



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DO PÓ DA MANGA
'ATAULFO' OBTIDO POR LIOFILIZAÇÃO**

MARYLIA DE SOUSA COSTA

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
FEVEREIRO, 2018**

MARYLIA DE SOUSA COSTA

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DO PÓ DA MANGA
'ATAULFO' OBTIDO POR LIOFILIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola na Área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.

ORIENTADORES: Prof. D.Sc. Francisco de Assis Cardoso

Almeida Prof. D.Sc. Acácio Figueiredo Neto

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO, 2018

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

MARYLIA DE SOUSA COSTA

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DO PÓ DA MANGA
'ATAULFO' OBTIDO POR LIOFILIZAÇÃO**

Aprovada em ____ de Fevereiro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. D. Sc. Francisco de Assis Cardoso Almeida
Orientador DEAg/CTRN/UFCG

Prof. D. Sc. Acácio Figueiredo Neto
Orientador UNIVASF

Profª. D. Sc. Josivanda Palmeira Gomes
Examinadora DEAg/CTRN/UFCG

Profª. D. Sc. Ângela Maria Santiago
Examinadora UEPB

*“À Mãe, meu exemplo, minha inspiração,
minha força, minha vida...”*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aquele que me guia, me ilumina e me abençoa todos os dias da minha vida e me dá força pra continuar, a ti toda honra e toda glória senhor meu DEUS. A minha mãe JOSELITA que me incentiva em tudo que eu faço, me dá coragem e mostra o quão longe eu posso chegar, mainha te AMO muito. A JOJÓ minha irmã amada, de alto astral e paciência e que me diz sempre: besteira mulher vai dá tudo certo, e ela sempre está certa, e não é que dá mesmo. A minha companheira de todas as horas, que me dá ânimo, me ajuda em tudo, que está comigo em todos os momentos, minha fiel escudeira e irmã a JOSINHA. Sem estes quatro pilares não sei o que faria. A todos de minha família a meu pai NILTON pelo seu carinho, meus padrinhos Acácio e Albertina aos meus tios e tias em especial a Inha e tia Helena, meus cunhados Fabrício e Reinaldo. À meu Raí (Nuno) e a Maria Flor meus sobrinhos, minhas alegrias não sei nem descrever o quanto eu os amo. Aos meus amigos e amigas da escola, da graduação, da pós, do mestrado, do vôlei e da vida que me fazem muito feliz, em especial a estas bênçãos que Deus me enviou para trazer mais leveza aos meus momentos de aflição e a mostrar o significado de amizade: Francis, Aury e Dyalla. A todos os meus professores em especial Prof^o Acácio Figueiredo Neto e Francisco De Assis Cardoso Almeida, que me dão força e incentivo pra continuar minha jornada e por me aceitarem como sua pupila. Agradeço a Deus todos os dias por ter colocado em minha vida pessoas tão especiais e importantes. Também agradeço as instituições de ensino a UFCG, a UNIVASF e a CAPES, pois sem elas eu também não estaria aqui concluindo mais essa etapa de minha vida.

A todos/as, meu muito OBRIGADA!

“Nem tudo depende de um tempo, mas sim de uma atitude...”.

(Autor desconhecido)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Produção da manga.....	17
3.2 Característica da cultivar ‘Ataulfo’	17
3.3 Importância econômica.....	18
3.4 Maturação dos frutos de manga.....	19
3.5 Secagem de frutas	20
3.6 Liofilização	21
3.7 Produto em pó.....	21
Referências	22
4. CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DA MANGA CV. ‘ATAULFO’	26
Resumo	27
Abstract.....	28
4.1 Introdução	29
4.2 Material e Métodos	30
4.2.1 Caracterização física e físico-química de manga ‘Ataulfo’	30
4.3 Resultados e Discussão.....	34
4.4 Conclusões.....	43
Referências	43
5. CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS PÓS DE MANGA ‘ATAULFO’	47
Resumo	48
Abstract.....	49
5.1 Introdução	50

5.2 Material e Métodos	51
5.2.1 Caracterização física e físico-química dos pós da manga ‘Ataulfo’	53
5.3 Resultados e Discussão.....	58
5.4 Conclusões.....	79
Referências	80
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1-** Seleção e homogeneização dos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’.51
- Figura 2.2-** Descascamento e branqueamento das polpas da manga ‘Ataulfo’.51
- Figura 2.3-** Polpas de manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4 de maturação antes de serem liofilizadas.52
- Figura 2.4-** Polpas liofilizadas (pó) de manga ‘Ataulfo’ acondicionadas em embalagens plásticas do tipo Stand-up Pouch (laminada) e polietileno.....52
- Figura 2.5-** Pós de manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4.60
- Figura 2.6-** Valores médios da atividade de água (aw) do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estádio de maturação com tipo de embalagem (A), estádio de maturação com período de armazenamento (B) e tipo de embalagem com período de armazenamento(C). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estádio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.65
- Figura 2.7-** Valores médios da umidade do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estádio de maturação com tipo de embalagem (A), estádio de maturação com período de armazenamento (B) e tipo de embalagem com período de armazenamento(C). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádio de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estádio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....66
- Figura 2.8-** Valores médios da vitamina C (ácido ascórbico) do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estádio de maturação com tipo de embalagem (A), estádio de maturação com período de armazenamento (B) e tipo de embalagem com período de armazenamento(C). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estádio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.68
- Figura 2.9-** Valores médios da acidez total titulável do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estádio de maturação com tipo de embalagem (A), estádio de maturação com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.69
- Figura 2.10-** Valores médios dos sólidos solúveis do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estádio de maturação com tipo de embalagem (A), tipo de embalagem com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estádio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.70

Figura 2.11- Valores médios da Luminosidade do pó de manga ‘Ataulfo’ para a da interação estágio de maturação com tipo de embalagem. Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade73

Figura 2.12- Valores médios da Cor a* do pó de Manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A) e estágio de maturação com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.75

Figura 2.13- Valores médios da Cor b* do pó da manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), estágio de maturação com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádio de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.76

Figura 2.14- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do pó integral de manga ‘Ataulfo’ em diferentes estádios de maturação desidratados em liofilizador.....78

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1- Características físicas da manga ‘Ataulfo’ nos três diferentes estádios de maturação.....	35
Tabela 1.2- Avaliação das coordenadas de cor L* a* b* relacionadas com os diferentes estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’	36
Tabela 1.3- Caracterização Físico-químicas da polpa da manga ‘Ataulfo’ em diferentes estádios de maturação.....	38
Tabela 1.4- Características física Índice DA e físico-químicas: sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (ATT) e vitamina C em relação aos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’	40
Tabela 1.5- Correlação simples entre as variáveis de característica física e físico-químicas nos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’	42

