



CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica

Physicochemical analysis and bioactive compounds stability of uvaia pulp powder obtained by drying methods and addition of maltodextrin and arabic gum

Fernanda Krumreich¹; Roseane Farias D'Ávila²; Suzan Almeida Freda³; Fábio Clasen Chaves⁴; Josiane Freitas Chim⁵

RESUMO

A uvaia apresenta curta vida pós-colheita e a obtenção de frutas em pó adicionadas de gomas visam aumentar a sua estabilidade. Portanto, estudou-se a influência do método de desidratação e da aplicação de gomas (maltodextrina e goma arábica) sobre a estabilidade dos compostos da polpa de uvaia em pó, avaliando-se: higroscopicidade, solubilidade, cor, retenção de carotenoides, ácido ascórbico e parâmetros físico-químicos. A liofilização preservou a cor amarela intensa da polpa, bem como, o ácido ascórbico. A adição das gomas foram eficientes em aumentar a solubilidade dos pós obtidos tanto por liofilização quanto por secagem em estufa a 70°C e diminuir a higroscopicidade destes últimos, enquanto os pós sem tratamento apresentaram a menor solubilidade.

Palavras-chave: *Eugenia pyriformis*, liofilização, secagem a 70°C, ácido ascórbico, carotenoides.

ABSTRACT

Uvaia has a short post-harvest life and the achievement of fruit powders with added gums are intended to increase their stability. Therefore, we studied the influence of dehydrating method and gum application (maltodextrin and gum arabic) on the uvaia pulp powder compounds stability, by evaluation of hygroscopicity, solubility, color, carotenoids retention, ascorbic acid and physicochemical parameters. Lyophilization preserved the intense yellow pulp color, as well as ascorbic acid. The addition of gums were effective in increasing the powders solubility, obtained either by lyophilization or oven drying at 70°C, reducing the hygroscopicity of these, while the untreated powders had the lowest solubility.

Keywords: *Eugenia pyriformis*, lyophilization, drying at 70 °C, ascorbic acid, carotenoids.

DOI <http://dx.doi.org/10.15536/thema.13.2016.4-17.351>

1. INTRODUÇÃO

A procura pela diversificação de culturas proporcionou um aumento pelo interesse de cultivo e consumo de frutas nativas. O aproveitamento de espécies frutíferas nativas reflete na oferta de novas alternativas de frutas frescas para consumo e matéria-prima para agroindústria (NASCIMENTO, 2008). A uvaia (*Eugenia pyriformis*) é uma espécie arbórea da família *Myrtaceae*, nativa do Paraguai, Argentina e do Brasil, dos estados de São Paulo ao Rio Grande do Sul. Seus frutos também são conhecidos como uvalha, uvaia-do-mato, uvalheira, ubaia do campo e pitombo. O nome indígena tupi (*iwa'ya*) significa "fruto ácido". Seus frutos são bagas de tamanho e forma variáveis, com 1,4 a 4 cm de comprimento e até 3 cm de diâmetro, com forma obovóide ou piriforme, com cálice, são vilosos, de cor amarela ou alaranjada, com 1 a 4 sementes e polpa comestível, macia, perecível e muito variável quanto a acidez (DONADIO et al., 2002).

Além de apresentarem em média na sua composição 91% de umidade, estes frutos possuem altos teores de compostos bioativos, como carotenoides e ácido ascórbico, os quais estão relacionados com a capacidade antioxidante do fruto (SHUI; LEONG, 2005). Os carotenoides consistem em um grupo de pigmentos amplamente difundido na natureza, os quais apresentam em sua estrutura química um número variável de duplas ligações conjugadas, que lhes conferem a propriedade de absorver luz em diferentes comprimentos de onda, proporcionando colorações na faixa do amarelo ao vermelho, sendo responsáveis pela pigmentação de grande número de frutas, folhas e flores (GONNET et al., 2010). Devido a sua capacidade de receber elétrons de espécies reativas, podem neutralizar radicais livres, sendo, portanto, considerados potentes antioxidantes naturais (GONNET et al., 2010). O ácido ascórbico, por sua vez, apresenta a capacidade de eliminar diferentes espécies de radicais livres, tais como os radicais superóxido e hidroxil, além de reduzir radicais tocoferóis à sua forma ativa nas membranas celulares, mantendo a sua integridade em células dos organismos aeróbios (NAIDU, 2003). Sendo que mais de 85% do ácido ascórbico (vitamina C) é proporcionado por frutas e hortaliças, essa vitamina é considerada o antioxidante hidrossolúvel mais importante no organismo. No entanto, o ácido ascórbico é muito sensível a diversas formas de degradação, entre numerosos fatores que podem influir nos mecanismos degradativos cabe citar a temperatura, concentração de sal e açúcar, pH, oxigênio, enzimas, catalisadores metálicos, concentração inicial do ácido e a relação ácido ascórbico/ácido dehidroascórbico (FENNEMA, 1993).

