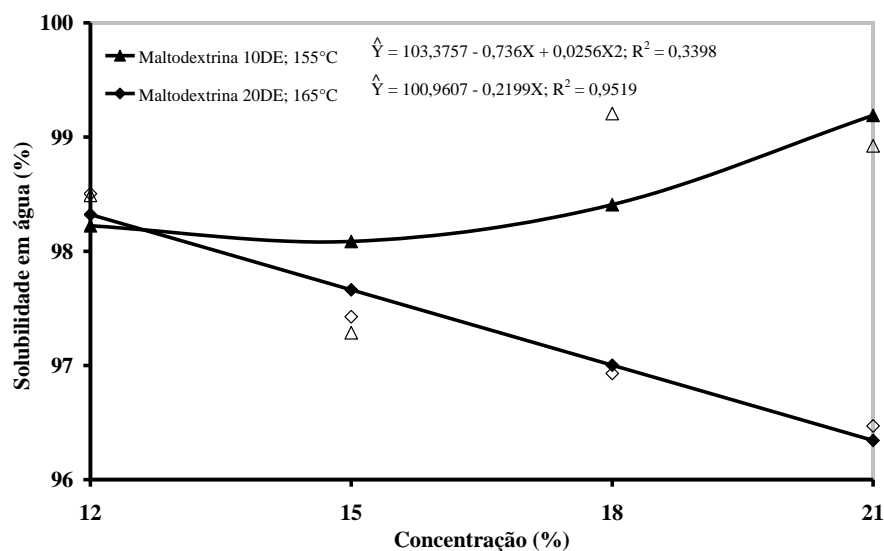


FIGURA 8. Efeito de diferentes concentrações, carreadores e temperatura de secagem sobre a solubilidade em água (%) de suco em pó de mistura de frutas.

Os estudos apresentados por Abadio *et al.* (2004) confirmam a presente pesquisa, pois os autores, analisando o efeito da concentração de maltodextrinas sobre as propriedades físicas de suco de abacaxi em pó, observaram valor médio de 81,56% para a solubilidade do produto. Os sucos em pó de mistura de frutas apresentaram-se extremamente estáveis e podem ser reconstituídos após a mistura com água à temperatura ambiente.

4.5 Análise de higroscopicidade

Na Tabela 16 são observados os valores médios de absorção de água pelo suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 e 20 DE sob as temperaturas de ar de secagem de 155 e 165 °C. O resumo da análise de variância mostra que houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores temperatura e substância sobre os valores de absorção de água (g de H₂O/100 g de sólidos) dos pós obtidos (Tabela 16A).

TABELA 16. Valores médios de absorção de água de pós de suco de mistura de frutas obtidos por *spray drying* (g de H₂O/100 g de sólidos) exposto à umidade relativa de 85 % e temperatura de 25 °C em função de agentes carreadores e da temperatura de secagem

SUBSTÂNCIA	TEMPERATURA	
	155 °C	165 °C
Maltodextrina 10 DE	20,85 Aa	20,86 Aa
Maltodextrina 20 DE	24,20 Ab	25,32 Bb
CV (%): 2,85		

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste “F” ($P > 0,05$).

Verifica-se através da Tabela 16 (na linha) que a temperatura do ar de secagem influenciou significativamente ($p < 0,05$) a higroscopicidade das partículas do pó. Os pós produzidos com a maltodextrina 20 DE apresentaram o menor valor de higroscopicidade (24,20 g de H₂O/100 g de sólidos) quando se utilizou a menor temperatura de secagem (155 °C) em relação ao material desidratado sob a temperatura de 165 °C (25,32%). No entanto, os valores de higroscopicidade dos pós produzidos com maltodextrina 10 DE não diferiram significativamente ($p > 0,05$) em relação às temperaturas utilizadas para o ar de secagem. Esta variável também afetou o conteúdo de umidade do suco em pó de

mistura de frutas, porém em caminho oposto. Isto indica que partículas com baixo teor de umidade possuem alta higroscopicidade devido à sua grande capacidade de absorver umidade do ambiente, o que está relacionado com o gradiente de pressão de vapor entre as partículas e o ar ambiente.

Resultados similares foram encontrados por Tonon *et al.* (2008) pesquisando a influência das condições de secagem sobre o suco em pó de açaí obtido por *spray drying*. Os autores encontraram efeito significativo da temperatura de secagem sobre as propriedades do produto, em que a redução da temperatura levou à obtenção de partículas menos higroscópicas.

Observa-se também (na coluna) que os carreadores utilizados tiveram influência significativa sobre os valores de higroscopicidade dos pós obtidos nas duas temperaturas de secagem. Os pós obtidos com maltodextrina 10 DE mostraram um menor ganho de água durante a exposição do produto à umidade relativa de 85% quando comparados com os produtos obtidos com a maltodextrina 20 DE. Dessa forma, observa-se que os pós obtidos com maltodextrina 10 DE apresentaram menor ganho de água independente da temperatura utilizada (Tabela 16).

Esse comportamento pode estar relacionado com o maior número de ramificações com grupos hidrofílicos apresentado pela maltodextrina 20 DE em relação à maltodextrina 10 DE, podendo absorver facilmente a umidade do ar ambiente. O conteúdo de umidade é um dos fatores que mais afetam a estabilidade do pó, uma vez que pequena quantidade de água é suficiente para depreciar a temperatura de transição vítrea (T_g) e, por conseguinte, aumentar a mobilidade da matriz durante a estocagem (BHANDARI & HARTEL, 2005).

As concentrações de maltodextrina tiveram influência significativa ($p < 0,05$) sobre os valores de adsorção de água pelos pós obtidos. Na Figura 9, verifica-se que a higroscopicidade das partículas diminuem com o acréscimo na concentração dos carreadores, indicando que o suco em pó de mistura de frutas

torna-se menos higroscópico. Pode-se observar ainda (Figura 9) que um incremento de 1% na concentração dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE acarreta uma redução de 0,44% no teor de água absorvida pelo pó. A utilização de maiores concentrações de maltodextrina pode ter proporcionado ao pó obtido maior temperatura de fusão, maior temperatura de transição vítrea (T_g) e, conseqüentemente, menores valores de *stickiness* e higroscopicidade (Tabela 1). Assim, a utilização de maiores concentrações de maltodextrina resulta em um produto com maior estabilidade, confirmando sua eficiência como agente carreador de secagem.

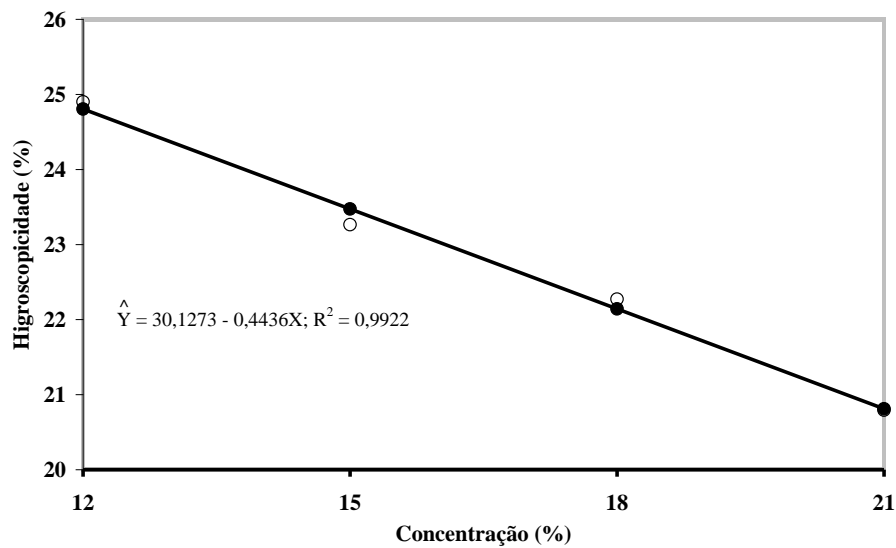


FIGURA 9. Grau de absorção de água (g de $H_2O/100g$ de sólidos) pelo suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* exposto à umidade relativa de 85 % e temperatura de 25 °C.

Bhandari *et al.* (2003) tentando maximizar a proporção de suco de frutas em relação à quantidade de maltodextrina utilizada, observaram que para as diversas maltodextrinas (6, 12 e 19 DE) e proporções avaliadas (35:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:45 e 65:35 % de suco/maltodextrina), a temperatura de fusão ou temperatura de pegajosidade variou de 100 a 170 °C, sendo que quanto mais alta esta temperatura, mais estável o produto desidratado. E que a maior concentração de suco resultou em menor temperatura de fusão.

4.6 Isotermas de sorção

Através das Tabelas 17, percebem-se os valores médios de umidade de equilíbrio (U_{eq}) para o suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes temperaturas e carreadores de secagem nas concentrações de 12 a 21% e estocados em diferentes ambientes de umidade relativa (22 a 97%). Pode-se observar a análise de variância para o conteúdo de umidade de equilíbrio do pó na Tabela 21A, onde se verifica interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores temperatura, substância e atividade de água (A_w) (Tabelas 22A, 23A e 24A).

Nota-se na Tabela 17 que não houve influência da temperatura do ar de secagem sobre os valores da umidade de equilíbrio (U_{eq}) dos pós obtidos com as maltodextrinas 10 e 20 DE quando expostos a ambientes com as menores umidades relativas (UR); exceto para o pó produzido com a maltodextrina 20 DE quando exposto a UR de 22%. Já os pós submetidos a ambientes com UR mais elevada apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores de U_{eq} em função da temperatura do ar de secagem, sendo que os pós obtidos a 165 °C apresentaram os menores valores de U_{eq} .

TABELA 17. Valores médios de umidade de equilíbrio (% b. s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura de secagem, do agente carreador e da atividade de água

SUBSTÂNCIA	Aw	TEMPERATURA	
		155 °C	165 °C
Maltodextrina 10 DE	0,22	3,59 A	3,32 A
	0,43	5,79 A	5,28 A
	0,62	14,93 A	13,52 A
	0,75	15,54 A	15,98 A
	0,85	22,92 B	22,08 A
	0,97	45,10 B	41,59 A
Maltodextrina 20 DE	0,22	3,68 B	2,46 A
	0,43	5,40 A	5,47 A
	0,62	16,25 A	15,86 A
	0,75	18,53 A	19,71 B
	0,85	24,79 A	27,60 B
	0,97	53,32 A	54,13 B

CV (%): 5,03

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

Esse comportamento pode estar relacionado com o fato de que em ambientes com baixa UR (menores Aw) há menor gradiente de pressão de vapor entre o produto desidratado e o ar ambiente, propiciando maior estabilidade aos pós obtidos nas diferentes temperaturas. No entanto, o aumento da UR aumenta o gradiente de pressão de vapor que propicia a absorção de umidade pelas partículas do pó obtido, principalmente pelo material desidratado sob a maior temperatura para o ar de secagem, por apresentar menor teor de umidade.

Constata-se, através da Tabela 18, influência significativa ($p < 0,05$) do agente carreador sobre os valores de U_{eq} dos pós obtidos na temperatura do ar de secagem de 165 °C quando expostos a ambientes com UR superior a 62%. Apresentaram os menores valores de U_{eq} os pós obtidos com maltodextrina 10 DE. Os pós obtidos a 165 °C também tiveram o mesmo efeito do agente carreador sobre a U_{eq} para os pós submetidos aos ambientes com UR variando

de 22 a 97%. Os menores valores médios de U_{eq} foram apresentados pelos pós produzidos com a maltodextrina 10 DE, exceto para os pós expostos ao ambiente com 22% de UR, em que o suco obtido com a maltodextrina 20 DE foi o que apresentou o menor valor de U_{eq} .

TABELA 18. Valores médios de umidade de equilíbrio (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da temperatura de secagem, do agente carreador e da atividade de água

TEMPERATURA	Aw	SUBSTÂNCIA	
		Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
155 °C	0,22	3,59 A	3,68 A
	0,43	5,79 A	5,40 A
	0,62	14,93 A	16,25 B
	0,75	15,54 A	18,53 B
	0,85	22,92 A	24,79 B
	0,97	45,10 A	53,32 B
165 °C	0,22	3,32 B	2,46 A
	0,43	5,28 A	5,47 B
	0,62	13,52 A	15,86 B
	0,75	15,98 A	19,71 B
	0,85	22,08 A	27,60 B
	0,97	41,59 A	54,13 B

CV (%): 5,03

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P>0,05$).