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1- Caracterização dos pós da manga ‘Ataulfo’ nos três diferentes estádios de maturação.....	58
Tabela 2.2- Resumo da análise de variância referente ao estágio de maturação, embalagens e tempo armazenamento dos pós da manga Ataulfo liofilizado.....	63
Tabela 2.3- Influência da interação embalagens com o tempo de armazenamento na acidez total titulável do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios E2, E3 e E4.	69
Tabela 2.4- Influência da interação estádios de maturação dos pós com o tempo de armazenamento no pH do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios E2, E3 e E4.	71
Tabela 2.5- Interação embalagens com tempo de armazenamento do pH do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios de maturação E2, E3 e E4.	72
Tabela 2.6- Interação embalagens com tempo de armazenamento da luminosidade do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios de maturação E2, E3 e E4.....	74
Tabela 2.7- Médias da interação embalagens com o tempo de armazenamento para a Cor- a* do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios E2, E3 e E4 de maturação.....	75

COSTA, M. S. **Produção e armazenamento do pó da manga ‘Ataulfo’ obtido por liofilização.** 2018. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

RESUMO

O cultivo da manga (*Mangifera indica L*) é uma das principais atividades da fruticultura no Brasil, especialmente no Submédio do Vale do São Francisco. A pós-colheita dessa cultura vem se limitando devido a fácil deterioração fisiológica do fruto, perdendo-se muito da produção durante essa fase. Em busca de soluções para esse problema, o trabalho foi realizado em dois capítulos. No capítulo 1 estudou-se a caracterização física e físico-química (massa, comprimento, diâmetro, cor e suas coordenadas L^* a^* b^* , firmeza, Índice DA, rendimento, umidade, pH, brix, acidez titulável, vitamina C, clorofila a, antocianinas, carotenoides, carboidratos totais, açúcares redutores, proteínas, fibras, amido e α -amilase) das polpas da manga ‘Ataulfo’ em três diferentes estádios de maturação (2, 3 e 4), e no Capítulo 2 analisou-se as polpas integrais da manga ‘Ataulfo’ nos três estádios de maturação 2, 3 e 4, ademais de sua caracterização físico-química (cor, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, vitamina C, atividade de água, umidade, açúcares, carotenoides, clorofila a, antocianinas, amido, carboidratos, proteínas, α -amilase, molhabilidade, tempo de reconstituição, solubilidade e densidade aparente e compactada) por meio do processo de Liofilização, seguido do armazenamento em dois tipos de embalagens, plásticas laminada (*Stand-up Pouch*) e polietileno, sendo realizadas também análises de umidade, atividade de água, cor (L^* , a^* e b^*), pH, vitamina C, sólidos solúveis totais (SST) - Brix^o e acidez total titulável (ATT), quanto a estabilidade dos pós a cada 30 dias durante 180 dias (seis meses) de armazenamento sob temperatura ambiente. Os resultados revelaram que os parâmetros físico-químicos da polpa *in natura* como a massa, comprimento, rendimento de polpa, clorofila, carotenóides açúcares redutores e umidade podem ser usados como base para a determinação dos estádios de maturação, porém o Índice DA conseguiu uma melhor diferenciação dos frutos em diferentes classes de maturação, além de se correlacionarem com elevados coeficientes (-0,92; 0,94; 0,97 e -0,93) com as variáveis firmeza, SST, ATT e pH, respectivamente. A embalagem de polietileno não foi eficiente na preservação de algumas características dos pós das mangas durante o período de armazenamento, enquanto que a embalagem laminada funcionou durante todo o período de armazenamento como uma barreira, promovendo a melhor preservação, de

modo geral, das propriedades físico-químicas, como: a atividade de água, a umidade, a cor (L*, a* e b*) sólidos solúveis, o pH a vitamina C e a acidez total titulável dos pós da polpa da manga 'Ataulfo'.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L. ; secagem; embalagens;

COSTA, M. S. **Produção e armazenamento do pó da manga 'Ataulfo' obtido por liofilização.** 2018. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

ABSTRACT

Mango cultivation (*Mangifera indica* L) is one of the main activities of fruit growing in Brazil, especially in the Submédio Vale do São Francisco. The post harvest of this crop has been limited due to the physiological deterioration of the fruit, losing much of the production during this phase. In search of solutions to this problem, the work was carried out in two chapters. In the first chapter, the physical and physico-chemical characterization (mass, length, diameter, color and its coordinates L^* , a^* , b^* , firmness, DA Index, yield, humidity, pH, brix, titratable acidity, vitamin C,) of the 'Ataulfo' mango pulp in three different stages of maturation (2, 3 and 4), and in the second chapter a lyophilization of the Ataulfo mango pulp in the three maturation stages 2, 3 and 4, in addition to its physico-chemical characterization (color, soluble solids, titratable acidity, pH, vitamin C, soluble solids (Brix °) and titratable total acidity, as well as the stability of the powders every 30 days for 180 days (six months) storage under ambient temperature. The results showed that the physicochemical parameters of in natura pulp such as mass, length, yield of pulp, chlorophyll, carotenoids reducing sugars and humidity can be used as a basis for the determination of maturation stages, but the DA index achieved a better (-0.92, 0.94, 0.97 and -0.93) with the firmness, SST, ATT and pH, respectively, respectively. The laminated packaging functioned throughout the storage period as a barrier, promoting the best overall preservation of the physicochemical properties such as water activity, moisture, color (L^* , a^* and b^*) soluble solids, the pH of vitamin C and the titratable total acidity of the powders of the 'Ataulfo' mango pulp.

Key words: *Mangifera indica* L. ; drying; packing;

1. INTRODUÇÃO GERAL

O excelente sabor da manga, aliado às suas boas características nutricionais, fez com que a mangicultura ganhasse importância econômica, estando entre as dez culturas mais plantadas no mundo, em mais de 90 países das regiões tropicais e subtropicais (FAO, 2013).

O Nordeste brasileiro com seu clima quente e seco aliado às novas técnicas de irrigação tornaram o semiárido um dos principais pólos da fruticultura no Brasil, com destaque para a região do Submédio do vale do São Francisco, mais precisamente para as cidades de Juazeiro e Petrolina.

Dentre as variedades de manga cultivadas na região as que mais se destacam em termos de produção e colheita, são: ‘Tommy Atkins’, ‘Palmer’, ‘Kent’ e ‘Keitt’ (MALAQUIAS et al., 2007). Todavia, nos últimos anos, sua produção foi modificada com a implantação de grandes áreas com novas variedades adaptadas ao clima, a exemplo da variedade Ataulfo, recentemente introduzida na região do Submédio do Vale do São Francisco.

A ‘Ataulfo’ é uma manga de origem mexicana que teve crescimento no mercado norte-americano devido a sua cor amarelo brilhante quando madura, a sua forma oval, sua textura cremosa e quase livre de fibras, com um sabor doce e intenso além de apresentar semente proporcionalmente muito pequena para a fruta, de tal forma que esta variedade tem uma elevada percentagem de carne comestível. Essas características, dentre outras, fizeram surgir o interesse de seu cultivo comercial pelos diversos produtores brasileiros.