A uvaia apresenta uma vida pós-colheita curta, em função da sua elevada taxa respiratória e da estrutura frágil, sendo necessária a utilização de técnicas de processamento adequadas para prolongar o período de conservação das frutas, preservando a sua qualidade (OLIVEIRA et al., 2003). Dentre os métodos de conservação de alimentos, a secagem é uma das tecnologias pós-colheita utilizadas para superar os problemas relacionados com a superprodução/excesso de oferta e a alta perecibilidade de frutas e hortaliças (CHONG; LAW, 2011). A secagem pode ser definida como a aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maioria da água normalmente presente em um alimento. Apresenta como principal objetivo o prolongamento da vida de prateleira dos alimentos pela redução da atividade de água. Para tanto, diferentes técnicas de secagem podem ser aplicadas para reduzir a atividade de água e, assim, atingir o objetivo de conservação. Dentre as tecnologias mais estudadas para produção de frutas em pó, destaca-se a liofilização. A liofilização consiste em um processo de separação por sublimação, onde a água ou a substância aquosa é retirada como vapor do produto congelado passando diretamente da fase sólida para a fase gasosa (AZEREDO, 2005). O processo de liofilização possui várias vantagens ligadas à estrutura do produto, como a característica

esponjosa que permite a reconstituição rápida, realce do sabor e aparência fiel do produto original. Outras vantagens ligadas às baixas temperaturas de operação são a redução de perdas vitamínicas e de constituintes voláteis, diminuição de desnaturação proteica e capacidade digestiva que se torna mais elevada (EVANGELISTA, 2005).

Pelo processamento agroindustrial, o desperdício pode ser minimizado, aumentando-se o consumo dessas frutas no período entre safra, e aproveitando-as como matéria prima na formulação de alimentos industrializados como balas, doces, bolos, alimentos infantis, sorvetes, etc. Por outro lado, o consumo de frutas secas, assim como de outros alimentos desidratados, tais como legumes e hortaliças, também tem crescido e é estimulado em função, principalmente da facilidade de conservação, transporte e armazenamento com redução de peso e volume (SOUZA, 2009). A obtenção de frutas em pó, como uma opção de processamento pós-colheita, garante um produto com baixo teor de água, maior estabilidade e estocagem prolongada em condições de temperatura ambiente (SOUZA, 2009). No entanto, as polpas em pó durante seu armazenamento podem absorver água do ambiente, o que prejudica o produto e leva a diminuição de sua vida de prateleira. Neste sentido se dá a adição de materiais que visam diminuir a higroscopicidade, aumentar solubilidade para posterior reconstituição do alimento e ainda manterem compostos altamente instáveis presentes no produto por um maior período de tempo. Dentre estes materiais, os carboidratos como a maltodextrina e a goma arábica, constituída majoritariamente por polissacarídeos, mostraram sua eficiência em diferentes estudos. Como exemplo cita-se os estudos de Tonom et al. (2009), Solval et al. (2012) e de Mishra, Mishra e Mahanta (2013), que demonstraram a utilização destes materiais como uma potencial alternativa para minimizar danos e aumentar a eficiência do processo de secagem e, conseqüentemente, a conservação do produto. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência do método de desidratação (liofilização e secagem em estufa a 70°C) e da aplicação de carboidratos (goma arábica e maltodextrina) sobre a estabilidade dos compostos da polpa de uvaia em pó, avaliando a higroscopicidade, solubilidade, cor, retenção de carotenoides, ácido ascórbico, sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Fisiologia Pós Colheita de Frutas e Hortaliças I e II e Cromatografia, pertencentes ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, *campus* Capão do Leão, Capão do Leão-RS.

2.1 MATÉRIA PRIMA

A matéria prima utilizada foram frutos de uvaia, oriundos da Estação Experimental Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, colhidos no mês de janeiro de 2013. Após a colheita os frutos foram acondicionados em contentores plásticos e armazenados em freezer a -18°C. O processamento dos frutos seguiu o fluxograma da Figura 1.

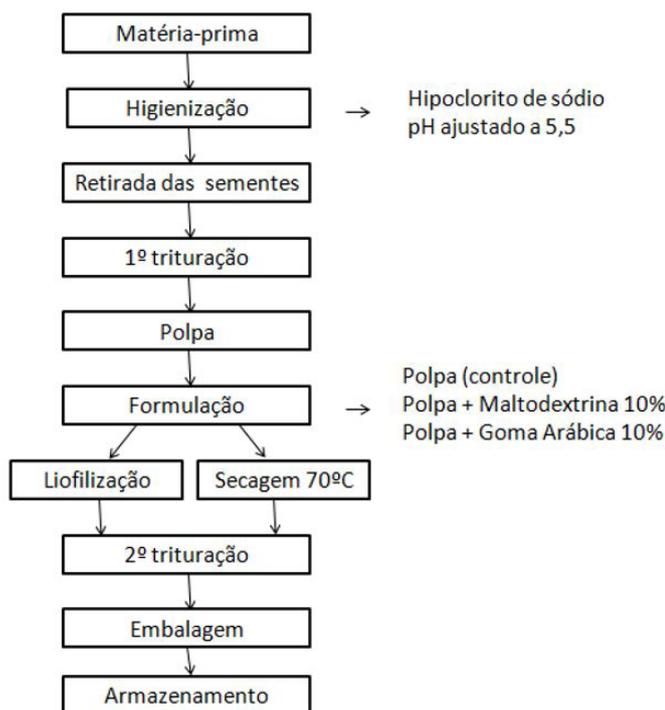


Figura 1. Fluxograma do processamento de polpa de uvaia em pó.