Observa-se que os pós obtidos a 155 °C submetidos aos ambientes com menores UR (22 e 43%) também se mostraram estáveis possivelmente em função do menor gradiente de pressão de vapor. Já a maior estabilidade apresentada pelos pós obtidos com a maltodextrina 10 DE deve-se ao fato desta ser menos hidrolisada, apresentando menor número de grupos hidrofílicos e, por isso, absorve menor quantidade de água.

Nas Figuras 10, 11 e 12 observam-se as isotermas de adsorção de umidade para o suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*, onde pode-se verificar efeito significativo da atividade de água (A_w) sobre os valores de umidade de equilíbrio (U_{eq}) dos pós produzidos com as maltodextrinas 10 e 20 DE e com as temperaturas para o ar de secagem de 155 e 165 °C.

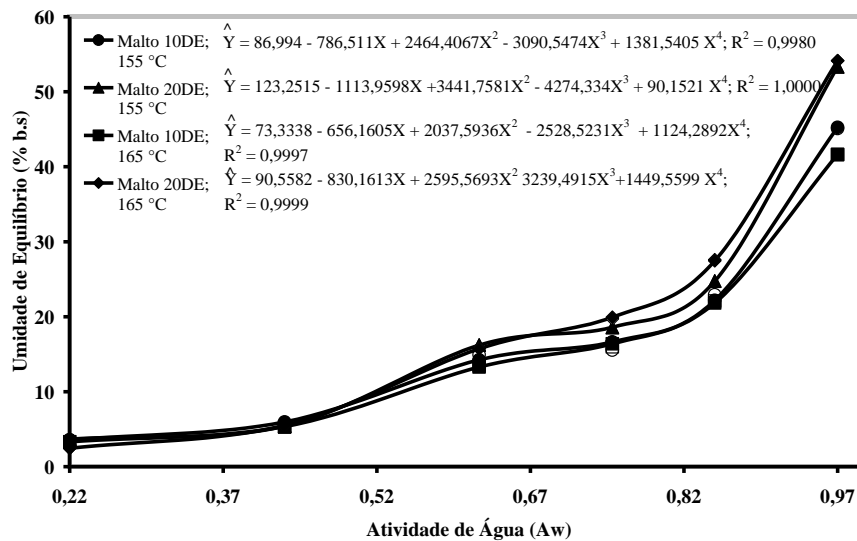


FIGURA 10. Isotermas de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* produzido com os carreadores maltodextrina 10 DE (Malto10DE) e maltodextrina 20 DE (Malto 20DE) e temperaturas de secagens iguais a 155 e 165°C.

Observa-se que os pós submetidos a ambientes com baixas A_w (0,22 a 0,43) apresentaram baixas umidades de equilíbrio (2,46 a 5,79% b.s.), apresentando valores intermediários até A_w na faixa de 0,85, quando então há um ligeiro aumento, atingindo os maiores valores de U_{eq} em ambientes com A_w igual a 0,97.

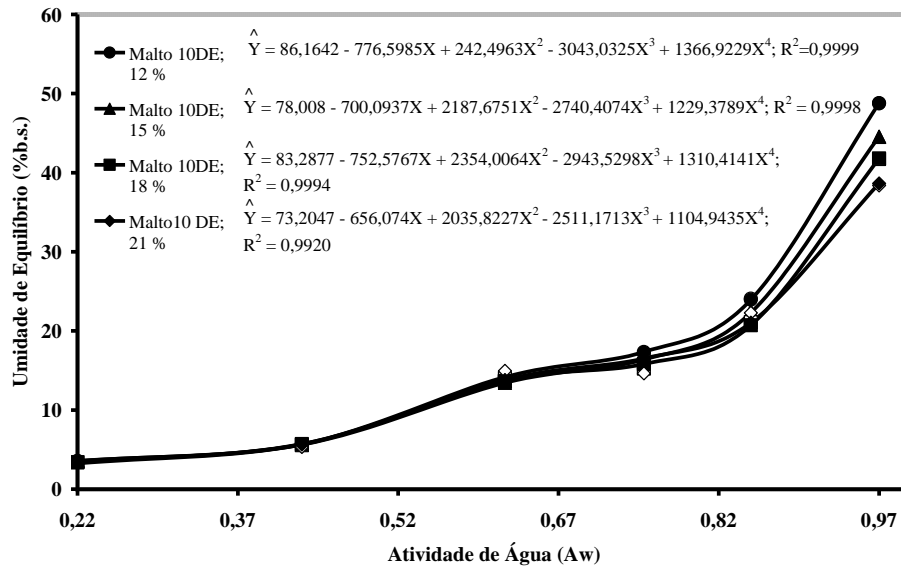


FIGURA 11. Isotermas de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* produzido com diferentes concentrações do carreador maltodextrina 10 DE (Malto10DE).

Observa-se nas Figuras 10,11 e 12 que o comportamento das isotermas obtidas para os diferentes tratamentos utilizados na produção dos pós de suco de mistura de frutas é regido por equações polinomiais de 4º grau, as quais apresentaram coeficientes de determinação altamente satisfatórios e iguais a 0,99.

Os valores da U_{eq} para os sucos obtidos com diferentes concentrações dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE, utilizando-se as temperaturas de ar de secagem de 155 e 165 °C, submetidos a ambientes com diferentes A_w, são descritos na Tabela 19. E a interação significativa entre os fatores substância, concentração e A_w é observada nas Tabelas 25A, 26A e 27A.

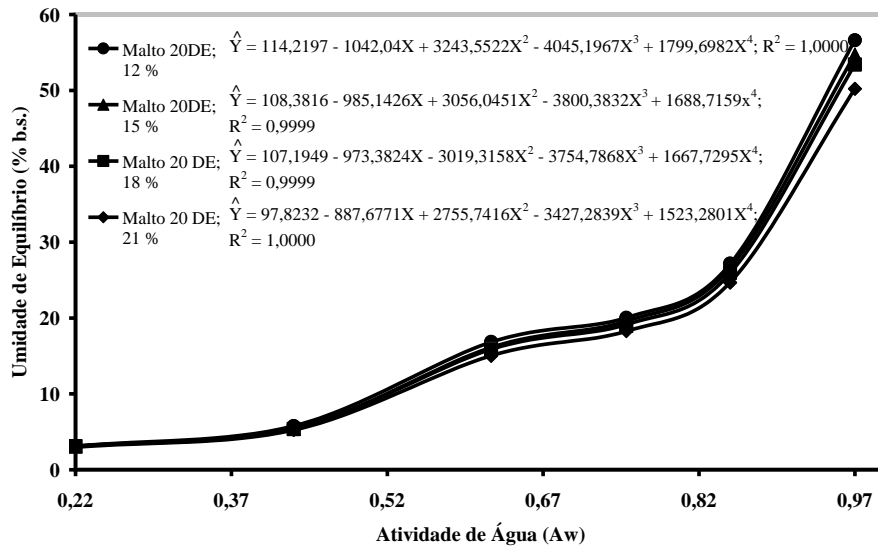


FIGURA 12. Isotermas de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* produzido com diferentes concentrações do carreador maltodextrina 20 DE (Malto 20DE).

Nota-se que nos ambientes com os menores valores de Aw não houve efeito significativo dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE sobre os valores de U_{eq} . No entanto, os pós obtidos com 12, 15 e 18% de maltodextrina 10 e 20 DE tiveram influência significativa quando foram colocados em ambientes com Aw na faixa de 0,62 a 0,97. Já os pós produzidos com 21 % sofreram a mesma influência ao serem submetidos a ambientes com Aw de 0,75 e 0,97.

TABELA 19. Valores médios de umidade de equilíbrio (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função da concentração de carreadores, da atividade de água e do agente carreador de secagem

CONCENTRAÇÃO (%)	Aw	SUBSTÂNCIA	
		Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
12	0,22	3,56 A	3,10 A
	0,43	5,64 A	5,77 A
	0,62	14,30 B	16,87 A
	0,75	17,12 B	19,98 A
	0,85	24,09 B	27,20 A
	0,97	48,76 B	56,61 A
15	0,22	3,58 A	3,06 A
	0,43	5,56 A	5,35 A
	0,62	13,63 B	16,34 A
	0,75	16,06 B	19,25 A
	0,85	22,53 B	26,84 A
	0,97	44,52 B	54,68 A
18	0,22	3,40 A	3,12 A
	0,43	5,61 A	5,36 A
	0,62	14,03 B	16,02 A
	0,75	15,23 B	18,93 A
	0,85	21,10 B	26,08 A
	0,97	41,72 B	53,40 A
21	0,22	3,30 A	2,99 A
	0,43	5,32 A	5,26 A
	0,62	14,94 A	14,99 A
	0,75	14,63 B	18,34 A
	0,85	22,29 B	24,65 A
	0,97	38,40 B	40,22 A

CV (%): 5,03

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

A baixa higroscopicidade apresentada pelo pó em ambientes com baixas umidades relativas deve-se ao baixo gradiente de pressão entre o produto e o ar ambiente. Todavia, em ambientes com umidades relativas mais altas apresentou

maiores gradientes de pressão de vapor resultando em maior grau de higroscopicidade.

A diferença na absorção de água entre os carreadores em estudo pode ser explicada em função da estrutura química dos mesmos. De acordo com Tonon *et al.* (2009), a maltodextrina 20 DE apresenta um grande número de ramificações com grupos hidrofílicos, podendo absorver facilmente a umidade do ar ambiente. Já a maltodextrina 10 DE é menos hidrolisada, apresentando menos grupos hidrofílicos e por isso absorve menor quantidade de água. Cai e Corke (2000), trabalhando com microencapsulação de betacianinas em *amaranthus*, verificaram um aumento na higroscopicidade com a utilização de maltodextrinas com maiores DE's. Esse aumento foi atribuído ao baixo peso molecular de maltodextrinas com alto DE, as quais têm cadeias curtas e, portanto, mais grupos hidrofílicos.

Na Figura 13 observa-se efeito significativo da concentração dos carreadores (%) sobre os valores de U_{eq} (%b.s.) dos pós obtidos com a maltodextrinas 10 DE submetidos a ambientes com A_w iguais a 0,75, 0,85 e 0,97, e dos pós obtidos com maltodextrina 20 DE expostos a ambientes com A_w iguais a 0,62; 0,75; 0,85 e 0,97. Verifica-se na Tabela 27A que não houve influência da concentração dos carreadores sobre os valores de U_{eq} para os outros tratamentos, para os quais a melhor estimativa para a U_{eq} é a média geral de 19,03% b.s.(Tabela 21A).

Percebe-se (Figura 13) que um incremento de 1% na concentração dos carreadores dos pós obtidos com maltodextrina 10 DE submetidos a ambientes com A_w iguais 0,75 e 0,97 resulta em um decréscimo de 0,2764 e 1,1298%, respectivamente, nos valores de U_{eq} . E o incremento de 1% na porcentagem do carreador em pós obtidos com maltodextrina 20 DE colocados em ambientes com A_w iguais a 0,62; 0,75; 0,85 e 0,97 resulta em uma redução de 0,1987, 0,1744, 0,2804 e 0,6813% nos valores de U_{eq} , respectivamente. Para o suco

obtido com maltodextrina 10 DE submetido ao ambiente com A_w igual a 0,85 apresenta os menores valores para a U_{eq} quando se utilizaram 12 e 21% deste carreador. Observa-se ainda na Figura 13 que os tratamentos utilizando-se maltodextrina 20 DE submetidos a ambientes com A_w iguais a 0,85 e 0,97 apresentaram os maiores valores para U_{eq} . Enquanto os outros tratamentos apresentaram valores mais próximos da média geral 19,03% b.s. Estes resultados confirmam o fato de que as maltodextrinas com maiores dextrose equivalentes (DE) apresentam maior grau de higroscopicidade em ambientes com alta UR.