O estágio de maturação em mangas é uma característica essencial para determinar a sua qualidade, pois esse é um dos motivos de grandes perdas e da baixa qualidade das mangas brasileiras. A maturação ideal para que a manga seja colhida depende muito do tempo que ela levará para ser consumida, pois um fruto colhido antes da sua maturação não atende as características exigidas pelo mercado consumidor, principalmente o europeu. Com isso um adequado manuseio dos frutos requer conhecimento de fisiologia pós-colheita e de práticas que possam ajudar a desenvolver e a manter frutos de alta qualidade (YAHIA; ORNELAS-PAZ; ARIZA, 2006; BRECHT; YAHIA, 2009).

A busca por novas técnicas pós-colheita vem crescendo, sendo voltadas principalmente para o seu processamento, como é o caso da secagem, utilizada pela indústria de alimentos na desidratação do suco de frutas, ajudando a manter a qualidade do produto por um tempo maior. A secagem agrega valor ao produto retardando sua deterioração, as perdas de valores comerciais, dando origem a uma nova opção de produto no mercado.

A liofilização ou criosecação (*freeze-dring*) por ocorrer a baixas temperaturas e na ausência do ar atmosférico e por manter as propriedades químicas, nutricionais e organolépticas do produto sem que sofram alterações é considerada um dos processos mais eficientes na conservação de alimentos (MATA et al., 2005).

Juntamente com o processo de secagem, o armazenamento é uma etapa bastante importante durante todo o processo de elaboração de alimentos, considerando-se principalmente o tipo de embalagem que vai revesti-lo. As embalagens podem ser metálicas, de vidro, plásticas e de papel. As plásticas são as embalagens mais comuns utilizadas para acondicionar extratos pós, podendo ser de diferentes constituintes, dentre eles o polietileno e o poliestireno. É prática e fácil de ser manuseada, sua importância está em manter e preservar as características e a qualidade do produto evitando sua interação com o meio.

Atualmente as pessoas buscam por alimentos mais práticos, saudáveis e nutritivos. Os pós de manga são uma boa alternativa de inserção de um produto natural e nutritivo por ser de fácil preparo além de ser um saborizante e um ótimo substituto natural dos sucos artificiais já presentes no mercado.

Diante do exposto, o trabalho é justificado por estudar novas técnicas e por desenvolver novas tecnologias de colheita e pós-colheita para a cultura da manga com o objetivo de minimizar perdas e agregar valores à exploração da cultura. Os objetivos foram: estudar três diferentes estádios de maturação da manga e a produção de extrato liofilizado do fruto, bem como a qualidade das características física e físico-química dos pós de manga durante o seu processamento e seu armazenamento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a transformação da polpa da manga ‘Ataulfo’ em um produto em pó, utilizando a liofilização como método de secagem e o armazenamento em diferentes embalagens.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar três diferentes estádios de maturação (2, 3 e 4) de frutos de manga ‘Ataulfo’ mediante análises de massa, comprimento, diâmetro, cor e suas coordenadas L* a* b*, firmeza, Índice DA, rendimento, umidade, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, clorofila a, antocianinas, carotenoides, carboidratos totais, açúcares redutores, proteínas, fibras, amido e α -amilase.

- Obter e caracterizar os pós (cor, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, vitamina C, atividade de água, umidade, açúcares, carotenoides, clorofila a, antocianinas, amido, carboidratos, proteínas, α -amilase, molhabilidade, tempo de reconstituição, solubilidade e densidade aparente e compactada) das polpas das mangas ‘Ataulfo’ nos três diferentes estádios de maturação;

- Avaliar as características morfológicas dos grânulos dos pós obtidos por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

- Avaliar a influência das embalagens de polietileno e laminada do tipo *Stand-up Pouch* nas características físicas e físico-químicas (cor, umidade, atividade de água, acidez titulável, pH vitamina C e sólidos solúveis) dos pós durante o armazenamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção da manga

No Brasil, o fruto foi introduzido por volta de 1700 e o clima adequado favoreceu a sua ampla disseminação. No início, a manga era cultivada em moldes extensivos, em campos esparsos, em pomares domésticos e em pequenas propriedades. Depois sua produção foi modificada com a implantação de grandes áreas com novas variedades adaptadas ao clima, com elevado nível de recursos tecnológicos, destacando-se a irrigação, a indução floral, entre outros (MALAQUIAS; RODRIGUES, 2009).

A produção nacional de manga no ano de 2014 foi de 1.132.449 toneladas e na pauta de exportações brasileiras de frutas frescas nesse mesmo ano foi de 133.033.20 Kg de manga ficando em primeiro lugar entre as frutas brasileiras mais exportadas. No ano de 2015, a produção brasileira de manga apresentou um aumento do volume de exportação 156.337.23 Kg, com uma variação de volume em porcentagem de aproximadamente 17,52% (TREICHEL et al., 2016). Em 2015 e 2016 registrou-se que a produção de mangas frescas no país obteve volume de 976. 815 toneladas (CARVALHO et al., 2017).

No Vale do São Francisco, com destaque para as cidades de Juazeiro e Petrolina, a cultura da manga possui um potencial muito grande quando se fala em mercado, pois é possível produzir manga o ano todo e de boa qualidade (LIMA, 2013). Grande parte da manga produzida é da variedade ‘Tommy Atkins’, ‘Palmer’, ‘Kent’ e Keitt’ (SOUZA et al., 2013), mas a variedade ‘Ataulfo’ vem ocupando um lugar de destaque na produção devido à sua boa produtividade, tolerância a doenças e boa conservação pós-colheita.

3.2 Característica da cultivar ‘Ataulfo’

A manga é uma das mais importantes frutas tropicais, sendo muito apreciada por seu excelente sabor, aroma, coloração assim como por suas características nutricionais. A composição química da manga varia de acordo com as condições climáticas, o solo, o estágio de maturação e principalmente a variedade. Dentre as variedades cultivadas as que mais se destacam devido as suas características são a ‘Tommy Atkins’, a ‘Palmer’, a ‘Kent’ e a ‘Keitt’ (TEIXEIRA et al., 2011).

A 'Ataulfo' é uma manga de origem mexicana que teve crescimento no mercado norte-americano devido a sua cor amarelo brilhante quando madura, a sua forma oval, polpa cremosa e quase livre de fibras, com um sabor doce e intenso além de apresentar semente proporcionalmente muito pequena para o fruto, de tal forma que esta variedade tem uma elevada percentagem de carne comestível como mostra a Figura 1 (SILVA, 2017).