2.2 PROCESSAMENTO DA MATÉRIA PRIMA

Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, sendo escolhidos aqueles de coloração homogênea, lavados em água corrente, higienizados com hipoclorito de sódio (pH ajustado a 5,5), despulpados, retirando-se sementes e outras partes não comestíveis, e triturados com auxílio de um liquidificador marca Osterizer Blender Classic (3 velocidades). Após a polpa ter sido triturada, a mesma foi dividida em seis partes, sendo três partes destinadas à secagem em estufa (polpa controle, polpa + goma arábica e polpa + maltodextrina) e as outras três partes destinadas à secagem em liofilizador (polpa controle, polpa + goma arábica e polpa + maltodextrina). A solução de goma arábica e maltodextrina adicionada às polpas de uvaia foram diluídas em água destilada usando-se uma concentração de 10% de ambas, em relação ao peso de polpa, seguindo-se a metodologia de Gabas et al. (2007). Logo após a adição de goma arábica e maltodextrina, as polpas, bem como a polpa *in natura*, ou seja, sem adição de carboidratos foram caracterizadas mediante as análises físico-químicas de pH, cor, sólidos solúveis, acidez total titulável, umidade, carotenoides totais e ácido ascórbico. As amostras levadas à estufa de circulação de ar a 70°C foram dispostas em bandejas de aço inoxidável, de modo a formar uma película de produto de aproximadamente 3 mm, e permaneceram sob secagem por um período de 18 horas. As polpas destinadas à liofilização foram congeladas em ultrafreezer a uma temperatura de -76°C anteriormente ao processo de secagem realizado em equipamento marca Liotop, modelo L101, procedendo assim o processo por um período de 24 horas.

Após a secagem em estufa e por liofilização, os produtos foram então macerados com auxílio de um gral e pistilo para obtenção do pó.

As amostras de polpa em pó obtidas de ambos os processos, bem como, a polpa em pó controle foram armazenadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenadas em ultrafreezer a temperatura de -76°C até a realização das análises. As características físico-químicas avaliadas após a obtenção dos pós foram: umidade, cor, pH, acidez total titulável, carotenoides totais, ácido

ascórbico e quanto a higroscopicidade e solubilidade.

2.3 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata, conforme as seguintes metodologias:

Potencial Hidrogeniônico (pH): determinado pelo método potenciométrico digital (utilizando pHmeterDigimed DM 20), previamente calibrado com soluções tampão pH 4,0 e 7,0;

Sólidos Solúveis Totais (SST): foram determinados pelo método refratométrico, utilizando refratômetro digital Atago Palette PR-32 α ;

Cor: foi mensurada com o emprego do colorímetro Minolta (CR-300), com fonte de luz D 65, com 8 mm de abertura no padrão C.I.E. $L^*a^*b^*$, no qual o eixo L^* (luminosidade) varia do preto (0) ao branco (100); o eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b). Os valores a^* e b^* foram usados para calcular o ângulo Hue ($^{\circ}h^* = \text{tang } b^* / a^*$). O croma (C^*) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz (h°) indica a cor observável e é definido como iniciando no eixo $+a^*$, em graus, em que 0° é $+a^*$ (vermelho), 90° é $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde), e 270° é $-b^*$ (azul);

Umidade: Conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz, com secagem direta em estufa a 105°C (Brasil, 2005);

Acidez Total Titulável (ATT): foi determinada de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (Brasil, 2005), sendo as amostras tituladas com solução padrão de NaOH 0,1N, e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico;

Ácido ascórbico: foi realizada por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), segundo a metodologia descrita por Vinci et al. (1995). As análises cromatográficas foram desenvolvidas com o cromatógrafo líquido Shimadzu LC-10AT, equipado com sistema detector de UV em coluna de fase reversa (RP-18; $5\mu\text{m}$; $4.6 \times 250\text{mm}$). As análises foram realizadas nas condições cromatográficas de: $10\mu\text{L}$ de volume de injeção das amostras em fluxo de $0,8 \text{ mL/min}$ com detecção a 254 nm , tendo como fases móveis, metanol 100% (fase móvel A) e solução de ácido acético 0,1% em água ultra pura (fase móvel B). A corrida gradiente começou com 100% da fase móvel A até os primeiros 5 minutos, após mudou para 98% de fase móvel A e 2% de fase móvel B até os 7 minutos e após este tempo passou novamente para 100% de fase móvel A até completar os 10 minutos de corrida. Foi utilizado o ácido L-ascórbico como padrão. Os percentuais de retenção dos compostos foram calculados como a relação entre o teor de ácido ascórbico no pó de uvaia pelo teor presente na polpa respectiva ao tratamento (pó/polpa $\times 100$), ambos em base seca;