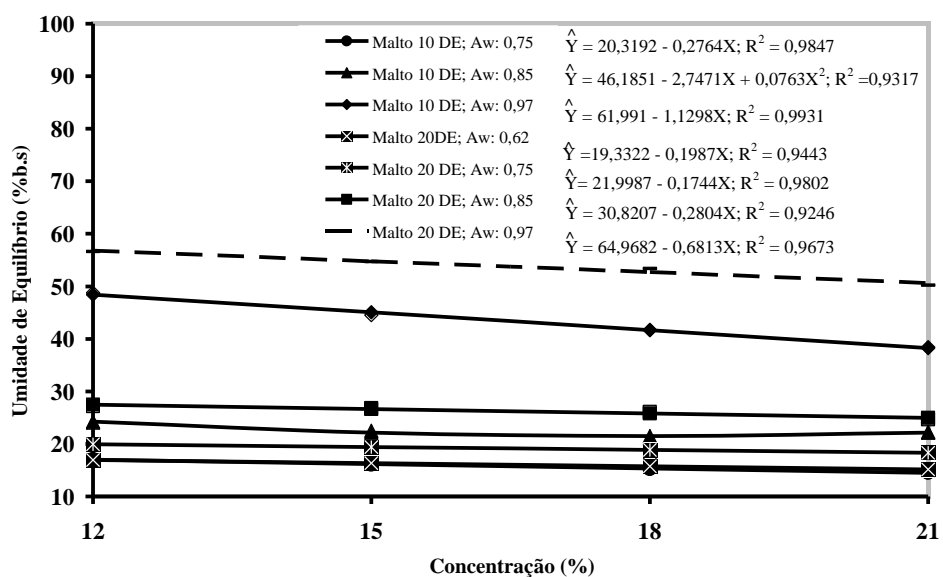


FIGURA 13. Efeito de diferentes concentrações e carreadores de secagem sobre a umidade de equilíbrio (% b.s.) de pós de suco de mistura de frutas.

Os resultados da análise de regressão não linear para o ajuste dos modelos de GAB, Peleg e Oswin aos dados experimentais das isotermas de adsorção de suco em pó de mistura de frutas são observados nas Tabelas 20, 21, 22 e 23.

TABELA 20. Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por *spray drying*, produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE à temperatura de 155 °C

Modelo	Concentração (%)	Parâmetros				R ²
		X _m	C	K		
GAB	12%	5,040	0,265x10 ¹⁴	0,928		0,984
	15%	4,879	0,499x10 ¹³	0,921		0,985
	18%	4,757	0,298x10 ¹³	0,919		0,979
	21%	5,165	0,142x10 ¹³	0,901		0,961
		K ₁	n ₁	K ₂	n ₂	R ²
Peleg	12%	27,274	1,578	38,539	15,375	0,993
	15%	24,584	1,412	35,618	15,368	0,994
	18%	36,520	18,362	23,971	1,354	0,991
	21%	25,953	13,733	24,590	1,381	0,997
		a	b			R ²
Oswin	12%	9,985	0,468			0,984
	15%	9,705	0,450			0,986
	18%	9,510	0,442			0,983
	21%	10,114	0,406			0,958

De acordo com as Tabelas 20 a 23, os dados experimentais apresentaram um bom ajuste aos modelos GAB e Peleg com valores de R² satisfatórios para todas as amostras estudadas. Comparando-se esses modelos, verifica-se que o modelo de Peleg apresentou os maiores valores de R² (> 0,99), indicando melhor estimativa para os dados de umidade de equilíbrio para o suco em pó de mistura

de frutas, tanto para as amostras obtidas com maltodextrina 10DE, como para as obtidas com o carreador maltodextrina 20 DE.

TABELA 21. Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por *spray drying*, produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE à temperatura de 165 °C

Modelo	Concentração (%)	Parâmetros			R ²	
		X _m	C	K		
GAB	12%	5,089	-0,804x10 ¹³	0,921	0,986	
	15%	4,801	-0,225x10 ¹³	0,917	0,984	
	18%	4,672	-0,760x10 ¹²	0,910	0,978	
	21%	4,945	-0,238x10 ¹⁵	0,919	0,985	
		K ₁	n ₁	K ₂	n ₂	R ²
Peleg	12%	27,95	1,604	35,26	17,331	0,997
	15%	26,085	1,617	29,951	16,036	0,996
	18%	25,157	1,58	27,704	18,863	0,993
	21%	27,015	1,61	32,567	16,687	0,997
		a	b		R ²	
Oswin	12%	10,064	0,45		0,980	
	15%	9,456	0,442		0,982	
	18%	8,843	0,437		0,965	
	21%	9,76	0,446		0,984	

Hofsky Vieira *et al.* (2007) ajustando os modelos de GAB, Oswin e Peleg aos dados experimentais de umidade de equilíbrio de suco em pó de pitanga, encontraram resultados similares ao presente estudo, com valores de R^2 altamente satisfatórios para o modelo de Peleg, indicando melhor estimativa das isotermas em relação aos modelos estudados pelos autores.

TABELA 22. Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por *spray drying*, produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE à temperatura de 155 °C

Modelo	Concentração (%)	Parâmetros			R^2	
		X_m	C	K		
GAB	12%	5,313	$-0,140 \times 10^{15}$	0,933	0,977	
	15%	5,388	$-0,464 \times 10^{14}$	0,929	0,978	
	18%	5,407	$-0,919 \times 10^{14}$	0,927	0,980	
	21%	5,132	$-0,104 \times 10^{13}$	0,924	0,981	
		K_1	n_1	K_2	n_2	R^2
Peleg	12%	162,115	60,357	31,840	1,630	0,992
	15%	32,271	1,726	48,090	23,065	0,991
	18%	45,393	21,402	31,480	1,673	0,992
	21%	44,826	25,780	30,302	1,704	0,995
		a	b		R^2	
Oswin	12%	10,649	0,480		0,983	
	15%	10,691	0,472		0,980	
	18%	10,733	0,466		0,981	
	21%	10,173	0,457		0,983	

TABELA 23. Parâmetros de GAB, Peleg e Oswin estimados para o suco em pó de misturas de frutas obtido por *spray drying*, produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE à temperatura de 165 °C

Modelo	Concentração (%)	Parâmetros			R ²	
		X _m	C	K		
GAB	12%	6,082	- 0,757x10 ¹⁴	0,922	0,976	
	15%	5,734	- 0,623x10 ¹³	0,924	0,977	
	18%	5,449	- 0,554x10 ¹²	0,925	0,977	
	21%	5,299	- 0,360x10 ¹³	0,925	0,977	
		K ₁	n ₁	K ₂	n ₂	R ²
Peleg	12%	35,871	17,123	38,052	1,962	0,997
	15%	36,338	1,947	38,350	20,257	0,996
	18%	41,553	24,163	35,364	1,953	0,996
	21%	40,482	24,453	33,974	1,943	0,996
		a	b			R ²
Oswin	12%	11,873	0,458			0,972
	15%	11,231	0,462			0,975
	18%	10,792	0,464			0,976
	21%	10,404	0,464			0,976

As Figuras 14 e 15 mostram as isotermas de sorção dos dados experimentais para o suco em pó de mistura de frutas nas diferentes concentrações dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE e os respectivos ajustes do modelo de GAB. Observa-se nessas figuras que o comportamento das curvas é do tipo III de acordo com a classificação de Brunauer's (BRUNAUER *et al.*, 1938). Este tipo de curva foi também observado por Gabas *et al.* (2007) para polpa de abacaxi em pó, e Tonon *et al.* (2009) para suco em pó de açaí

adicionados de maltodextrina e goma Arábica como carreadores de secagem. Os modelos de GAB e BET são baseados no conceito do conteúdo de umidade na monocamada do material (X_m), considerada a umidade segura para a preservação de alimentos em pó, enquanto muitos outros modelos não apresentam este parâmetro (TONON *et al.*, 2009).

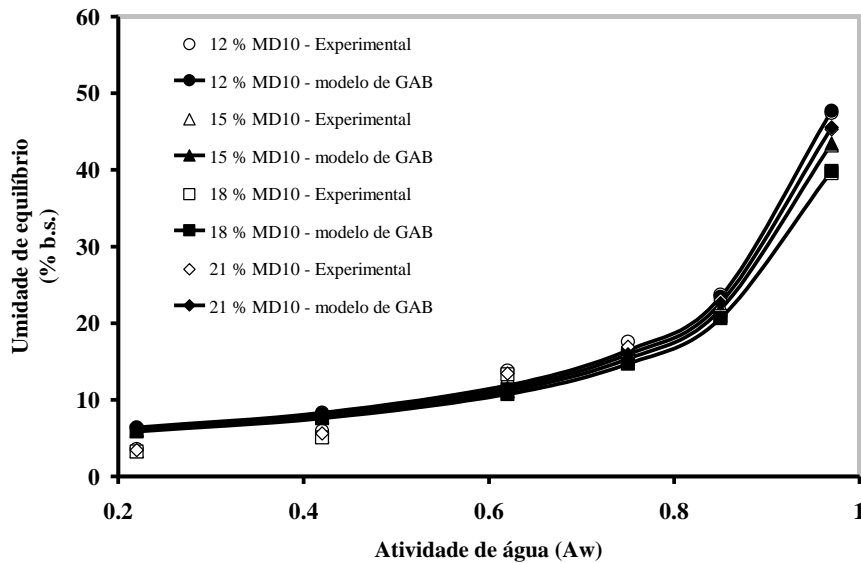


FIGURA 14. Ajuste do modelo de GAB às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE (MD10) e temperatura de secagem igual a 165 °C.

O conteúdo de umidade na monocamada (X_m) é a quantidade de água que está fortemente adsorvida em sítios específicos na superfície dos alimentos, sendo considerado um importante valor para assegurar a estabilidade desses produtos. Os valores de X_m obtidos para o suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* apresentaram-se na faixa de 4,67 e 6,08% b.s., significando o teor de umidade para uma armazenagem segura, na qual o material desidratado tem estabilidade máxima.

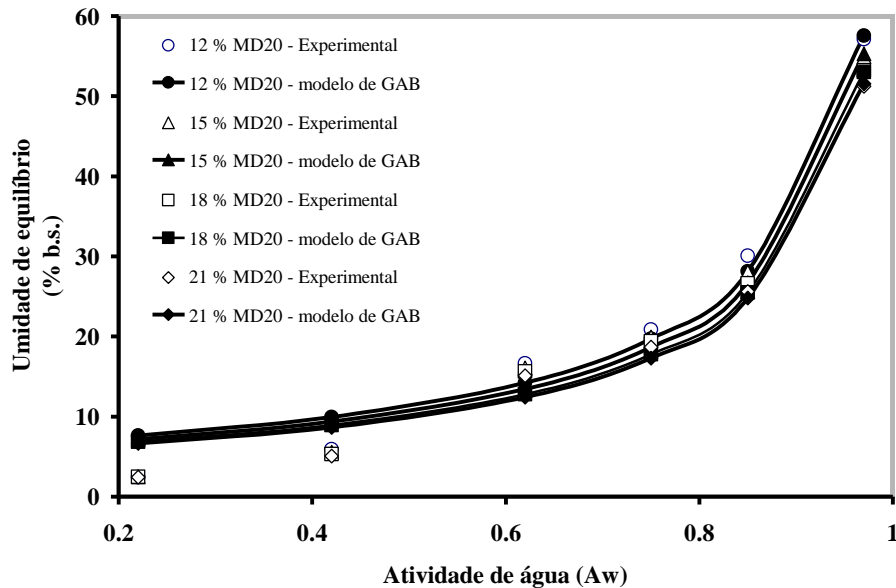


FIGURA 15. Ajuste do modelo de GAB às Isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE (MD20) e temperatura de secagem igual a 165 °C.

De acordo com Goula *et al.* (2008), este comportamento pode ser explicado pelo efeito de encapsulação dos agentes carreadores, o qual diminui a exposição da superfície às moléculas de água. Pérez-Alonso *et al.* (2006) determinaram as isotermas de sorção de maltodextrina 10 DE e obtiveram baixo conteúdo de umidade na monocamada (6,96-7,35%) a temperaturas de 25, 35 e 40 °C. Os autores atribuíram esses resultados a uma combinação de fatores, tais como a conformação e topologia das moléculas e aos sítios hidrofílicos/hidrofóbicos adsorvidos na interface. Além do mais, a monocamada é um efetivo método para estimar a quantidade de água ligada aos sítios específicos polares em alimentos desidratados, e o conteúdo de umidade na

monocamada deve ser estável em relação às deteriorações microbiológicas (SABLANI *et al.*, 2007).

Em relação à constante de sorção C do modelo de GAB, que é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água, constata-se que seus valores apresentaram-se numa ampla faixa, variando de $-0,238 \times 10^{15}$ a $0,265 \times 10^{14}$ (Tabelas 20 a 23). Estes valores estão fora da faixa geralmente encontrada na literatura, que são valores inferiores a 200. Segundo Maroulis *et al.* (1988), o sucesso da aplicação do modelo de GAB depende do método de regressão empregado. Vidal *et al.* (2003) descreveram a impossibilidade de atribuir sentido físico para os valores de parâmetro C do modelo de GAB para os dados experimentais encontrados.