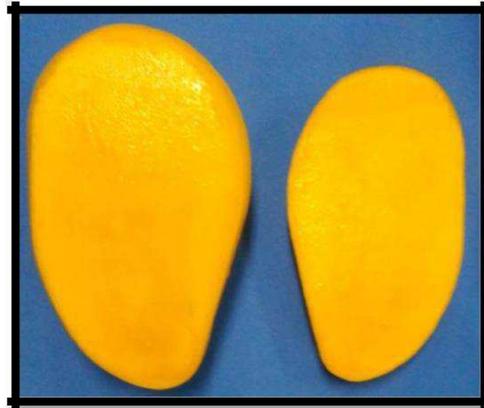


Figura 1- Manga 'Ataulfo'

Esse fato fez surgir o interesse de diversos produtores a exemplo de brasileiros pela produção da manga 'Ataulfo' (PINTO et al., 2011). No entanto mesmo diante de tais características fisiológicas e do seu crescimento no mercado, a manga 'Ataulfo' ainda é uma variedade pouco conhecida em termos de estudos e trabalhos desenvolvidos.

3.3 Importância econômica

O setor frutícola é visto como um dos mais importantes segmentos do agronegócio brasileiro. O Brasil se destaca nesse cenário como um dos três maiores produtores de frutas frescas do mundo. Dados retratam que 43 milhões de toneladas foram produzidas em uma área de aproximadamente 2,5 milhões de hectares em 2012. As exportações saltaram de 296 mil toneladas em 1998 para 759 mil toneladas em 2010. Já em 2014 o Brasil não só produziu mais mangas como também exportou (133,033 mil ton.), ampliando os embarques em 9,04%. (REETZ et al., 2015).

De acordo com Sousa (2014), o elevado volume de produção e exportação do Brasil deve-se, principalmente, à região Nordeste, que é responsável por 69% da área total cultivada, mais de 38.000 hectares e pela produção de mais de 85% do total exportado pelo Brasil, com

destaque para o Submédio do Vale do São Francisco: Juazeiro na Bahia e Petrolina em Pernambuco.

No Vale do São Francisco a cultura da manga possui um potencial muito grande quando se fala em mercado, pois é possível produzir manga o ano todo e de boa qualidade (LIMA, 2013), além disso, sua produtividade chega a aproximadamente 20 toneladas por hectare, sendo maior que a nacional que é de 16 toneladas (IBGE, 2012).

Grande parte da manga produzida é da variedade ‘Tommy Atkins’(SOUZA et al., 2013), mas a variedade ‘Ataulfo’ vem ocupando um lugar de destaque na produção devido à sua boa produtividade, tolerância a doenças e boa conservação pós-colheita. Conforme a OCDE-FAO (2015) a produção de manga deve manter a tendência de ascensão nas próximas décadas.

3.4 Maturação dos frutos de manga

A colheita é uma das etapas mais importante em qualquer produção, pois trata do fornecimento de frutas de qualidade. Com isso as mangas colhidas fora do tempo de maturação podem até amadurecer, mas com o tempo algumas de suas características serão inferiores em relação àquelas frutas colhidas no estágio ideal de maturação.

A maturação em mangas é uma característica essencial para determinar a sua qualidade, pois esse é um dos motivos de grandes perdas e da baixa qualidade das mangas brasileiras. A maturação ideal para que a manga seja colhida depende muito do tempo que ela levará para ser consumida, uma vez que um fruto colhido antes da sua maturação não atenderá às características exigidas pelo mercado consumidor principalmente o europeu.

Com isso um adequado manuseio dos frutos requer conhecimento de fisiologia pós-colheita e de práticas que possam ajudar a desenvolver e a manter frutos de alta qualidade (YAHIA; ORNELAS-PAZ; ARIZA, 2006; BRECHT; YAHIA, 2009).

Uma das principais formas de determinar a maturação de frutos é através da avaliação dos diferentes estádios de sua maturação até o momento de colheita; outras formas mais comuns de avaliação do fruto são o tamanho, o teor de sólidos solúveis, acidez, cor da casca, que são também usadas como forma de evitar a colheita de frutos ainda imaturos.

Essa determinação do estágio de maturação pode ser observada no trabalho de Cavalini et al. (2006) eles constataram que o ponto de colheita deve ser estabelecido com base em índices de maturação, através do monitoramento das alterações físicas e químicas durante

todo o processo de amadurecimento do fruto. Padda et al. (2011) mostraram por meio de seu trabalho que a firmeza do fruto é a melhor forma de avaliação do amadurecimento, seguido da análise de sólidos solúveis totais e do índice 'a' de coloração da polpa. Enquanto que Cunha Júnior et al. (2007) afirmaram que a junção das análises de firmeza da polpa, cor, pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável, contribuem para melhor identificação do estágio de maturação antes, durante e após a colheita dos frutos.

3.5 Secagem de frutas

Para Marques et al. (2007) a industrialização de frutas é a forma mais simples e prática do aproveitamento do excedente de frutas produzidas, assim como é uma maneira de ter disponível a matéria-prima para comercialização por um maior período. Já segundo Anselmo et al. (2006) com a sazonalidade e a perecibilidade das frutas, constataram a necessidade do uso de técnicas de conservação que possam utilizar essas frutas para emprego nas indústrias alimentícias e principalmente para o consumo doméstico.

As frutas são comumente comercializadas na forma *in natura* ou na forma de polpas congeladas. Os processos que envolvem estas duas formas de consumo dos frutos necessita de elevados custos no seu transporte e no armazenamento (DANTAS, 2010). Em razão da sua perecibilidade, os processos de industrialização são uma forma prática e viável de aproveitar os frutos que não se encontram em bom estado para o mercado consumidor.

Inúmeras são as técnicas utilizadas para manter a qualidade dos alimentos, dentre elas temos a secagem. A secagem nada mais é que uma operação que retira parte ou toda a água de um produto, em condições controladas, a fim de minimizar as deteriorações causadas por microrganismos ou reações enzimáticas (KAJIYAMA; PARK, 2010). A redução da água dentro do produto permite a manutenção das qualidades tanto nutricionais quanto físico-químicas do produto que será armazenado por longos períodos (SOUSA et al., 2007).

Para uma secagem ser bem-sucedida é fundamental que se conheça as características do material a ser seco e a técnica de secagem que será empregada: liofilização, secagem por aspersão (*spray drying*), secagem em camada de espuma (*foam mat drying*), dentre outras empregadas na produção de materiais em pó e, principalmente, na qualidade que se deseja no produto final.

Com isso, inúmeras são as vantagens do processo de secagem nos alimentos; como exemplo tem-se a facilidade na sua conservação, proteção contra degradação, manutenção de compostos, seu armazenamento por ocorrer por longos períodos e principalmente pode ser

encontrado em qualquer época do ano, tornando-se viável a sua produção e comercialização (ARLINDO, 2005).