Carotenoides totais: foi realizada segundo o método descrito por Rodriguez Amaya (2001), com adaptações. Pesou-se 2,5 g de amostra para as polpas e 0,25 g para as polpas em pó, 2 g de celite, adicionando-se 20mL de acetona gelada, agitando-se o conteúdo por 10 minutos. O material foi filtrado em funil de Büchner com papel filtro, utilizando acetona como solvente em quantidade suficiente para que o extrato ficasse incolor. O filtrado foi transferido para um funil de separação, onde se acrescentaram 30 mL de éter de petróleo e 30 mL de água destilada. Descartou-se a fase

inferior, adicionou-se novamente água destilada e repetiu-se o procedimento por 4 vezes para ocorrer a remoção total da acetona. Transferiu-se o extrato superior para um balão volumétrico de 50mL, completando-se o volume com éter de petróleo. Realizou-se a leitura em espectrofotômetro (JENWAY 6705 UV/Vis.) a 450nm, usando éter de petróleo como branco, sendo o conteúdo total de carotenoides determinado pela absorbância da amostra em comparação com curva padrão de beta-caroteno previamente construída. Os percentuais de retenção dos compostos foram calculados como a relação entre o teor de carotenoides no pó de uvaia pelo teor presente na polpa respectiva ao tratamento (pó/polpa x 100), ambos em base seca;

Higroscopicidade: foi determinada conforme metodologia de Cai e Corke (2000) modificada por Tonon et al. (2009), pela absorção de umidade após 24 h de 1 g das amostras em ambiente com presença de solução de NaCl saturada e penetração de ar reduzida, sendo os resultados expressos como g de umidade absorvida por 100g de sólidos;

Solubilidade: a metodologia empregada é a descrita por Cano-Chauca et al. (2005), com modificações; 400 mg de polpa em pó de uvaia dos diferentes tratamentos e métodos de desidratação realizados foram transferidas para tubo Falcon de 50 mL e em seguida adicionou-se 40 mL de água, seguindo a proporção de 1 : 100 proposta. As amostras foram agitadas em shaker (marca Quimis, modelo 225.2I) durante 20 minutos, sendo em seguida centrifugadas a 3000 g durante 10 minutos. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para cápsulas de alumínio, secas em banho-maria a 70°C durante 12 h até a obtenção de extrato com teor reduzido de umidade, e transferidas para estufa com circulação de ar a 105°C durante 5 h, sendo expressa a solubilidade como percentual de peso do total da amostra presente no sobrenadante.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e comparados entre si através de teste de Tukey ($p < 0,05$), separadamente por experimento, utilizando o software The SAS System for Windows Versão 8 (2002).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Anteriormente ao processo de desidratação das polpas, as mesmas foram caracterizadas físico-quimicamente com relação à umidade, acidez, pH, sólidos solúveis, teor de carotenoides totais e de ácido ascórbico, com resultados expressos na tabela 1.

Polpas de Uvaia	Umidade (%)	Acidez Total Titulável - ATT (% de ácido cítrico)	pH	Sólidos Solúveis Totais - SST (° Brix)	Relação SST/ATT	Carotenoides totais (μg beta-caroteno.g ⁻¹)	Ácido Ascórbico (mg.100g ⁻¹)
Controle	94,60 a	0,46 b	3,16 b	6,6 b	14,35 b	2211,24 a	210,91 a
Maltodextrina	88,42 b	0,57 a	3,19 b	13,9 a	24,39 a	1073,65 b	130,85 b
Goma Arábica	88,78 b	0,52 ab	3,62 a	13,3 a	25,58 a	943,01 b	161,73 ab

Tabela 1. Caracterização das polpas de uvaia. Médias acompanhadas por letra diferente na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados da análise de umidade mostraram que aproximadamente 6 g a cada 11 g de amostra (peso seco) era constituída de maltodextrina ou goma arábica (componentes adicionados à polpa) uma vez que a polpa sem adição de maltodextrina ou goma arábica apresentou teor de matéria-seca de 5,4%, e as tratadas, de 11,58 e 11,22%, respectivamente. As polpas adicionadas de maltodextrina ou goma arábica, em função da própria adição destes componentes, apresentaram maior teor de matéria seca e, conseqüentemente, apresentaram menores teores de carotenoides e ácido ascórbico. As polpas adicionadas de maltodextrina e de goma arábica apresentaram maior acidez que o controle e, com relação ao pH, a polpa adicionada de maltodextrina e o controle foram as amostras mais ácidas, não diferindo entre si. A aplicação dos tratamentos aumentou significativamente o teor de sólidos solúveis, o que era esperado uma vez que a maltodextrina constitui-se de sacarídeos derivados da hidrólise do amido, que consiste de unidades de D-glicose unidas por ligações $\alpha(1-4)$ e que apresenta DE (equivalente de dextrose) menor que 20, enquanto que a goma arábica é constituída principalmente por arabinose, mistura complexa de sais de cálcio, magnésio e potássio do ácido arábico. Esse ácido é um polissacarídeo que produz L-arabinose, D-galactose, ácido D-glucurônico e L-ramnose, após hidrólise. As unidades de D-galactopiranosose em ligação 1,3 formam a cadeia estrutural da molécula, e algumas das unidades de D-galactopiranosose contêm cadeias laterais na posição C-6, constituídas por duas unidades de D-galactopiranosose em ligação 1,6 terminadas por uma unidade de ácido glucurônico em ligação 1,6 (VOGLER, 2011).