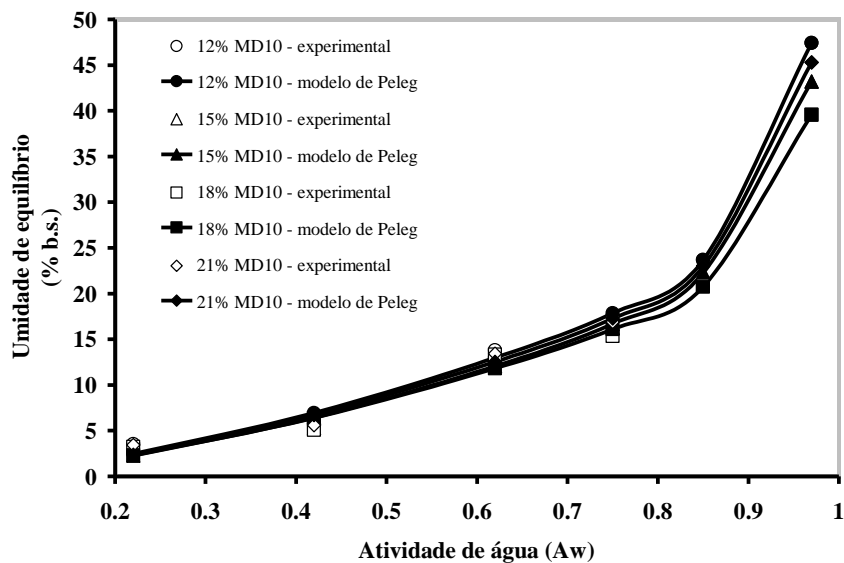


FIGURA 16. Ajuste do modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE (MD10) e temperatura de secagem igual a 165 °C.

O parâmetro K do modelo de GAB fornece uma medida das interações entre as moléculas presentes nas multicamadas com o adsorvente. Para o suco em pó de mistura de frutas, observam-se (Tabelas 20 a 23) valores menores que um (1,0), variando de 0,901 a 0,933. Verifica-se nessas tabelas que os valores de K e de X_m tendem a reduzir com o aumento na concentração das maltodextrinas 10 e 20 DE de 12 para 21%, mostrando sua capacidade de prover maior estabilidade aos produtos desidratados.

Os resultados encontrados neste estudo corroboram com os encontrados por Hofsky Vieira *et al.* (2007), em que descreveram valores de K variando entre 0,690 a 0,890 ao ajustar o modelo de GAB aos dados das isotermas de adsorção de umidade de pitanga em pó. De acordo com Fernandez (1995), valores de K menores que 1,0 são uma característica de produtos alimentícios.

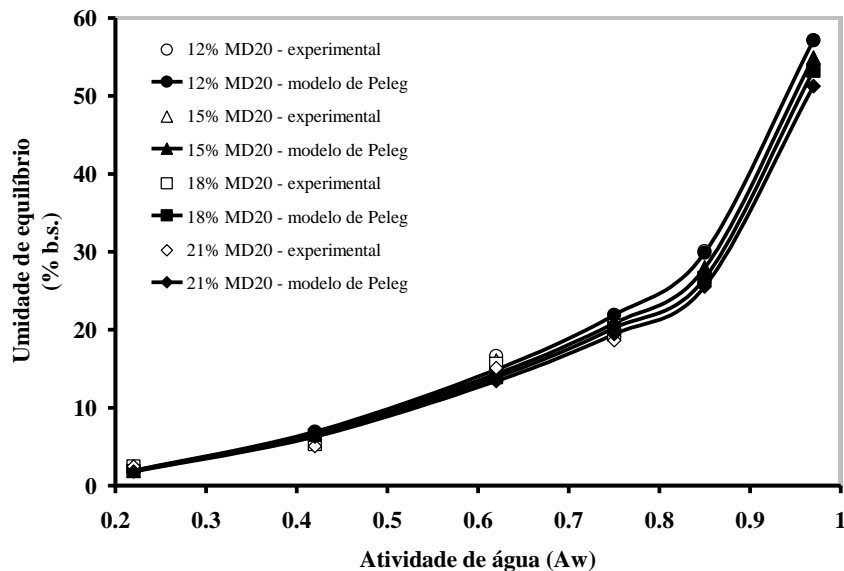


FIGURA 17. Ajuste do modelo de Peleg às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE (MD20) e temperatura de secagem igual a 165 °C.

Nas Figuras 16 e 17 observam-se as isotermas de adsorção dos dados experimentais para o suco em pó de mistura de frutas obtido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 e 20 DE e seus respectivos ajustes ao modelo de Peleg. Pode-se verificar ,através das Tabelas 20 a 23 e nas Figuras 16 e 17, que o medelo de Peleg foi o que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais das isotermas de adsorção de suco em pó de mistura de frutas.

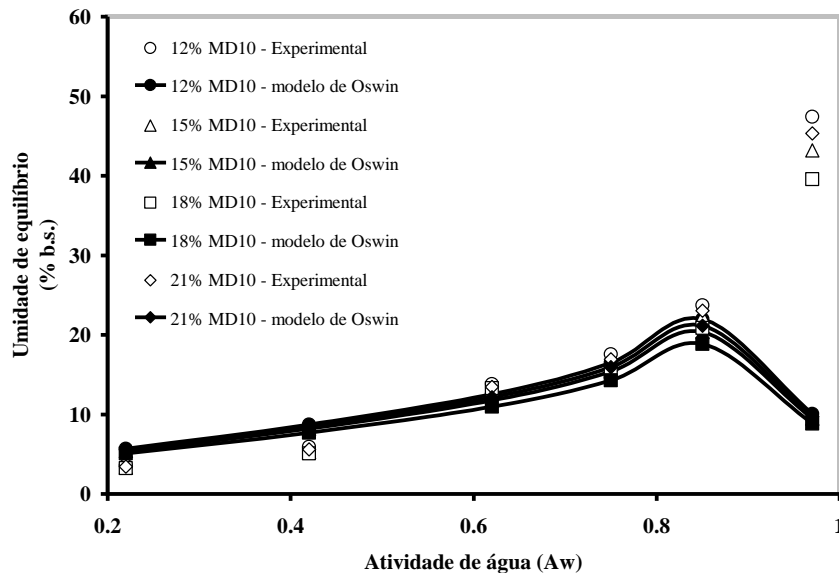


FIGURA 18. Ajuste do modelo de Oswin às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE (MD10) e temperatura de secagem igual a 165 °C.

As curvas obtidas das isotermas de adsorção de umidade para o suco em pó produzido com diferentes concentrações dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE sob a temperatura para o ar de secagem de 165 °C são do tipo III, de acordo com a classificação de BET (BRUNAUER *et al.*, 1938).

Constatam-se nas Tabelas 20, 21, 22 e 23 os valores para os parâmetros do ajuste do modelo de Oswin aos dados experimentais dos pós obtidos bem como os valores do coeficiente de determinação (R^2). Verifica-se que o ajuste apresentou valores relativamente altos para o coeficiente de determinação, ficando próximos dos obtidos para o modelo de GAB. No entanto, percebe-se nas Figuras 18 e 19 que o modelo de Oswin ajustou-se aos dados de umidade de equilíbrio somente para os pós submetidos a ambientes com até 85% de umidade relativa (UR).

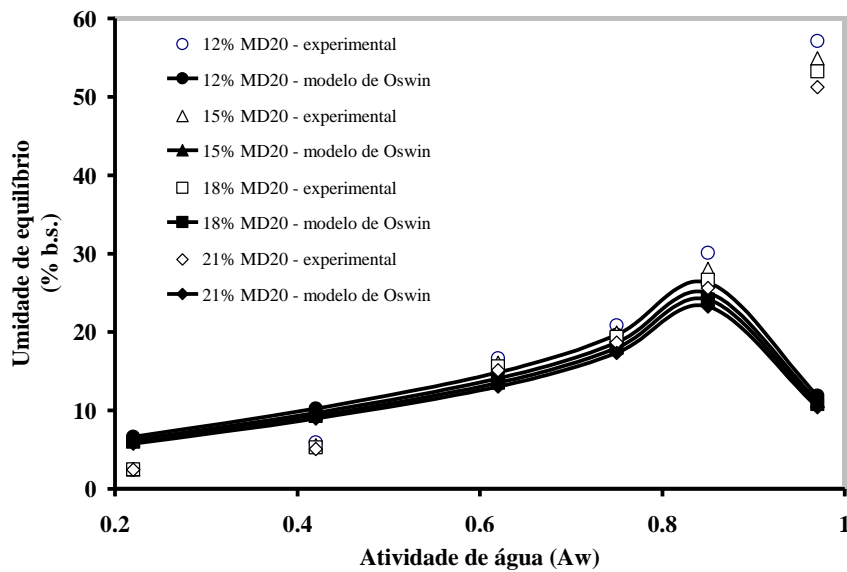


FIGURA 19. Ajuste do modelo de Oswin às isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas produzido com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE (MD20) e temperatura de secagem igual a 165 °C.

Entre os modelos utilizados para ajustar aos dados de isotermas de adsorção de umidade de suco em pó de mistura de frutas, o modelo de Oswin teve o pior ajuste. Hofsky Vieira *et al.* (2007) também registraram para o

modelo de Oswin o pior ajuste às isotermas de pitanga em pó obtido por *spray drying* e consideraram que tais discrepâncias podem ser atribuídas ao fato dessas equações serem estabelecidas para produtos com diferentes características e composições.

4.7 Análise de estabilidade

4.7.1 Luminosidade

O suco em pó obtido foi estocado em dissecadores contendo sílica gel à temperatura ambiente de 25 °C e avaliado quanto à perda de cor durante dois meses de armazenamento. Os valores médios do parâmetro de cor L* que mede a luminosidade ou grau de claridade da cor são observados na Tabela 24.

TABELA 24. Valores médios para a luminosidade (L*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função do agente carreador

SUBSTÂNCIA	
MALTODEXTRINA 10 DE	MALTODEXTRINA 20 DE
29,71 B	30,55 A
CV (%): 2,16	
Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).	

Verifica-se através do resumo da análise de variância (Tabela 28A) que não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores avaliados para este parâmetro, podendo observar efeito significativo apenas para os fatores individuais, substância e concentração ($p < 0,05$) e tempo de armazenamento ($p < 0,052$).

Através da Tabela 24, nota-se a influência significativa ($p < 0,05$) dos agentes carreadores sobre os valores de luminosidade (L^*) de suco em pó. Verifica-se (Tabela 24) que os pós produzidos com a maltodextrina 20 DE apresentaram o maior valor médio de L^* (30,55) em relação aos pós obtidos com maltodextrina 10 DE (29,71).

Através da Figura 20, observa-se efeito significativo da concentração dos carreadores utilizados sobre a luminosidade, em que se registra uma redução nos valores deste parâmetro com o aumento na concentração de maltodextrina (10 ou 20 DE). Pode-se verificar ainda que o aumento de 1% na concentração destes carreadores resulta em uma redução de 0,63% no valor de L^* do pó obtido.

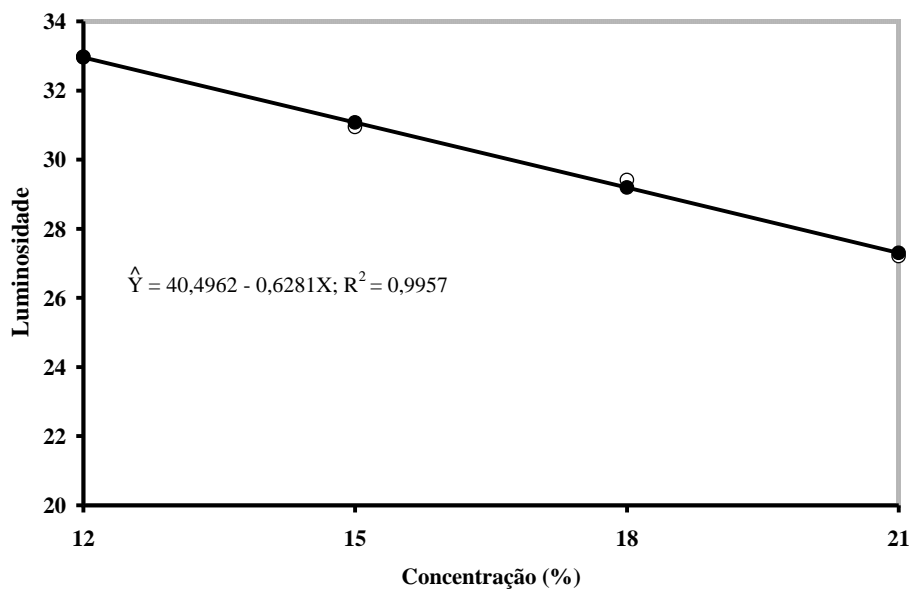


FIGURA 20. Efeito da concentração de maltodextrina 10 e 20 DE sobre a luminosidade (L^*) de suco em pó de mistura de frutas.