3.6 Liofilização

A liofilização ou criosecagem (*freeze-drying*) é considerada um processo mais eficiente de desidratação e de conservação de alimentos. Superando todos os outros métodos de secagem em termos de seu rendimento e qualidade do produto final. É uma técnica de secagem que atua a baixa temperatura, sendo que toda umidade do material a ser seco é retirada por meio do congelamento e posterior sublimação da água (METTA et al., 2013).

Van´dender et al. (1983), afirmaram que o processo de liofilização conserva mais as substâncias ligantes do alimento que o processo de secagem convencional. Krokida e Philippoulous (2006) avaliaram os efeitos que a secagem convencional e a secagem por liofilização podem causar no *flavor* de maçãs, seus resultados mostraram que a secagem por liofilização conseguiu manter a qualidade do *flavor* do produto, mostrando-se superior àqueles secados pelo método convencional.

Segundo Gava (2009) a vantagem da liofilização é ser um processo que ocorre a baixas temperaturas, e na ausência do ar atmosférico as propriedades químicas, nutricionais e organolépticas como a cor, sabor e o odor do produto seco não sofrem alterações. Sendo essa característica de grande interesse tanto para a indústria quanto para os consumidores.

Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, por meio da Resolução RDC nº 12 de 24 de julho de 1978, preconiza que frutas liofilizadas classificadas como inteiras ou em pedaços ou como frutas liofilizadas em pó devem apresentar no máximo 5% de umidade (BRASIL, 1978).

3.7 Produtos em pó

Atualmente as pessoas buscam por alimentos mais práticos, saudáveis e nutritivos. Os sucos em pó são uma boa alternativa de inserção no dia a dia das pessoas por se tratar de um produto integral da polpa e de fácil preparo. Segundo Oliveira et al. (2007) as características mais importantes dos pós são as facilidades dos processos, redução de despesas como armazenagem, transporte e embalagens, sem falar nas melhores condições de conservação dos

produtos, além de ser um ótimo substituto natural dos sucos artificiais (CANO-CHAUCA et al., 2005).

O pó derivado do processamento de polpas de frutas tem alcançado boa aceitação pelos consumidores, por se tratar de um produto totalmente natural, com características similares as do suco da fruta *in natura* e sem alterações de suas características sensoriais. A intenção da produção dos pós, produzidos pelo processo de secagem por liofilização, é reduzir o peso e o volume, tornando-se um produto prático e de fácil comercialização.

O armazenamento de um produto em pó exige alguns cuidados, pois existem fatores que podem alterar as características desses pós. Sendo estes de ordem externa como as condições do ambiente, o tipo de embalagem e o local onde se armazenam, como também de ordem interna, que envolvem mais a composição química do alimento (KOWALSKA; LENART, 2005).

Segundo Alexandre et al. (2007) o pó da pitanga é de fácil reconstituição em água e pode até mesmo ser adicionado em outros produtos. Já Oliveira et al. (2007) com a secagem por atomização de suco de maracujá observaram que o pó desse produto traz economia nos custos de embalagem, transporte e no seu armazenamento além de ser uma forma de prolongar a sua vida de prateleira.

Segundo Theodorovski et al. (2014) os pós exigem um teor de água inferior ou igual a 5%. Produtos assim necessitam de um alto conhecimento no valor de sua atividade. Por meio da análise de atividade de água é possível adequar a embalagem para o produto, podendo assim identificar as reações enzimáticas, químicas e principalmente o desenvolvimento de microrganismos (OLIVEIRA et al., 2011).

Referências

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

ANSELMO, G. C. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ARRUDA, P. C.; SOUSA, M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

ARLINDO, D. M. **Armazenabilidade de pimentão em pó. Dissertação.** 2005. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução** CNNPA nº 12, de 24 de junho de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78.pdf> Acesso em: 27 Dez 2017

BRECHT, J.; YAHIA, E. M. Postharvest physiology. In: LITZ, R. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, p. 484-528, 2009.

CANO-CHAUCA, M.; 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 & Emerging Technologies**, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

CARVALHO, C; KIST, B, B; SANTOS, C. E; TREICHEL, M; FILTER, C. F. **Anuário Brasileiro da Fruticultura** 2017. Santa Cruz do Sul, 2017, p. 88.

CAVALINI, F. C.; JACOMINO, A. P.; LOCHOSKI, M. A.; KLUGE, R. A.; ORTEGA, E. M. M. Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guavas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 176-179, 2006.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H.; MARTINS, R. N.; DURIGAN, J. F. Caracterização da curva de maturação de pêssegos 'Aurora-1', na região de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 661-665, 2007.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 2010, 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistics**. Rome, 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 28 Dez. 2017.

GAVA, A. J. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo: Ed. Nobel, 2009.

INSTITUTO BASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados agregados**: Sistema IBGE de recuperação automática: SIDRA. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 Dez 2017

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência do tamanho da gota e do teor de água final no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 29-36, 2010.

KOWALSKA, J.; LENART, A. The influence of ingredients distribution on properties of agglomerated cocoa products. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 2, p. 155-161, 2005.

KROKIDA, M. K.; PHILIPPOPOULOS, C. Volatility of apples during air and freeze drying. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 2, p. 135-141, 2006.

LIMA, J. R. F. **Exportações de Manga Produzida no Submédio do Vale do São Francisco no Período de 2003-2012**. Comunicado técnico 154. Petrolina – PE, Embrapa Semiárido, 4p, abr, 2013.

MALAQUIAS, C. M. O; OTSUKA, P. N; BRITTO, W. S. F. Variadades no cultivo da manga: **Um estudo a partir da análise dos custos de produção no Vale do São Francisco**. In: XIV Congresso Brasileiro de Custos, João Pessoa – PB, 2007

MALAQUIAS, J. B; RODRIGUES, J. C. **Tecnologias Alternativas Adaptadas ao Semi-Árido Paraibano**. Programa de Capacitação. Centro de Referência de Assistência Social-CRAS. Secretaria Municipal de Assistência Social. Prefeitura Municipal de Santana de Mangueira. 2009.

MARQUES, L. G.; FERREIRA, M. C. FREIRE, J. T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 451–457, 2007.

MATA, M. E. R. C. et al. Obtenção de graviola em pó pelo processos de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande-PB, v. 7, m. 2, p. 165- 172, 2005.

METTA, F. I. K; AYROSA, A. M. I. B; PALETTA, F. C. O Papel Da Liofilização Na Conservação De Alimentos Pelo Controle Da Umidade. In:**Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**. 2013. p. 162-165.

OLIVEIRA FILHO, U. C. **Desenvolvimento de um secador “spray” para obtenção de pós finos de precursores de nióbio**. 2007, 137f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Perspectivas Agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024**. 2015. Disponível em:<<https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

PADDA, M. S.; AMARANTE, C. V. T.; GARCIA, R. M.; SLAUGHTER, D. C.; MITCHAM, E. J. Methods to analyze physico-chemical changes during mango ripening: Amultivariate approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, p. 267–274, 2011.