A relação entre sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) encontrada foi de 14,35; 24,39 e 25,58 para a polpa controle, polpa adicionada de maltodextrina e polpa adicionada de goma arábica respectivamente. Este dado fornece um indicativo do sabor da fruta, pois relaciona a quantidade de açúcar e de ácidos presentes. Esta relação tende a aumentar durante a maturação dos frutos, devido ao aumento nos teores de açúcares e à diminuição no dos ácidos. As polpas adicionadas de maltodextrina e goma arábica diferiram significativamente da polpa controle em função da adição dos sólidos (maltodextrina e goma arábica).

Os resultados de carotenoides da polpa controle diferem dos encontrados por Pereira (2011), de $50,01 + 14,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, onde a uvaia e guabiroba foram às frutas da família *Myrtaceae* que apresentaram os maiores teores destes compostos, principalmente α e β -caroteno e luteína. Em relação aos resultados do ácido ascórbico, Oliveira (2010) encontrou um teor de $43,72 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para a fruta *in natura*, enquanto Donadio (1997) encontrou valores variando de 33,00 a $39,52 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Ambos os autores encontraram teores muito inferiores de ácido ascórbico aos encontrados no presente estudo, sendo que a adição de goma arábica não alterou significativamente os teores de ácido ascórbico em relação à polpa controle.

O processo de desidratação por liofilização e por secagem em estufa a 70°C alterou significativamente alguns dos parâmetros da análise de cor em relação à polpa, o que pode ser observado na tabela 2.

Amostras	L*	Hue	Chroma
Polpa controle	65,04 b	86,88 a	51,86 <u>bc</u>
Polpa com adição de <u>maltodextrina</u>	64,26 b	85,81 a	58,76 <u>ab</u>
Polpa com adição de goma arábica	45,46 c	74,76 <u>ab</u>	38,63 <u>cd</u>
Pó liofilizado controle	89,19 a	83,91 a	56,81 <u>ab</u>
Pó liofilizado + <u>Maltodextrina</u>	101,76 a	84,77 a	67,17 a
Pó liofilizado + Goma Arábica	94,88 a	83,00 a	62,66 <u>ab</u>
Pó estufa controle	64,76 b	60,65 c	26,15 d
Pó estufa + <u>Maltodextrina</u>	71,11 b	66,36 b	38,57 <u>cd</u>
Pó estufa + Goma Arábica	73,22 b	70,40 b	36,90 <u>cd</u>

Tabela 2. Parâmetros de cor das amostras de pó e polpas anteriormente aos processos de desidratação. Médias acompanhadas por letra diferente na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com relação à análise de cor, houve aumento do parâmetro L* nas amostras liofilizadas, enquanto as amostras de polpa e de pós obtidos em estufa não diferiram entre si, com exceção da polpa adicionada de goma arábica, que teve o menor valor para este parâmetro, de 45,46. Valores de L mais baixos indicam produtos mais escuros. No caso das amostras secas em estufa, ocorrem reações de escurecimento não enzimático, como perdas de carotenoides, açúcares e aminoácidos e formação de produtos da reação de Maillard e caramelização (RAMOS et al., 2008).

A adição de maltodextrina à polpa aumentou significativamente o valor do Chroma em relação ao controle, anteriormente aos processos testados, enquanto as polpas controle e com adição de goma arábica não diferiram entre si, não diferindo também das amostras adicionadas de maltodextrina e goma arábica secas em estufa. Para o ângulo Hue, houve diferença significativa para as amostras de pós de uvaia secas em estufa, que apresentaram valores mais baixos, o que reflete a coloração amarela menos intensa mais próxima ao marrom destas amostras, principalmente a da polpa seca em estufa sem tratamento, que diferiu significativamente de todos os tratamentos. Valores de Hue próximos de 90° indicam tonalidade amarela, enquanto valores menores tendem ao vermelho e cores intermediárias entre as duas tonalidades; já para o Chroma, valores menores indicam maior opacidade das amostras, e os maiores, tonalidades mais intensas (CANUTO et al., 2010). Os valores de Hue e Chroma das amostras liofilizadas não diferiram significativamente entre os tratamentos testados, com a obtenção de pós de coloração amarelo intenso, enquanto as obtidas em estufa, de modo geral, apresentaram coloração próxima ao marrom e tonalidade opaca.

Os resultados das demais análises realizadas para a caracterização físico-química das amostras de pós obtidos e estabilidade dos compostos após os processos de desidratação estão expostos nas tabelas 3 e 4.