Na Figura 21 observa-se o efeito do tempo de armazenamento sobre a luminosidade de suco em pó, em que apresenta um leve aumento de seus valores com o tempo de armazenamento. Verifica-se que após 30 dias de armazenamento o pó obteve um aumento de 0,23% no valor de luminosidade. Este comportamento pode estar relacionado com reações físico-químicas, como a oxidação que resulta na degradação de pigmentos responsáveis pela tonalidade do pó, tendo como resposta um pequeno aumento nos valores de L*.

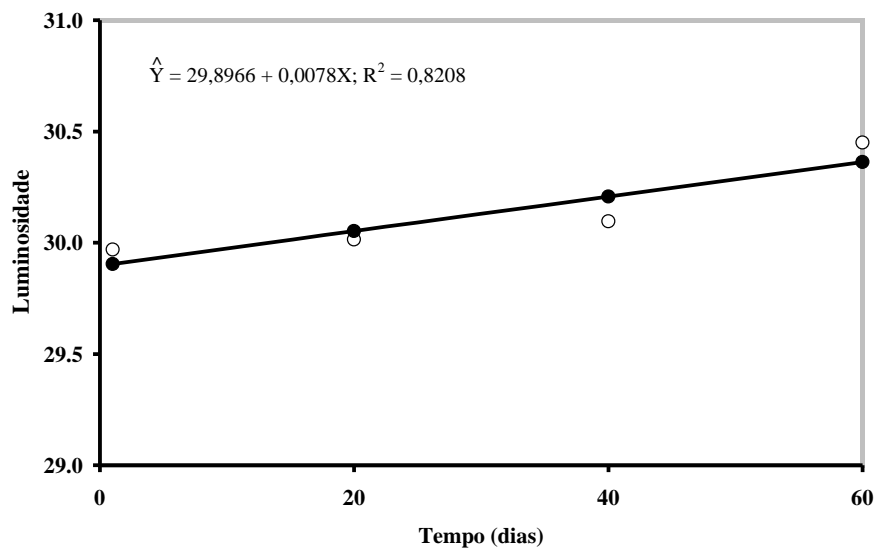


FIGURA 21. Efeito do tempo (dias) de armazenamento sobre a luminosidade (L*) de suco em pó de mistura de frutas durante o armazenamento por 60 dias.

4.7.2 Cromaticidade

Através do resumo da análise de variância observado na Tabela 29A, verifica-se efeito significativo ($p < 0,05$) da concentração e interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores substância e tempo sobre os valores de cromaticidade

(C*) de suco em pó. Observa-se na Figura 22 que o aumento na concentração dos agentes de secagem provocou uma redução nos valores de C*, e que um incremento de 1% na concentração leva a uma redução de 0,8974% nos valores de C* dos pós obtidos.

A cromaticidade indica a intensidade da cor ou a saturação, sendo que quanto maior seu valor, mais intensa será a tonalidade. Dessa forma, a redução nos valores de C* com o aumento da concentração resultou em pós mais claros que os obtidos empregando-se menor quantidade de maltodextrina.

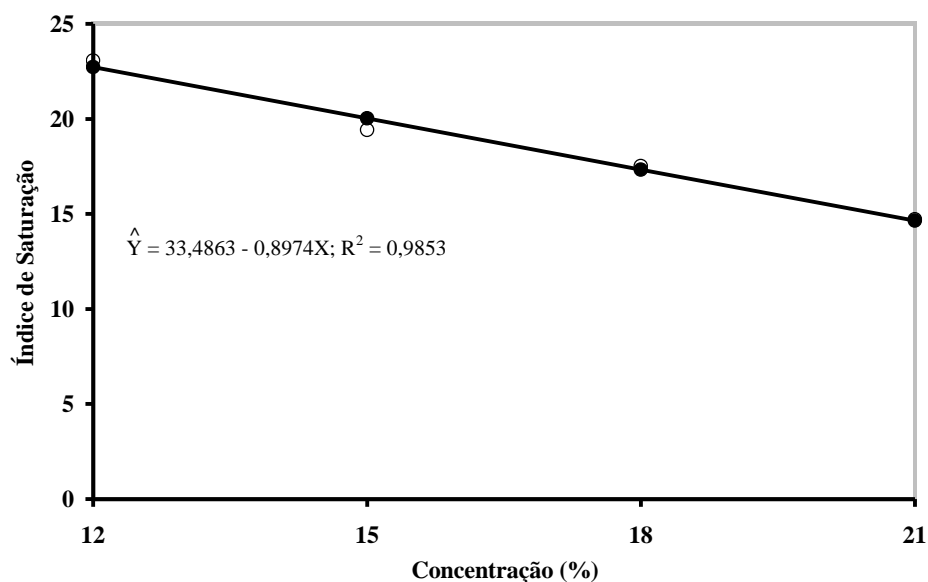


FIGURA 22. Efeito da concentração (%) dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE sobre a cromaticidade de suco em pó de mistura de frutas durante armazenamento por 60 dias.

Na Tabela 25, descrevem-se os valores para a cromaticidade dos pós obtidos com as substâncias maltodextrina 10 e 20 DE em diferentes tempos de armazenamento. Pode-se verificar que houve diferença significativa entre os pós obtidos com a maltodextrina 10 e 20 DE a partir do 20º dia de estocagem. Os

sucos produzidos com a maltodextrina 10 DE apresentaram menores valores para a cromaticidade resultando em pós com coloração mais clara. Já os pós avaliados no primeiro dia de armazenamento não apresentaram diferença significativa em relação ao carreador de secagem.

TABELA 25. Valores médios da cromaticidade (C*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função do tempo de armazenamento e do agente carreador de secagem

TEMPO (dias)	SUBSTÂNCIA	
	Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
1	20,32 A	20,72 A
20	18,32 B	19,32 A
40	17,60 B	18,76 A
60	16,41 B	17,98 A

CV (%): 3,08

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

Através da Figura 23, percebe-se uma depreciação dos valores de cromaticidade do suco em pó com o tempo de estocagem. O aumento de um dia no tempo de armazenamento dos pós obtidos com a maltodextrina 10 e 20 DE resulta em um decréscimo de 0,0631 e 0,0444%, respectivamente sobre os valores de cromaticidade. Dessa maneira, a cromaticidade de suco em pó de mistura de frutas é reduzida com o aumento do tempo de estocagem e com a utilização de maiores concentrações dos agentes carreadores maltodextrina 10 e 20 DE.

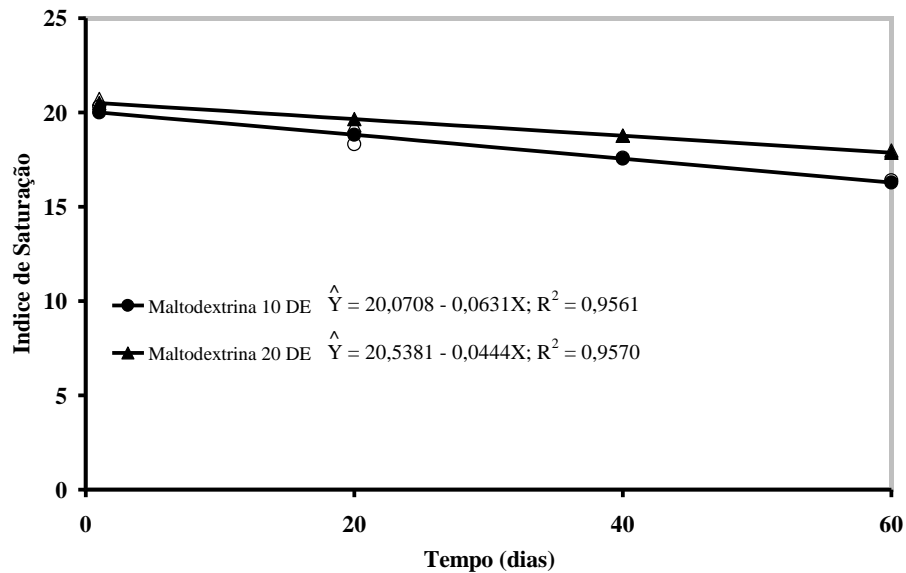


FIGURA 23. Efeito do tempo (dias) de armazenamento e de carreadores de secagem sobre a cromaticidade (C^*) de suco em pó de mistura de frutas.

4.7.3 Ângulo de tonalidade

Nota-se na Tabela 32A interação significativa entre os fatores substância e concentração, substância e tempo, e concentração e tempo para o ângulo de tonalidade (h^*) do suco em pó de mistura de frutas.

Verifica-se na Tabela 26 efeito significativo ($p < 0,05$) do carreador sobre os valores de ângulo de tonalidade (h^*) dos pós obtidos com 15 e 18% dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE, sendo que os pós produzidos com a maltodextrina 20 DE apresentaram os menores valores para o ângulo de tonalidade. De outra forma, os pós obtidos com 12 e 21% não apresentaram diferença significativa sobre este parâmetro ($p > 0,05$).

TABELA 26. Valores médios do ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas em função de diferentes concentrações e de carreadores

CONCENTRAÇÃO (%)	SUBSTÂNCIA	
	Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
12	84,13 A	84,18 A
15	85,98 B	85,11 A
18	86,84 B	86,20 A
21	86,87 A	86,90 A

CV (%): 29,03

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” (P>0,05).

Na Figura 24 observa-se aumento significativo nos valores de h* com o aumento na concentração dos carreadores em estudo. Constata-se que um incremento de 1% na concentração dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE acarreta aumento nos valores de h* de 0,3021 e 0,3087%, respectivamente.

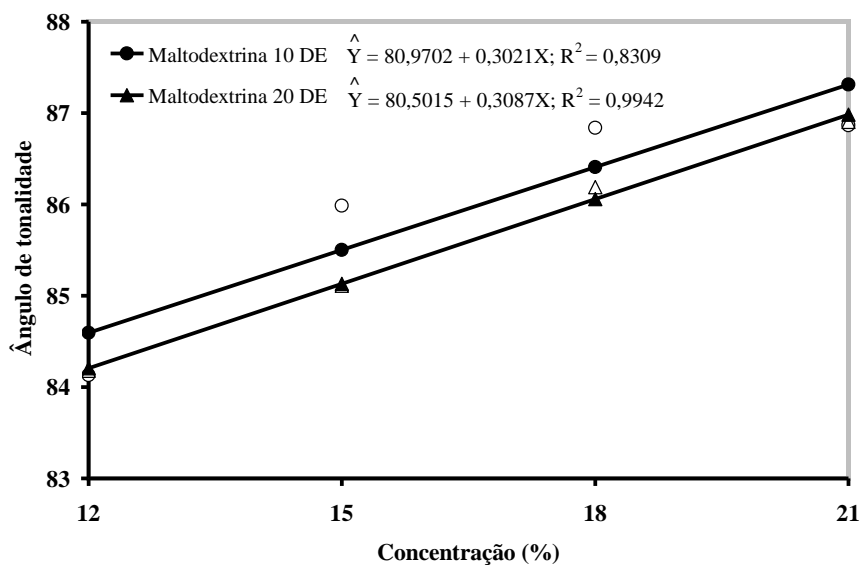


FIGURA 24. Efeito da concentração (%) e de agentes carreadores sobre o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas.

Pode-se observar através da Tabela 27 efeito significativo dos carreadores sobre os valores de h^* dos pós com 40 e 60 dias de armazenamento, cujos menores valores de h^* são para os pós produzidos com a maltodextrina 20 DE.

TABELA 27. Valores médios do ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* em função do tempo de armazenamento e do agente carreador de secagem

TEMPO (dias)	SUBSTÂNCIA	
	Maltodextrina 10 DE	Maltodextrina 20 DE
1	84,34 A	84,64 A
20	86,09 A	85,74 A
40	86,54 B	86,12 A
60	86,84 B	85,88 A

CV (%): 29,03

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste “F” ($P>0,05$).

Pode-se verificar na Figura 25 efeito significativo do tempo de armazenamento sobre os valores de h^* para os pós produzidos com 10 e 20 DE. Observa-se um comportamento linear para os valores do ângulo de tonalidade dos pós obtidos com maltodextrina 10 DE, os quais apresentam um acréscimo de 1,203% sobre este parâmetro no 30º dia de estocagem. Já os pós produzidos com maltodextrina 20 DE apresentaram maiores valores de h^* até 40 dias de armazenamento, havendo um decréscimo a partir desse período.