PINTO, A. C. Q; PINHEIRO NETO, F; GUIMARAES, T. G. Estratégias do melhoramento genético da manga a visando atender a dinâmica de mercado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2011, vol.33, n.spe1, pp. 64-72. ISSN 0100-2945.

REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2014**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015, 108p.

SILVA, I. **Ataulfo**. Disponível em: <<http://www.openfruit.com.br/?sessao=home>>. Acesso em 28 Dez. 2017.

SOUSA, F. A. **Uso do índice de degradação de amido na indicação da qualidade de manga ‘Tommy Atkins’ injuriada por impacto**. 2014. 36 f. TCC (Graduação em

Agronomia) - Centro de Ciências e Tecnologia Alimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB, 2014.

SOUSA, J. R.; ARÉVALO-PINEDO, A.; SANTANA, A. A.; REGO, G. A., MACIEL, V, B. V; CARVALHO, K. M. Avaliação da cinética de secagem da farinha babaçu in natura e adoçada. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTA DE ALIMENTOS, 15., Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: ENAAL, 2007.

SOUZA, F. S.; ALVES, J; LIMA, J. R. F.; PEREIRA, A. F. C. **Análise dos Preços da Manga do Vale do São Francisco nos Mercados interno e externo: Um Estudo De Séries Temporais Para o Brasil, Estados Unidos e União Européia (2003 – 2013)**. VIII SOBER Nordeste. Parnaíba- PI – Brasil. 2013.

TEIXEIRA, G. H. de A.; DURIGAN, J. F. Storage of ‘Palmer’ mangoes in low-oxygen atmospheres. **Fruits**, Paris, v. 66, p. 279-289, 2011

THEODOROVSKI, D. C.; MACHADO, A. R.; BERTOLO, F.; RIBEIRO, M. C. O.; PRESTES, R. A.; ALMEIDA, D. M. Caracterização de caldo de cana liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.4, p.369-376, 2014.

TREICHEL, M.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2016**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016, 88 p.: il.

VAN'DENDER, A.G.F; KUSUNOKI, A.S.; GUSMAN, E.S.C; TAKAHASHI, G., MAURO, J. C; ROCHA, J.L.V; NUNES FILHO, L. C; PINOTTI, L.C; JACKIX, M.H; CORTE, O.O; GUTIERREZ, R.H; SPAGNOL, W.A. **Armazenamento de gêneros e produtos alimentícios**. Secretatia de Indústria, Comércio, Ciência e tecnologia. São Paulo. 1983, 270p.

YAHIA, E. M.; ORNELAS-PAZ, J. de J.; ARIZA, F. R. **The mango**. Ciudad del Mexico: Trillas, 2006. 224 p.

4. CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DA MANGA CV. 'ATAULFO'

CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DA MANGA CV. 'ATAULFO'

Resumo

Um dos grandes desafios da cadeia produtiva da manga é a determinação do seu ideal ponto de colheita. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as características específicas de cada um dos estádios de maturação da manga 'Ataulfo', bem como a correlação de um método não destrutivo como o índice de Diferença de Absorbância (DA) com parâmetros físico-químicos destrutivos. As mangas foram colhidas nos estádios 2, 3 e 4, sendo determinadas as seguintes variáveis: massa, comprimento, diâmetro, cor e suas coordenadas L^* a^* b^* , firmeza, Índice DA, rendimento, umidade, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, clorofila a, antocianinas, carotenoides, açúcares redutores, proteínas, carboidratos, fibras, amido e α -amilase. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dez repetições. Os resultados foram submetidos a teste de médias e correlação simples. As análises físicas e físico-químicas como a massa, comprimento, rendimento de polpa, clorofila, carotenóides açúcares redutores e umidade podem ser usados como base para a determinação dos estádios de maturação, porém o Índice DA conseguiu uma melhor diferenciação dos frutos em diferentes classes de maturação, além de ter uma boa correlação com as variáveis firmeza, SST, ATT e pH, com coeficientes elevados, -0,92; 0,94; 0,97 e -0,93, respectivamente. Desse modo, a determinação desse índice representa uma potencial ferramenta baseada em análise não destrutiva para determinação da maturação de mangas da variedade 'Ataulfo'.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L., espectroscopia, método não destrutivo.

CHARACTERIZATION OF MANGO CV MATURATION STAGES 'ATAULFO'

Abstract

One of the great challenges of the production chain of the mangoes is a determination of its ideal point of harvest. Thus, the objective of this work was to evaluate the specific characteristics of each stage of maturation of the 'Ataulfo' mango as well as a correlation of a non-destructive method such as the Absorption Difference Index (AD) with destructive physicochemical parameters. The values were determined by the following variables: mass, length, diameter, color and their coordinates $L^* a^* b^*$, firmness, DA index, yield, humidity, pH, brix, titratable acidity, vitamin C, chlorophyll a, anthocyanins, carotenoids, reducing sugars, proteins. The complete experimental design, with ten replications. The results were submitted to means test and simple correlation. Physical and physico-chemical analyzes such as mass, length, yield of pulp, chlorophyll, carotenoids, reducing sugars and moisture can be used as a basis for the determination of maturation stages, however, DA index achieved a better fruit difference in the different maturation classes and in addition to a good correlation as firmness, SST, ATT and pH variables, with high coefficients, -0.92, 0.94, 0.97 and -0.93, respectively. mode, determination Give a report on a database in non-destructive analysis for the determination of maturation of 'Ataulfo' variety.

Key words: *Mangifera indica* L., spectroscopy, non-destructive method

4.1 Introdução

A 'Ataulfo' é uma manga de origem mexicana, de boa aceitação no mercado norte-americano devido a sua cor amarelo brilhante quando madura, a sua forma oval, sua textura cremosa e de pouca fibra (SILVA, 2017). Essas características dentre outras fez surgir o interesse de seu cultivo comercial pelos diversos produtores brasileiros. No entanto mesmo diante de tais características e do seu crescimento no mercado, a manga 'Ataulfo' ainda é uma variedade pouco conhecida em termos de estudos e pesquisas a respeito de sua maturação.

O estágio de maturação em mangas é uma característica essencial para determinar a sua qualidade, pois esse é um dos motivos de grandes perdas e da baixa qualidade das mangas brasileiras. A maturação ideal para que a manga seja colhida depende muito do tempo que ela levará para ser consumida, pois um fruto colhido antes da sua maturação não atenderá as características exigidas pelo mercado consumidor. Com isso, um adequado manuseio dos frutos requer conhecimento de fisiologia pós-colheita e de práticas que possam ajudar a desenvolver e a manter frutos de alta qualidade (YAHIA; ORNELAS-PAZ; ARIZA, 2006; BRECHT; YAHIA, 2009).