Dentre as amostras analisadas, a polpa de uvaia liofilizada foi a que permaneceu com maior teor de umidade residual, aproximadamente 30%. Mishra, Mishra e Mahanta (2013) comentam que um dos benefícios da utilização de maltodextrina e de goma arábica para produção de produtos em pó pela técnica de *spray drying* é a facilidade de secagem desses materiais, sendo que o aumento do teor de maltodextrina, de 5 até 9%, diminui o conteúdo de umidade de pós de frutos de amla, pelo aumento

dos sólidos do material a ser seco e diminuição do total de água a ser evaporado.

O maior teor de umidade da amostra controle desidratada em liofilizador pode ter interferido para que a amostra não apresentasse ganho de massa, sob a forma de absorção de vapor d'água, durante o período analisado. A amostra de polpa de uvaia controle, seca em estufa foi a que apresentou o segundo maior teor de umidade, e também aquela que obteve o maior percentual de absorção de água.

Dentre as demais amostras, os tratamentos com maltodextrina e goma arábica empregados às amostras liofilizadas não diferiram entre si, porém os mesmos materiais mostraram diferença significativa quanto à higroscopicidade das amostras secas em estufa, sendo a amostra obtida utilizando maltodextrina a que apresentou menor incorporação de vapor d'água durante o período de 24 horas. Esta amostra foi também a que apresentou maior solubilização em água, juntamente com a amostra que foi tratada com maltodextrina e submetida à liofilização. Segundo Caparino et al. (2012), a maltodextrina atua como agente de revestimento, formando uma crosta em partículas secas por pulverização, aumentando a solubilidade de pós de manga. Tonon et al. (2009) não encontraram diferenças significativas na solubilidade de polpas em pó de açaí tratadas com maltodextrina ou goma arábica desidratadas por spray drying, porém a menor taxa de higroscopicidade foi encontrada para as amostras adicionadas de maltodextrina 10DE; entretanto, os valores encontrados pelos autores, de 11 a 20% de solubilidade aproximadamente, foram superiores aos encontrados neste estudo.

As amostras que foram tratadas com goma arábica, em ambos os métodos de desidratação, foram as que apresentaram o segundo maior percentual de solubilidade, seguidas dos controles liofilizados e secos em estufa. Quanto à acidez, a adição de maltodextrina e goma arábica aumentou os teores em relação ao controle na liofilização, mas não diferiu significativamente nas amostras secas em estufa. Entretanto, houve perda de ácidos das polpas em relação aos pós. Caliskam e Dirim (2013) comentam que há a evaporação de alguns ácidos durante processos térmicos. O pH mais ácido encontrado foi para a amostra desidratada por liofilização. A adição de goma arábica resultou em amostras menos ácidas em ambos os métodos de desidratação em comparação com os controles e as amostras adicionadas de maltodextrina. Kha, Nguyen e Roach (2010) não observaram efeitos significativos no pH devido à maior incorporação de maltodextrina em pós de fruta. Já a adição de goma arábica em preparados em pó para refresco adicionados de goma arábica também apresentam um aumento do pH pela adição de goma arábica, que age no produto como fibra solúvel (CALEGUER; BENASSI, 2007).

Amostras de pó de Uvaia	Umidade (%)	Higroscopicidade após 24h (%)	Solubilidade (%)	Acidez (% de ácido cítrico)	pH
Liofilizado controle	29,27a	0,00 e	32,71 c	0,06 c	2,97 e
Liofilizado + <u>Maltodextrina</u>	6,03 c	4,58 b	49,79 a	0,12 a	3,09 d
Liofilizado + Goma Arábica	7,18 c	4,65 b	44,43 b	0,11 <u>ab</u>	3,50 b
Estufa controle	8,99 b	7,19 a	34,36 c	0,06 c	3,11 d
Estufa + <u>Maltodextrina</u>	5,92 c	3,03 d	49,45 a	0,10 <u>bc</u>	3,20 c
Estufa + Goma Arábica	5,21 c	3,76 c	42,97 b	0,09 c	3,65 a