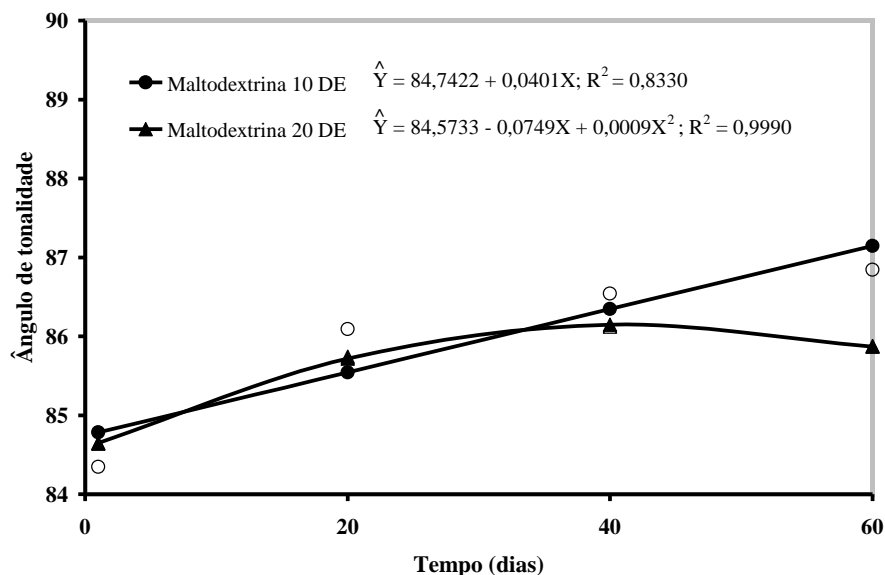


FIGURA 25. Efeito do tempo (dias) de armazenamento e de agentes carreadores sobre o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas.

Por meio da Figura 26, observa-se o efeito da concentração dos carreadores de secagem sobre o parâmetro de cor h*, do suco em pó para os diferentes tempos de estocagem. Pode-se verificar na Figura 26, maiores valores de h* com o aumento da concentração dos carreadores para os diferentes tempos de armazenamento. Constata-se que o incremento de 1% na concentração resultou no aumento de 0,1801; 0,3634; 0,3155 e 0,3626%, respectivamente. Observa-se ainda que os pós com um dia de armazenamento apresentam os menores valores para este parâmetro.

Através da Figura 27, nota-se efeito significativo do tempo sobre os valores de tonalidade do suco em pó de mistura de frutas em função de diferentes concentrações de maltodextrina 10 e 20 DE. Observa-se que o aumento do tempo de armazenagem provoca um aumento nos valores do ângulo de tonalidade dos pós obtidos. Verifica-se um acréscimo de 0,0006; 0,0348;

0,0304 e 0,0016% sobre os valores de h^* a cada dia de acréscimo no tempo de armazenamento dos pós obtidos com 12, 15, 18 e 21% de maltodextrina, respectivamente.

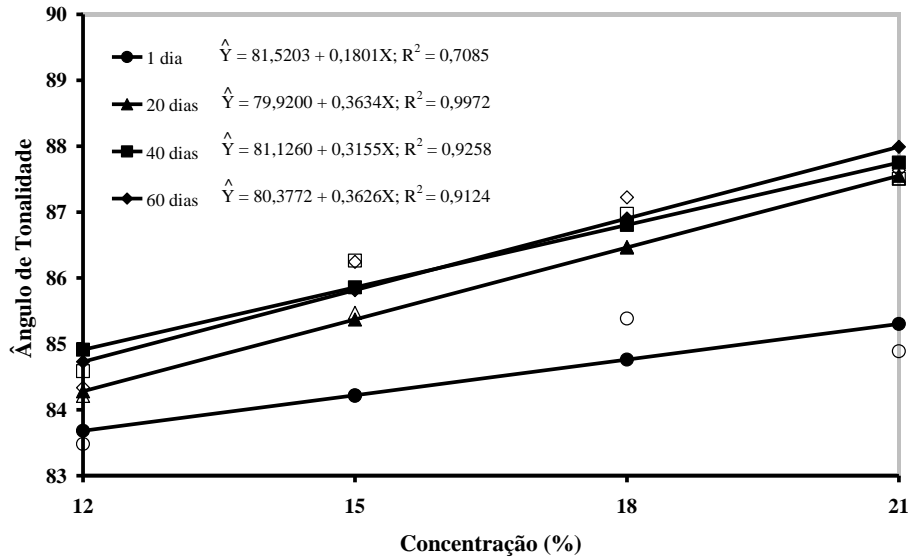


FIGURA 26. Efeito da concentração (%) e do tempo de armazenamento (dias) sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas.

Os valores médios do ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de misturas de frutas reidratado variaram entre $84,13^\circ$ a $86,90^\circ$, correspondendo a regiões bem próximas ao amarelo (90°). Percebe-se que com o tempo de armazenamento, o ângulo de tonalidade do suco aumenta para valores mais próximos ao amarelo, tornando-se um produto mais claro.

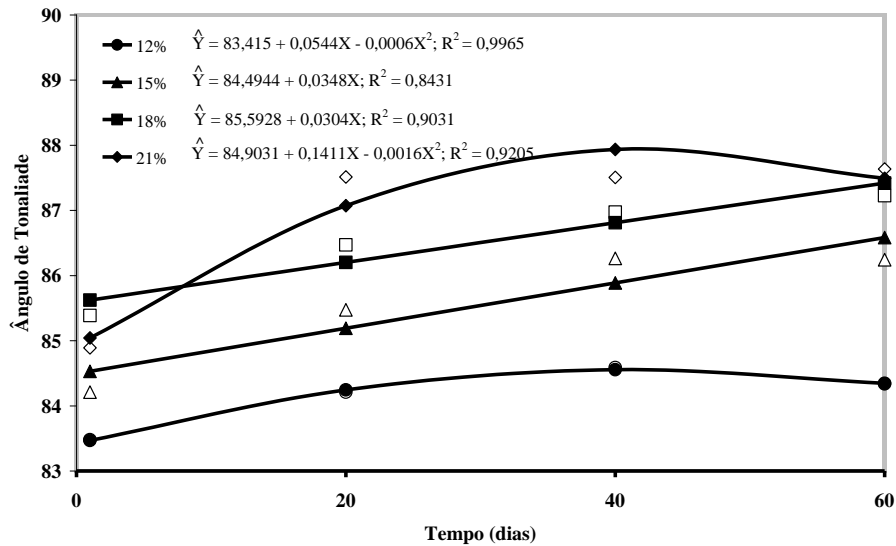


FIGURA 27. Efeito do tempo de armazenamento (dias) e da concentração (%) dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE sobre o ângulo de tonalidade (h^*) de suco em pó de mistura de frutas.

O aumento nos valores do ângulo de tonalidade pode estar relacionado com reações degradativas dos carotenoides, que são os principais pigmentos dos frutos utilizados na produção do suco de mistura de frutas. Os sistemas alimentícios estão sujeitos às degradações físico-químicas mesmo a baixos níveis de atividade de água. A depreciação da estabilidade desses materiais com o tempo de estocagem pode ser acelerada pelo calor, umidade ou pela permeabilidade da embalagem ao oxigênio do ambiente. A oxidação de pigmentos afetando a cor durante o armazenamento tem sido investigada por outros autores (DESOBRY *et al.*, 1997) por ser um atributo sensorial de muita importância para a aceitabilidade do produto pelo consumidor, e que muitas vezes está relacionada com a degradação de constituintes que têm valor nutricional e que podem promover sabor desagradável no produto.

5 CONCLUSÕES

- As condições de secagem estudadas têm efeito sobre os parâmetros de qualidade de suco em pó de mistura de frutas.
- A utilização de maiores concentrações de maltodextrina e a temperatura para o ar de secagem de 165 °C proporciona a obtenção de pós com os menores teores de umidade.
- A menor concentração (12%) dos carreadores maltodextrina 10 e 20 DE proporciona a obtenção de pós com os melhores parâmetros L*, a* e b* e intensidade de cor.
- Os carreadores utilizados influenciam as propriedades funcionais de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*. O tratamento com a maltodextrina 10 DE apresenta-se menos higroscópico, mais solúvel, porém com maior *stickiness*.
- A menor temperatura do ar de secagem (155 °C) proporcionou a obtenção de pós de suco de mistura de frutas com as melhores propriedades funcionais, como a alta solubilidade e menores valores de *stickiness* e higroscopicidade.
- Os pós obtidos com as maiores concentrações de maltodextrinas apresentam-se menos higroscópicos, com menor *stickiness*, porém com uma leve redução no índice de solubilidade.
- As isotermas de sorção de umidade para o suco em pó apresentam comportamento descrito por uma equação polinomial de quarto grau, sendo classificada como do tipo III de acordo com a classificação de BET.

- Os modelos de Peleg e GAB produziram ajustes satisfatórios às isotermas de adsorção de umidade, sendo que o modelo de Peleg resultou nos melhores parâmetros de ajuste aos dados de adsorção de umidade de suco em pó de misturas de frutas.

- As condições de secagem têm efeito sobre o tempo de armazenagem do suco em pó de mistura de fruta, o qual revela boa estabilidade durante 60 dias de armazenamento, apresentando tonalidade mais próxima ao amarelo e com menor grau de intensidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIO, F. D. B. *et al.* Physical properties of powdered pineapple (Ananás comosus) juice-effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 64, n. 3, p. 285-287. 2004.

ADHIKARI, B. *et al.* Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 62, p. 53-68, 2004.

_____. *et al.* Characterization of the surface stickiness of fructose-maltodextrin solutions during drying, **Drying Technology**, New York, v. 21, n. 1, p. 17-34, 2003.

AGUILERA, J. M. **Temas em tecnologia de alimentos: propriedades físicas III: caracterización de alimentos em polvo.** v. 1. México: Instituto Politécnico Nacional, 1997. 340 p.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 16th ed. Gaithersburg: Patricia Cunniff, 1997. v. 2, cap. 37.

ASCHERI, D. P. R. **Seleção de material de parede para a microencapsulação de óleo essencial de laranja através da secagem por atomização.** 1997. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

BERG, V. D. C. **Vapour sorption equilibria and other water-starch interactions: a physico-chemical approach.** 1981. 186 p. Doctoral Thesis (Agricultural University, Wageningen, The Netherland).

BHANDARI, B. R.; HARTEL, R. W. Phase transitions during food powder production and powder stability. In: ONWULTAT, C. (Ed.). **Encapsulated and powdered foods.** Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. p. 261-292.

_____. *et al.* Spray drying *Spray drying* of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, New York, v. 11, n. 5, p. 1081-1092, 1993.

_____.; HOWES, T. Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surface energetics. **Drying Technology**, New York, v. 23, n. 4, p. 781-797, 2005.

BHANDARY, S. R., DATA, N., HOWES, T. Problems associate with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, 166-171, dez. 2003. Suplemento.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of the American Chemical Society**, Easton, v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938.

CÁCERES, Miluska Castillo. **Estudo do processamento e a avaliação da estabilidade do “blend” misto a base de polpa de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

CAI, Y. Z., CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray-drying and its

functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.6, n. 4, p. 4520-428, 2005.

CHEGENI, G. R.; GHOBADIAN, B. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powde. **Drying Technology**, New York, v. 23, p. 657-668, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

DAIÚTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; Vilpoux, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3. cap. 16, p. 449-474.

DESOBRY, S. A.; NETTO, F. M.; LABUZA, T. P. Comparison of spray drying, drum drying e freeze drying para β -carotene encapsulation and preservation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 6, p.1158-1162, 1997

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. **U.S. Patent 4.465.702**, 1984.

FENNEMA, O. R. (Ed). Introduction to food chemistry. In: FENNEMA, O. R.; TANNENBAUM, S. R. **Food chemistry**. 3th ed. New York: Marcel Pekker, 1996.

FERREIRA, D. F. **O uso do sistema Sas e do Sisvar nas análises estatística: curso de matemática e estatística**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FRANCISCONI, A. D. *et al.* Propriedades físicas del jugo de aracuyá en polvo: efecto de la velocidad de atomización y concentración de maltodextrina. **Alimentaria**, Madrid, n. 346, p. 97-100. 2003.