O tema expõe a necessidade do conhecimento e da correlação entre os parâmetros destrutivos como as análises físico-químicas e não destrutivas como o Índice DA (Espectrofotômetro portátil) que estão envolvidos no processo de maturação da manga para que sejam colhidas frutas no tempo correto, e que suas qualidades possam ser preservadas.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as características físicas e físico-químicas de cada um dos estádios de maturação da manga 'Ataulfo' (2, 3 e 4), bem como a correlação com parâmetros físicos e físico-químicos como massa, comprimento, diâmetro, firmeza, cor e suas coordenadas L^* a^* b^* , Índice DA, rendimento, umidade, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, clorofila a, antocianinas, carotenoides, carboidratos totais, açúcares redutores e proteínas.

4.2 Material e Métodos

Para realização desse estudo, as mangas da variedade ‘Ataulfo’ foram doadas pela fazenda CS Líder Agrícola, localizada no Vale do São Francisco, mais precisamente no município de Sento Sé - BA. As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Os frutos foram separados em três diferentes estádios de maturação (2, 3 e 4) como mostra Figura 1.1, e selecionados em cada estádio quanto à presença de injúrias mecânicas, ataques fúngicos, insetos e outros defeitos, deixando-os em lotes bem uniformes. Em seguida os mesmos foram devidamente lavados em água corrente, higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos e secos com papel toalha.



Figura 1. 1 - Estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’.

Após a seleção dos frutos as análises utilizadas para determinação dos diferentes estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’ foram:

4.2.1 Caracterização física e físico-química de manga ‘Ataulfo’

- Perda de massa (PM)

As perdas de massa ao longo do período de armazenamento foram determinadas com auxílio de balança semi-analítica com precisão de 0,01g. Os resultados foram expressos em percentagem, considerando a diferença entre a massa inicial e a massa obtida em cada intervalo de tempo (GUEDES, 2007).

Conforme Equação 1:

$$(\%) = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times \text{---}$$

Em que:

MI = massa inicial da amostra, em gramas, em um determinado período;

MF = massa final da amostra, em gramas, no período seguinte a MI.

- Comprimento e diâmetro

As medidas de comprimento e diâmetro foram obtidos por meio de leitura em paquímetro digital, sendo expressas em milímetros (mm).

- Cor da casca e da polpa

A cor foi avaliada através da leitura tanto da polpa quanto da casca do fruto *in natura*. A leitura foi feita utilizando-se um colorímetro digital portátil da marca Konica Minolta DP-400. Os resultados foram expressos em três parâmetros, que de acordo com Batista (2010) conforme coloração, característica do fruto com a variação cada um dos estádios de maturação. São eles: L a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco); o croma a*, que varia do verde (-) ao vermelho (+) e o croma b*, que vai do azul (-) ao amarelo (+).

- Índice DA

O Índice DA foi obtido por meio de um espectrofotômetro portátil denominado DAE meter® (Turoni/Itália), que estima a diferença entre os valores de absorbância medidos em 670 e 720nm (Noferini et al.,2009) e possibilita a medição a campo do ponto de maturação.

- Firmeza da polpa

A firmeza foi determinada com o auxílio de um penetrômetro manual Instruterm modelo PTR 100, com ponteira de 8 mm de diâmetro e os resultados foram expressos em Newtons (N).

- Rendimento

O rendimento foi determinado com base na equação Equação 2.

$$R = \frac{M_{final}}{M_{inicial}} \times 100$$

Em que: R – rendimento (%)

$M_{inicial}$ – massa inicial (g)

M_{final} – massa final (g)

- Sólidos solúveis (SS)

O teor de sólidos solúveis em filtrado da polpa centrifugada foi determinado utilizando um refratômetro digital, sendo os resultados expressos em °Brix (IAL, 2008).

- Acidez total titulável (ATT)

Foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1M), utilizando como indicador fenolftaleína a (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

- Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado em polpa de manga triturada e homogeneizada, utilizando-se um potenciômetro (IAL, 2008).

- Açúcares

Os teores de açúcares (glicose, xilose e sacarose) foram determinados por CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência) e detector de índice de refração, em equipamento Varian, coluna HI-PLEX H, 300 x 7,7 mm IA a 40 °C usando como eluente H_2SO_4 0,005M como fase móvel a $0,6 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ e detector por índice de refração. As amostras foram

previamente diluídas e filtradas em filtro “Sep-Pack” C18 (Millipore). O volume de amostra injetada foi de 10 µL, segundo metodologia descrita por NREL LAP-014 (2008).

- Vitamina C

Determinada por titulometria, usando a solução de DFI (2,6 diclorofenol-indofenol a 0,02 %) até coloração róseo claro persistente, de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹ de polpa.

- Fibra

O teor de fibra alimentar total foi determinado pelo método gravimétrico não-enzimático desenvolvido por Li e Cardozo (1994).

- Umidade

A umidade foi determinada na temperatura de 25 °C através da leitura direta em balança determinadora de Umidade modelo MOC 63.

- α-amilase

A α-amilase foi determinada segundo a AOSA (1983), suas leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm. Os dados das leituras foram transformados pela seguinte fórmula:

$A.T = [(substrato \text{ a } 620 \text{ nm} - \text{leitura } 620 \text{ nm}) / 5 \cdot x] \cdot (20 / \text{alíquota} \cdot 0,5g)$, onde $x = 1 \mu\text{g}$ de amido. Os valores foram expressos em μg de amido hidrolisado $\text{min}^{-1} \text{g}$ de polpa⁻¹ (CHING, 1973).

- Amido

O teor de amido foi realizado segundo a metodologia de Bradford (1976) com suas leituras feitas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados expressos em μg de amido g da amostra.

- Clorofila a, Antocianinas e Carotenóides

Os teores de clorofilas, carotenoides e antocianinas foram determinados bioquimicamente, segundo metodologia descrita por Sims e Gamom (2002), respeitando o comprimento de onda de cada parâmetro: Clorofila a (663nm); clorofila b (647); Antocianinas (537 nm) e carotenoides (437 nm).

- Proteína

O teor de proteína foi avaliado pela determinação de nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (IAL, 2008).

- Carboidratos

O teor de carboidratos foi definido por meio de determinação de glicídios totais em glicose, pelo método Lane-Eyon (IAL, 2008).

O delineamento utilizado para o desenvolvimento do experimento foi o inteiramente casualizado, com o auxílio do software Assistat, Versão 7.7 beta (SILVA, 2014), e seus resultados foram submetidos a teste de médias e correlação simples.

4.3 Resultados e Discussão

Mediante os resultados apresentados na Tabela 1.1, a seguir, observa-se que a massa, o comprimento e o rendimento de polpa das mangas aumentam com o avanço dos estádios de maturação das mesmas. Comportamento que segundo Santos et al. (2008) pode estar relacionado com a maturação fisiológica, fase em que os frutos apresentam seu crescimento máximo.