Tabela 3. Caracterização dos pós de uvaia obtidos. Médias acompanhadas por letra diferente na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A liofilização sem adição de outros materiais foi o tratamento que melhor preservou os teores de carotenoides, que eram de 2211,24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de equivalentes de beta caroteno na polpa controle (base seca), 1073,65 na polpa adicionada de maltodextrina e de 943,01 na polpa adicionada de goma arábica, todas analisadas anteriormente aos tratamentos de desidratação (tabela 1). Os pós obtidos com adição de maltodextrina e goma arábica e desidratados por liofilização foram os que apresentaram o segundo maior teor de carotenoides, não diferindo significativamente no percentual de retenção destes componentes após a secagem. As amostras controle em estufa e adicionada de maltodextrina secas em estufa foram as que apresentaram menor retenção de carotenoides entre todas as analisadas. O pó obtido utilizando goma arábica seco em estufa apresentou teor de carotenoides que não diferiu das amostras tratadas submetidas à liofilização e também não diferiu significativamente quanto à retenção de carotenoides após o processo em relação à polpa controle liofilizada. Entretanto, pode ter ocorrido a presença de interferentes na análise, uma vez que as melanoidinas, polímeros aniônicos de massa molecular superior a 10 kDa, podem absorver na faixa UV-Visível entre 400 e 450 nm (SILVÁN; MORALES; SAURA-CALIXTO, 2010). Uma vez que há a presença de proteínas em uvaia (PEREIRA, 2011) e também na goma arábica, sob a forma de principal de glicoproteínas (MELLO; SUAREZ, 2012), há a possibilidade de interação entre estas e compostos como açúcares e ácido ascórbico, sob a forma de compostos α -dicarboxílicos, via reação de Maillard, produzindo compostos como acetonas e aldeídos na etapa de degradação de Strecker que interagem formando compostos poliméricos de alto peso molecular, as melanoidinas (SHIBAO; BASTOS, 2011). Deste modo, as amostras submetidas à desidratação em estufa estiveram submetidas às condições necessárias para a reação, podendo estar superestimados os resultados dos carotenoides dos pós de uvaia. O menor teor de carotenoides presentes no pó liofilizado em relação à polpa de uvaia *in natura* pode estar relacionado à maior área superficial do produto obtido, o que propicia a degradação desta classe de compostos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Com relação ao ácido ascórbico, as amostras liofilizadas foram as que apresentaram os maiores teores do composto, como também os maiores percentuais de retenção, o que também foi encontrado por Menezes et al. (2009), comparando pós de acerola verde desidratados em liofilizador e em estufa a 70°C, onde as concentrações reduziram-se a aproximadamente a metade. O tratamento utilizando maltodextrina foi eficiente em reter percentual superior a 99% do ácido ascórbico presente na polpa tratada com maltodextrina anteriormente a qualquer processo de desidratação, enquanto a amostra tratada com goma arábica reteve mais do que 60% do teor de ácido ascórbico desta polpa. A amostra submetida à secagem em estufa sem o emprego de tratamentos apresentou percentuais de perda do componente superiores a 95% em relação à polpa. O emprego de maltodextrina e goma arábica foram eficientes em reduzir o percentual de perda a teores menores do que 70% nas amostras secas em estufa.

Amostras de pó de Uvaia	Carotenoides totais (μg beta-caroteno.g ⁻¹) base seca	Percentual de retenção de carotenoides	Ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹) base seca	Percentual de retenção de ácido ascórbico
Liofilizado controle	1193,44 a	53,97 a	158,85 a	75,32 <u>ab</u>
Liofilizado + <u>Maltodextrina</u>	356,41 b	33,20 c	104,36 b	99,13 a
Liofilizado + Goma Arábica	357,78 b	37,94 <u>bc</u>	98,30 b	60,78 b
Estufa controle	364,70 b	16,49 d	10,5 d	4,98 d
Estufa <u>Maltodextrina</u>	220,23 c	20,51 d	45,53 c	34,80 c
Estufa Goma Arábica	399,62 b	42,38 <u>ab</u>	61,55 c	38,06 c

Tabela 4. Teor de carotenoides totais e ácido ascórbico nos pós de uvaia e percentual de retenção em relação ao controle (amostras em base seca). Médias acompanhadas por letra diferente na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4. CONCLUSÃO

De modo geral, a liofilização preservou melhor os componentes da polpa, principalmente o ácido ascórbico, com percentual de retenção deste composto superior a 99% para o pó de uvaia obtido com a adição de maltodextrina. Este tratamento também foi eficiente em aumentar a solubilidade dos pós obtidos tanto por liofilização quanto por secagem em estufa a 70°C, enquanto os pós sem tratamento apresentaram a menor solubilidade.

A polpa controle seca em estufa foi a que apresentou o maior potencial de absorção de água e a seca por liofilização, o menor, o que pode ter ocorrido em vista desta ter apresentado o maior teor de água residual.

Parâmetros de cor, acidez e pH foram afetados pela desidratação, sendo os pós desidratados por liofilização os tratamentos com maior luminosidade, valores de Hue que não diferiram do controle e valores de Chroma que indicam amostras com coloração intensa e os adicionados de maltodextrina os que obtiveram o maior percentual de acidez em ambos os tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEREDO, HENRIETTE. **M. C. de. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos.** Alimentos e Nutrição, São Paulo, v, 16, n. 1, p. 89-97, Janeiro-Março, 2005.

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

CALEGUER, VALENTINA. F.; BENASSI, MARTA. T. **Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27, n. 2, p. 270-277, Abril-Junho, 2007.

CALISKAN, GULSAH.; DIRIM, S. N.; **The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract.** Food and Bioproducts Processing, v.91, n. 4, p. 539-548, October, 2013.

CANO-CHAUCA, MILTON.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M., CAL-VIDAL, J. **Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, v. 5, p. 420-428, December, 2005.

CANUTO, GISELE. A. B.; XAVIER, ANA. A. O.; NEVES, LEANDRO. C.; BENASSI, MARTA. T. **Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, Dezembro, 2010.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K.; **Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder.** Journal of Food Engineering, v. 111, n. 1, p. 135-148, July, 2012.

CHONG, CHIEN. H.; LAW, CHUNG. L. **Drying of Exotic Fruits.** In: Vegetables and Fruits, v. 2, p. 1-42, 2011.