FURUTA, T.; HAYASHI, H.; OHASHI, T. Some criterion of spray drier design for food liquid. **Drying Technology**. New York, v. 12, n. 1-2, p. 151-177, 1994.

GABAS, A. L. *et al.* Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, p. 246-252, 2007.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. Powder properties. **Drying Technology**, New York, v. 26, p. 726-737, 2008.

_____. *et al.* Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**. Essex, v. 85, n. 1, p. 73-83, 2008.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National Bureau of Standards**, Washington, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

GREGG, S. J.; SING, K. S. W. **Adsorption, Surface Area and Porosity**. 2. ed. New York: Academic Press, 1967. 303 p.

HAMANO, P. S.; MERCADANTE A. Z. Composition of carotenoids from commercial products of cajá (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, p. 335-343, 2001.

HOFKY VIEIRA, A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

HSU, C. *et al.* Chemical composition, physical properties and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. **Food Chemistry**, London, v. 83, p. 85-92, 2003.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; GARZA, S. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 39, n. 4, p. 415-422, 1999.

INTIPUNYA, P. *et al* .A modified cyclone stickiness test for characterizing food powders. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 94, p. 300-306, 2009.

JOSHI, P. Physical aspects of color in foods. In: AMES, J. M.; HOFMANN, T. (Eds.). **Chemistry and physiology of selected food colorants**. Oxford: Oxford University Press, 2001. cap. 3, p. 43-53.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 98, p. 385-392, 2010.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; YOKOYAMA, S. M. Cultivar differences and geographic effects on the carotenoid composition and vitamin A value of papaya. **Lebens. Wissen. Technol.**, v. 24, n. 5, p. 415-418, 1991.

KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. Effect of maltodextrin and gum arabic on water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolysate. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 91, p. 287-296, 2009.

LEWICKI, P. The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 32, n. 66, p. 553-557, 1997.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture isotherm equations. 1: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v.18, n. 2, p.111-117, 1985.

LUXIMON-RAMMA, A.; BAHORUN, T.; CROZIER, A. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. 5, p. 496-502, 2003.

MAFART, P. Processos físicos de conservação. In: _____. **Ingeniería industrial alimentaria**. Espanha: Editorial Acribia, 1994. p. 253-275.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: UFC, 2007. 320 p.

MAROULIS, Z. B. *et al.* Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 7, p. 63-70. 1988.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 5th ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1991.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 138-141, abr. 2002.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu Stability of mixed cajá and umbu néctar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, jul./set. 2007.

MERCADANTE, A. Z; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 128-130, 1998.

MOREIRA, G. E. G. *et al.* Physical properties of spray dried acerola pomace

extract as affected by temperature and drying aids. **Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 2, p. 641-645, Mar. 2008.

MOSTAFA, G. A.; ABD-EL-HADY, E. A.; ASKAR, A. Preparation of papaya and mango nectar blends. **Fruit Processing**, Chicago, v. 7, n. 5, p. 180-185, 1997.

NATH, S.; SATPATHY, G. R. A systematic approach for investigation of spray drying processes. **Drying Technology**, New York, v. 16, n. 6, p. 1173-1193, 1998.

NOGUEIRA, R. I. **Processo de obtenção de inulina de chicória (Cichorium intybus) em pó**. 2001. 104 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

OBÓN J. M. et al. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model system. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 90, p. 471-479, 2009.

OSWIN, C. R. The kinetics of package life: III isotherm. **Journal of the Society Chemical Industry**, v. 65, p. 419-421, 1946.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of food Process Engineering**, Westport, v. 16, p. 21-37, 1993.

PÉREZ-ALONSO, C. *et al.* Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blend carbohydrate polymers. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 4, p. 753-760, 2006.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, n. 5, p. 386-392. 2007.

RE, M. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, New York, v. 16, n. 6, p. 1195-1236, 1998.

REINECCIUS, G. A. Carbohydrates for flavor encapsulation. **Food Technology**, Chicago, p. 144-146, Mar. 1991.

RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Encapsulation and controlled release of food ingredients**. Chicago: Illinois, 1993. 211 p.

RODRIGUEZ-HERNÁNDEZ, R. et al. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product, **Drying Technology**, New York, v. 23, n. 4, p. 955-973, 2005.

ROOS, Y.; KEREL, M. Water and molecular weight effects on glass transitions on amorphous carbohydrates and carbohydrate solutions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 1676-1681, 1991.

SABLANI, S. S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, M. S. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, p. 266-271, 2007.

SENOUSSI, A.; DUMOULIN, E. D.; BERK, Z. Retention of diacetyl in milk during spray drying and storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 5, p. 894-897, 1995.

SHAHIDE, F.; HAND, X. Encapsulation of food ingredients: critical review. **Nutrition and Food Science**, London, v. 33, n. 6, p. 501-547, 1993.

SHRESTHA, A. K. et al. Glass transition behavior of spraydried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food**

Properties, v. 10, p. 661-673, 2007.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; LAB, F. **Ajuste de curvas (regressão não-linear e tratamento de dados). V 7.2.14 c (2003-2004)**. Disponível em: <http://www.angelfire.com/rnb/labfit/index_p.html>. Acesso em: 14 out. 2007.

SMITH, S. E. The sorption of water vapour by high polymers. **Journal of the American Chemical Society**, Easton, v. 69, p. 646, 1947.

SOUSA, A. S. D. *et al.* Spraydried tomato powder: reconstitution properties and colour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 807-817, 2008.

SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de néctares misto de frutas tropicais adicionado de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng*. 2006. 134 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SOUSA, P. H. M. de *et al.* Adição de extratos de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng* em néctares mistos de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 463-470, 2010.

TONELI, J. T. C. L. **Processos de separação física e secagem de inulina obtida a partir de raízes de chicória (*Cichorium intybus* L.)**. 2006. 177 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

TONON, R. V. *et al.* Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 94, p. 215-221, 2009.

_____.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 88, p. 411-

418, 2008.

TUNICK, M. H. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 8, p. 1892-1989, 2000.

VIDAL, D. *et al.* Estudio de la actividad del agua de dátiles españoles tipo candil. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Ingeniería de alimentos nuevas fronteras en el siglo XXI**: deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas. UPV, 2003, v. 2, p. 107-112.

VON ELBE, J. H.; SCHWARTZ, S. J. Colorants. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 651-722.

WOLF, W.; SPIESS, W.; JUNG, G. **Sorption isotherms and water activity of food material**. London: Elsevier Science Publishing Co., 1985. 239 p.

ZUO, J, Y. PATERSON, A. H. BRONLUND, J. E. CHATTERJEER. Using a particle-gun to measure initiation of stickiness of dairy powders. **International Dairy Journal**, Barking, v. 17, p. 268-273, 2007.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para a umidade (%) e a solubilidade (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

CAUSAS DE VARIÇÃO	G.L.	UMIDADE (%)		SOLUBILIDADE (%)	
		Q.M.	P>Fc	Q.M.	P>Fc
TEMP	1	11,7612	0,0000	7,7201	0,0007
SUBST	1	0,6440	0,0067	9,6213	0,0002
CONC	3	0,4798	0,0018	1,8839	0,0289
TEMP*SUBST	1	0,0010	0,9093	1,4043	0,1203
TEMP*CONC	3	0,3666	0,0072	1,4451	0,0676
SUBST*CONC	3	0,3767	0,0063	0,4922	0,4553
TEMP*SUBST*CONC	3	0,4141	0,0040	1,8107	0,0332
Resíduo	32	0,0765		0,5512	
Média geral (%)		3,1296		98,3523	
CV (%)		8,83		0,75	

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de substância e a concentração para a umidade (%) e a solubilidade (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	UMIDADE		SOLUBILIDADE	
		QM	Pr>Fc	QM	Pr>Fc
TEMP	1	0,0000	0,9883	0,0004	0,9782
TEMP	1	3,3900	0,0000	1,5708	0,1011
TEMP	1	2,6268	0,0000	0,3038	0,4633
TEMP	1	2,0417	0,0000	0,1838	0,5677
TEMP	1	1,7174	0,0000	0,0002	0,9826
TEMP	1	1,6748	0,0001	0,0294	0,8188
TEMP	1	2,0768	0,0000	7,7748	0,0007
TEMP	1	0,5766	0,0098	9,0283	0,0003
Resíduo	32	0,0764		0,5512	

TABELA 3A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de temperatura e a concentração para a umidade e a solubilidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	UMIDADE		SOLUBILIDADE	
		QM	Pr>Fc	QM	Pr>Fc
SUBST	1	0,4931	0,0162	1,1704	0,1548
SUBST	1	1,3824	0,0002	5,6843	0,0030
SUBST	1	0,1262	0,2082	0,4267	0,3855
SUBST	1	0,1233	0,2133	0,0104	0,8915
SUBST	1	0,3651	0,0363	1,0923	0,1688
SUBST	1	0,3953	0,0298	0,9204	0,2055
SUBST	1	0,0308	0,5300	2,5091	0,0406
SUBST	1	0,1014	0,2580	6,1206	0,0022
Resíduo	32	0,0765		0,5512	

TABELA 4A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de temperatura e a substância para a umidade e a solubilidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	UMIDADE		SOLUBILIDADE	
		QM	Pr>Fc	QM	Pr>Fc
CONC	3	0,6581	0,0002	0,3225	0,6279
CONC	3	0,2611	0,0285	2,1487	0,0173
CONC	3	0,5789	0,0006	0,8750	0,2101
CONC	3	0,1392	0,1620	2,2856	0,0134
Resíduo	32	0,0765		0,5512	

TABELA 5A. Resumo da análise de variância para a atividade de água (A_w) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	0,0675	0,0000
SUBST	1	0,0010	0,2124
CONC	3	0,0009	0,2518
TEMP*SUBST	1	0,0008	0,2560
TEMP*CONC	3	0,0001	0,8922
SUBST*CONC	3	0,0004	0,5486
TEMP*SUBST*CONC	3	0,0014	0,0988
Resíduo	32	0,0006	
CV (%): 8,35			
Média geral: 0,2988			

TABELA 6A. Resumo da análise de variância para a luminosidade (L^*), o índice de vermelho (a^*) e o índice de amarelo (b^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

CAUSAS DE VARIÇÃO	G.L.	L^*		a^*		b^*	
		Q.M.	P>Fc	Q.M.	P>Fc	Q.M.	P>Fc
TEMP	1	0,4828	0,5685	5,0538	0,0207	10,3621	0,1063
SUBST	1	0,8050	0,4623	0,0761	0,7672	0,1226	0,8577
CONC	3	27,8413	0,0000	4,7967	0,0033	31,3323	0,0003
TEMP*SUBST	1	48,4450	0,0000	13,2101	0,0004	38,9484	0,0029
TEMP*CONC	3	3,4474	0,0889	1,8257	0,1148	4,1288	0,3633
SUBST*CONC	3	0,4835	0,8019	0,1694	0,8968	0,1324	0,9913
TEMP*SUB*CON	3	3,1052	0,1152	0,1447	0,9163	0,9830	0,8524
Resíduo	32	1,4545		0,8538		3,7528	
Média geral		40,8954		8,8442		38,8799	
CV (%)		2,95		10,45		4,98	

TABELA 7A. Resumo da análise de variância para o ângulo de tonalidade (h*) e a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying

CAUSAS DE VARIACÃO	G.L.	ÂNGULO DE TONALIDADE (h*)		DIFERENÇA DE SATURAÇÃO (ΔC^*)	
		Q.M.	P>Fc	Q.M.	P>Fc
TEMP	1	4,7893	0,0100	49,0578	0,0000
SUBST	1	0,2374	0,5466	54,2513	0,0000
CONC	3	1,5653	0,0817	12,6614	0,0001
TEMP*SUBST	1	10,8357	0,0003	10,1109	0,0079
TEMP*CONC	3	1,7665	0,0580	4,5125	0,0244
SUBST*CONC	3	0,2995	0,7064	4,3461	0,0280
TEMP*SUBST*CONC	3	0,1539	0,8674	2,6744	0,1170
Resíduo	32	0,6395		1,2610	
Média geral		77,2430		3,1768	
CV (%)		1,04		35,35	

TABELA 8A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de substância para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	0,6087	0,3366
TEMP	1	15,0163	0,0000
Resíduo	32	0,6395	

TABELA 9A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de temperatura para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	7,1406	0,0021
SUBST	1	3,9325	0,0186
Resíduo	32	0,6395	

TABELA 10A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de substância para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	7,3129	0,0220
TEMP	1	51,8557	0,0000
Resíduo	32	1,2610	