DONADIO, L. C. **Study of some Brazilian Myrtaceae in Jaboticabal – SP.** Acta Horticulturae, v. 452, p. 181-183, September, 1997.

DONADIO, L. C., MÔRO, F.V.; SERVIDONE, A.A. **Frutas Brasileiras.** Jaboticabal: Ed. Novos Talentos. p. 288, 2002.

EVANGELISTA, JOSÉ. **Conservação de alimentos.** In: Tecnologia de alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, p. 275-429, 2005.

FENNEMA, OWEN. R. **Química de los alimentos.** 2.ed. Zaragoza: Acribia, p. 1100, 1993.

GABAS. A. L.; TELIS. V. R. N.; SOBRAL. P. J. A.; TELIS-ROMERO. J. **Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder.** Journal of Food Engineering. V. 82, n. 2, p. 246–252, February, 2007.

GONNET, M.; LETHUAUT, L.; BOURY, F. **New trends in encapsulation of liposoluble vitamins.** Journal of Controlled Release, v.146, p.276–290, September, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** Ed. Adolfo Lutz, 4ª ed., São Paulo, 2005.

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

MELLO, VINICIUS. M.; SUAREZ, PAULO. A. Z. **As formulações de tintas expressivas através da**

história. Revista Virtual de Química, v. 4, n. 1, p. 2-12, Março, 2012.

MENEZES, ADRIANA. R. V.; SILVA, ANTENOR. J.; CRUZ, HILTON. L. L.; ARAÚJO, DYALLA. R.; SAMPAIO, DANIELA. D. **Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.

MISHRA, POONAM.; MISHRA, SANJAY.; MAHANTA, CHARU. L. **Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidante properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder.** Food and Bioproducts Processing, p. 7, 2013.

NAIDU, K. A. **Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview.** Journal of Nutrition, v. 2, n. 7, p. 7–16, August, 2003.

NASCIMENTO, VIVIAN. E. **Caracterização de plantas de mamey.** 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Fevereiro, 2008.

OLIVEIRA, EMANUEL. N. A. de.; SANTOS, DYEGO. C.; SOUSA, FRANCINALVA. C. de.; MARTINS, JOABIS. N.; OLIVEIRA, SÔNIA. P. A. de. **Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização.** Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. v. 04, n. 02: p. 235-242, 2010.

OLIVEIRA, LENICE. F. de; SRUR, ARMANDO. U. O. S.; VACARI, FABIÓLA. **Aproveitamento do chuchu (*Sechium edule*, Swartz) pelo processo de saturação com açúcar – uma alternativa alimentar.** Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida, v.22, p.09-14, 2003.

PEREIRA, MARINA. C. **Avaliação de compostos bioativos em frutos nativos do Rio Grande do Sul.** 131p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.

RAMOS, AFONSO. M.; QUINTERO, ALFREDO. C. F.; FARAONI, AURÉLIA. S.; SOARES, NILDA. F. F.; PEREIRA, JOSÉ. A. M. **Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado.** Alimentos & Nutrição, v. 19, n. 3, p. 259-269, Setembro, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, DELIA. B. **A guide to carotenoid analysis in foods.** Washington: ILSI Press, p. 64, 2001.

SHIBAO, JULIANNA.; BASTOS, DEBORAH. H. M. **Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde.** Revista de Nutrição, v. 24, n. 6, p. 895-904, Novembro-Dezembro, 2011.

SHUI, GUANGHOU.; LEONG, LAI. P. **Residue from star frit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals.** Food Chemistry., v. 97, p. 277-284, July, 2005.

SILVÁN, JOSÉ. M.; MORALES, FRANCISCO. J.; SAURA-CALIXTO, FULGENCIO. **Conceptual Study on Maillardized Dietary Fiber in Coffee.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 58, p. 12244-

12249, November, 2010.

SOLVAL, KEVIN. M.; SUNDARARAJAN, SRIJANANI.; ALFARO, LUIS.; SATHIVEL, SUBRAMANIAM. **Development of cantaloupe (Cucumis melo) juice powders using spray drying technology.** LWT – Food Science and Technology, v. 46, p. 287-293, April, 2012.

SOUZA, JOSILMA. S. **Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leite de jorro.** 178p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Novembro, 2009.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - **SAS. User's guide.** Cary: SAS Institute, p. 525, 2002.

TONON, RENATA. V.; BRABET, CATHERINE.; PALLET, DOMINIQUE.; BRAT, PIERRE.; HUBINGER, MÍRIAM. D. **Physicochemical and morphological characterization of acai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced with different carrier agents.** International Journal of Food Science & Technology, v. 44, p. 1950-1958, October, 2009.

VINCI, GIULIANA.; BOTRÈ, FRANCESCO.; MELE, GIUSTINO.; RUGGIERI, GIOVANNI. **Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation.** Food Chemistry, v. 53, n. 2, p. 211-214, August, 1995.

VOGLER INGREDIENTES LTDA., Dossie gomas. **As gomas exudadas de plantas.** Food ingredients Brasil, n. 17, 2011.