TABELA 11A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de temperatura para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	8,7604	0,0128
SUBST	1	55,6017	0,0000
Resíduo	32	1,2610	

TABELA 12A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de concentração para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	4,1902	0,0777
TEMP	1	2,5558	0,0000
TEMP	1	3,9572	0,0860
TEMP	1	11,8922	0,0043
Resíduo	32	1,2610	

TABELA 13A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de temperatura para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
CONC	3	12,9851	0,0001
CONC	3	4,1889	0,0315
Resíduo	32	1,2610	

TABELA 14A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de concentração para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	1,0121	0,3770
SUBST	1	9,3139	0,0105
SUBST	1	27,9410	0,0000
SUBST	1	29,0225	0,0000
Resíduo	32	1,2610	

TABELA 15A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de substância para a diferença de cromaticidade (ΔC^*) de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
CONC	3	13,9702	0,0000
CONC	3	3,0374	0,0843
Resíduo	32	1,2610	

TABELA 16A. Resumo da análise de variância para *Stickiness* (N) e higroscopicidade (%) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

CAUSAS DE VARIÇÃO	G.L.	STICKINESS (N)		HIGROSCOPICIDADE (%)	
		Q.M.	P>Fc	Q.M.	P>Fc
TEMP	1	1,6280	0,0086	3,8477	0,0049
SUBST	1	18,3027	0,0000	183,0274	0,0000
CONC	3	0,3332	0,2079	35,7068	0,0000
TEMP*SUBST	1	0,0261	0,7252	3,7241	0,0056
TEMP*CONC	3	1,4967	0,0008	1,0335	0,0814
SUBST*CONC	3	0,3849	0,1576	0,7828	0,1569
TEMP*SUBST*CONC	3	0,3796	0,1621	0,7667	0,1637
Resíduo	32	0,2078		0,4216	
Média geral		2,8892		22,8073	
CV (%)		15,78		2,85	

TABELA 17A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de concentração para *stickiness* de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	0,0374	0,6742
TEMP	1	0,1220	0,4491
TEMP	1	0,6120	0,0958
TEMP	1	5,3467	0,0000
Resíduo	32	0,2078	

TABELA 18A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de temperatura para *stickiness* de suco em pó de mistura de frutas

FV	GL	QM	Pr>Fc
CONC	3	1,5929	0,0005
CONC	3	0,2370	0,3459
Resíduo	32	0,2078	

TABELA 19A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de substância para a higroscopicidade (g H₂O/100 sólidos) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	0,0005	0,9726
TEMP	1	7,5713	0,0002
Resíduo	32	0,4217	

TABELA 20A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de temperatura para a higroscopicidade (g H₂O/100 sólidos) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	67,2680	0,0000
SUBST	1	119,4834	0,0000
Resíduo	32	0,4217	

TABELA 21A. Resumo da análise de variância para umidade de equilíbrio (% b.s.) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	4,0328	0,0371
SUBST	1	704,9387	0,000
CONC	3	68,7643	0,0000
Aw	5	12948,4773	0,0000
TEMP*SUBST	1	43,6645	0,0000
TEMP*CONC	3	3,4841	0,0110
TEMP*Aw	5	10,8457	0,0000
SUBST*CONC	3	3,1326	0,0183
SUBST*Aw	5	185,8088	0,0000
CONC*Aw	15	20,6402	0,0000
TEMP*SUBST*CONC	3	0,8866	0,4090
TEMP*SUBST*Aw	5	12,1071	0,0000
SUBST*CONC*Aw	15	3,2852	0,0000
TEMP*SUBST*CONC*Aw	15	1,0133	0,3529
Resíduo	207	0,9165	
CV (%): 5,03			
Média geral: 19,0349			

TABELA 22A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de substância e a Aw para a umidade de equilíbrio de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMP	1	0,4401	0,4891
TEMP	1	1,5862	0,1898
TEMP	1	11,8161	0,0004
TEMP	1	1,1660	0,2606
TEMP	1	4,1750	0,0340
TEMP	1	73,9557	0,0000
TEMP	1	8,9670	0,0020
TEMP	1	0,0267	0,8647
TEMP	1	0,8894	0,3257
TEMP	1	8,3426	0,0029
TEMP	1	47,1521	0,0000
TEMP	1	3,9447	0,0393
Resíduo	207	0,9165	

TABELA 23A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de temperatura e a Aw para a umidade de equilíbrio de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	0,0434	0,8280
SUBST	1	0,9087	0,3205
SUBST	1	1,4676	0,009
SUBST	1	53,7603	0,0000
SUBST	1	21,750	0,0000
SUBST	1	405,1638	0,0000
SUBST	1	4,5067	0,0277
SUBST	1	0,2204	0,6244
SUBST	1	32,5520	0,0000
SUBST	1	83,5520	0,0000
SUBST	1	182,2708	0,0000
SUBST	1	943,3842	0,0000
Resíduo	207	0,9165	

TABELA 24A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de A_w dentro de cada nível de temperatura e substância para a umidade de equilíbrio de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
Aw	5	2714,3645	0,0000
Aw	5	3908,2798	0,0000
Aw	5	2324,0447	0,0000
Aw	5	4210,5500	0,0000
Resíduo	207	0,9165	

TABELA 25A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de concentração e a A_w para a umidade de equilíbrio de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	0,6256	0,4096
SUBST	1	0,0507	0,8143
SUBST	1	19,8919	0,0000
SUBST	1	24,4816	0,0000
SUBST	1	29,1097	0,0000
SUBST	1	184,7890	0,0000
SUBST	1	0,8060	0,3494
SUBST	1	0,1323	0,7044
SUBST	1	21,9511	0,0000
SUBST	1	30,5283	0,0000
SUBST	1	55,6852	0,0000
SUBST	1	309,6768	0,0000
SUBST	1	0,2324	0,6151
SUBST	1	0,1875	0,6515
SUBST	1	11,9201	0,0004
SUBST	1	40,9591	0,0000
SUBST	1	74,5507	0,0000
SUBST	1	409,0336	0,0000
SUBST	1	0,2883	0,5755
SUBST	1	0,0127	0,9065
SUBST	1	0,0065	0,9328
SUBST	1	41,2552	0,0000
SUBST	1	16,7560	0,0000
SUBST	1	419,7284	0,0000
Resíduo	207	0,9165	

TABELA 26A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de substância e a Aw para a umidade de equilíbrio de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
CONC	3	0,1108	0,9479
CONC	3	0,1247	0,9386
CONC	3	1,8290	0,1149
CONC	3	6,9817	0,0001
CONC	3	9,0676	0,0000
CONC	3	115,6823	0,0000
CONC	3	0,0211	0,9953
CONC	3	0,3109	0,7967
CONC	3	3,7616	0,0073
CONC	3	2,7922	0,0295
CONC	3	7,6559	0,0000
CONC	3	43,1859	0,0000
Resíduo	207	0,9165	

TABELA 27A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de Aw dentro de cada nível de substância e a concentração para a umidade de equilíbrio de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying*

FV	GL	QM	Pr>Fc
Aw	5	1624,7888	0,0000
Aw	5	1330,5270	0,0000
Aw	5	1145,3879	0,0000
Aw	5	981,7453	0,0000
Aw	5	2249,5552	0,0000
Aw	5	2112,1111	0,0000
Aw	5	2000,7051	0,0000
Aw	5	1761,2417	0,0000
Resíduo	207	0,9165	

TABELA 28A. Resumo da análise de variância para o parâmetro de luminosidade (L*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	16,8849	0,0000
CONC	3	142,6637	0,0000
TEMPO	3	1,1432	0,0523
SUBST*CONC	3	0,9580	0,0887
SUBST*TEMPO	3	0,0120	0,9941
CONC*TEMPO	9	0,0796	0,9947
SUBST*CONC*TEMPO	9	0,0616	0,9980
Resíduo	64	0,4218	
CV (%): 2,16			
Média geral: 30,1318			

TABELA 29A. Resumo da análise de variância para a cromaticidade (C*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	25,6019	0,0000
CONC	3	294,2633	0,0000
TEMPO	3	46,8632	0,0000
SUBST*CONC	3	0,4201	0,2935
SUBST*TEMPO	3	1,4282	0,0079
CONC*TEMPO	9	0,4253	0,2642
SUBST*CONC*TEMPO	9	0,3381	0,4346
Resíduo	64	0,3318	
CV (%): 3,08			
Média geral: 18,6790			

TABELA 30A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de tempo (dias) para a cromaticidade (C*) de suco em pó de mistura de frutas durante armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	0,9504	0,0954
SUBST	1	5,9850	0,0001
SUBST	1	8,0690	0,0000
SUBST	1	14,8822	0,0000
Resíduo	64	0,3318	

TABELA 31A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de tempo dentro de cada nível de substância para a cromaticidade (C*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO	3	32,3092	0,0000
TEMPO	3	15,9822	0,0000
Resíduo	64	0,3318	

TABELA 32A. Resumo da análise de variância para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante armazenamento por 60 dias

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	3,0964	0,0004
CONC	3	35,6769	0,0000
TEMPO	3	18,5530	0,0000
SUBST*CONC	3	1,3440	0,0012
SUBST*TEMPO	3	1,5929	0,0003
CONC*TEMPO	9	1,0021	0,0002
SUBST*CONC*TEMPO	9	0,4369	0,0620
Resíduo	64	0,2254	
CV (%): 0,55			
Média geral: 85,7748			

TABELA 33A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de concentração para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante o armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	0,0135	0,8075
SUBST	1	4,5903	0,0000
SUBST	1	2,5162	0,0014
SUBST	1	0,0087	0,8449
Resíduo	64	0,2254	

TABELA 34A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de substância para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante o armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
CONC	3	19,7665	0,0000
CONC	3	17,2545	0,0000
Resíduo	64	0,2254	

TABELA 35A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de substância dentro de cada nível de tempo para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante o armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
SUBST	1	0,5213	0,1333
SUBST	1	0,7466	0,0735
SUBST	1	1,0325	0,0362
SUBST	1	5,5748	0,0000
Resíduo	64	0,2254	

TABELA 36A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de tempo dentro de cada nível de substância para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante o armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO	3	14,9644	0,0000
TEMPO	3	5,1815	0,0000
Resíduo	64	0,2254	

TABELA 37A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de concentração dentro de cada nível de tempo para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante o armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
CONC	3	4,1193	0,0000
CONC	3	11,9213	0,0000
CONC	3	9,6762	0,0000
CONC	3	12,9664	0,0000
Resíduo	64	0,2254	

TABELA 38A. Resumo da análise de variância para o desdobramento de tempo dentro de cada nível de concentração para o ângulo de tonalidade (h*) de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying* durante o armazenamento

FV	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO	3	1,3543	0,0011
TEMPO	3	5,5787	0,0000
TEMPO	3	3,9806	0,0000
TEMPO	3	10,6454	0,0000
Resíduo	64	0,2254	

ANEXO B

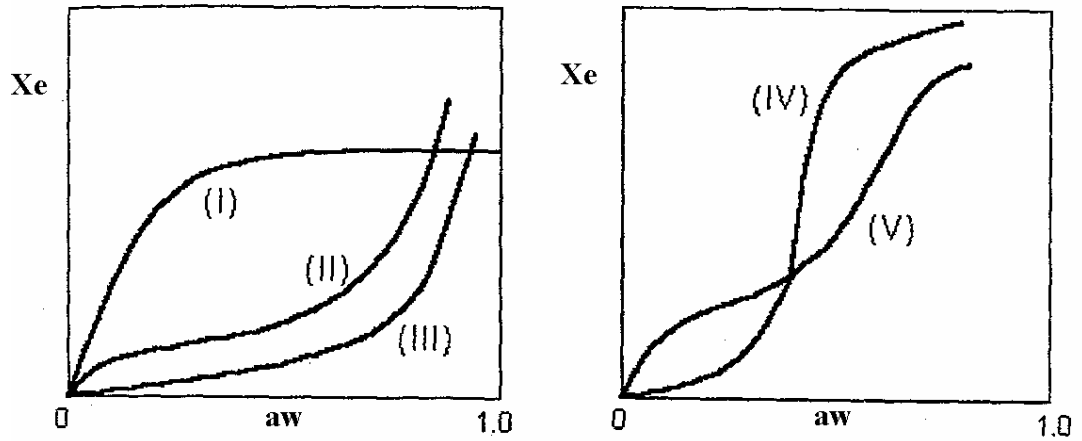


FIGURA 1B. Tipos de formatos de isothermas de sorção de umidade (BET, 1938).