Quanto as variáveis de diâmetro, rendimento de casca e de caroço, tem-se igualdade estatística para os estádios de maturação 3 e 4, porém com média inferior à do estágio 2 de maturação, e tendência, conforme média dos valores absolutos, de aumento à medida em que avançam os estádios de maturação.

Tabela 1. 1- Características físicas da manga ‘Ataulfo’ nos três diferentes estádios de maturação.

VARIÁVEIS	ESTÁDIO 2	ESTÁDIO 3	ESTÁDIO 4	C.V (%)
Massa	206,89 c	280,64b	320,05a	1,94
Comprimento	105,04c	110,35b	117,66a	2,69
Diâmetro	67,47b	70,76a	73,40a	2,50
Rendimento de casca	33,23b	39,70ab	42,92a	12,13
Rendimento de polpa	144,82c	197,42b	239,58a	5,43
Rendimento de caroço	29,02b	38,68a	39,43a	8,62

Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Desta forma, pode-se constatar que estas variáveis físicas podem servir de auxílio para o embasamento de pesquisas sobre a maturação, isso porque atualmente existem outras características internas e externas dos frutos como: firmeza, cor da polpa, aroma, sabor, teor de sólidos solúveis, acidez total, pH, açúcares redutores, substâncias voláteis e ácido ascórbico, entre outros, que podem garantir e assegurar em qual estádio de maturação as mangas podem estar (JHA; KINGSLY; CHOPRA, 2006; SANTOS et al., 2008; CANUTO; SOUZA NETO; GARRUTI, 2009; ABBASI et al., 2011; AULAR; NATALE, 2013).

A cor é uma variável bastante utilizada pelas fazendas produtoras de manga como um parâmetro para a determinação da maturidade, bem como, como um atributo de qualidade para a sua comercialização. As coordenadas de cor L* luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco); o croma a*, que varia do verde (-) ao vermelho (+) e o croma b*, que vai do azul (-) ao amarelo (+).

De acordo com os resultados contidos na Tabela 1.2, a seguir, observa-se comportamentos variados para as variáveis L* a* e b* da casca e da polpa para cada um dos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’.

Tabela 1. 2- Avaliação das coordenadas de cor L* a* b* relacionadas com os diferentes estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’

VARIÁVEIS DE			
COR	ESTÁDIO 2	ESTÁDIO 3	ESTÁDIO 4
Cor da casca L*	43,82b	46,75b	59,89a
Cor da casca a*	2,67c	8,21b	27,38a
Cor da casca b*	43,82b	46,75b	59,89a
Cor da polpa L*	76,77a	69,50b	57,08c
Cor da polpa a*	5,41c	9,82b	18,85a
Cor da polpa b*	49,10a	54,81a	54,23a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A luminosidade da casca e da polpa para os estádios 2, 3 e 4 apresentaram os respectivos valores: 43,82; 46,75 e 59,89 e 76,77; 69,50 e 57,08. Quando os valores da luminosidade encontram-se abaixo de 50 esse produto tende a uma coloração mais escura/opaca e valores maiores apresentam coloração com mais brilho/claridade, e foi o que aconteceu com a casca e a polpa da manga ‘Ataulfo’, que para esta variável os valores da casca do estádio 4 apresentaram uma maior luminosidade diferindo dos demais estádios, em compensação a luminosidade da polpa dos frutos no estádio 2 foi maior e diferiu a nível de 5% de significância em relação aos estádios 3 e 4. Para a cor a* da casca e da polpa dos frutos nos estádios 2, 3 e 4, percebeu-se que nenhum estádio apresentou valores negativos, porém os frutos do estádio 4 apresentaram valores da cor a* bem maiores para a casca e para a polpa diferindo dos demais estádios (2 e 3), demonstrando que estes frutos tenderam mais para uma coloração de tons mais avermelhados. Os valores da cor b* para a casca e para a polpa apresentaram valores positivos mostrando que os frutos tenderam para uma coloração de tons mais amarelados. No entanto, a cor b* da casca para os estádios 2 e 3 não foram diferentes estatisticamente. Entretanto em relação ao estádio 4 este apresentou maior valor e diferiu significativamente a nível de 5% de probabilidade em relação aos demais estádios. Para a cor b* da polpa não foram observadas diferenças significativas entre os estádios de maturação da polpa da manga ‘Ataulfo’.

Sendo assim, ressalta-se ainda igualdade estatística entre os frutos nos estádios 2 e 3 de maturação para a luminosidade e cor b* para a casca e para a cor b* da polpa da manga ‘Ataulfo’. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Morais et al. (2002) durante o armazenamento de mangas ‘Tommy Atkins’, por Basulto et al. (2009) em seus estudos com

a maturação de mamões e por Lucena et al. (2011) com seu trabalho sobre maturação de manga da variedade Tommy.

As mudanças metabólicas que ocorrem no decorrer da maturação fisiológica como o aumento do conteúdo de sólidos solúveis totais, redução da acidez, modificações de sabor, perda da firmeza, textura, dentre outros, são imprescindíveis para garantir e assegurar a qualidade dos frutos. Em seu trabalho sobre maturação de mangas das variedades ‘Ataulfo, Tommy Atkins e Haden, Nassur et al. (2015) puderam constatar que as mudanças nas colorações de polpa e casca estão diretamente relacionados com os teores de clorofila e dos carotenoides.

O teor de fibras da manga, pode variar de 0,02% a 1,10%, depende da cultivar e do estágio de maturação. Nos alimentos as fibras apresentam-se como um dos mais importantes atributos para a seleção da variedade que será utilizada *in natura* ou na forma industrializada. Dependendo da finalidade a que será destinada, alto teor de fibras encontrado na polpa da manga pode ser considerado como um fator negativo (FOLEGATTI et al., 2002). Para tanto, o teor de fibras encontrado na polpa da manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4 não apresentaram diferenças significativas entre eles. Porém quando foi comparado o teor de fibras encontrado na manga ‘Ataulfo’ com os valores de fibras encontrados na tabela TACO (2011) para as mangas: Haden, 1,6; Palmer, 1,6 e Tommy Atkins, 2,1, observa-se que a manga ‘Ataulfo’, apresenta um baixo teor de fibras e que por isso ela é considerada como uma variedade sem fibras. Marques et al. (2010) em seus estudos com a manga Tommy Atkins apresentaram como teor de fibra alimentar para essa variedade de 3,28g/100g. Salgado et al. (1999) avaliou o teor de fibras presente em diversas frutas e encontrou teor de fibra alimentar para a manga variedade espada *in natura* de 3,28 g/100g e para a polpa congelada 2,58 g/100g, valores superiores aos encontrados no presente trabalho.

Segundo a legislação brasileira (Resolução RDC nº 40, 21 de março de 2001), o termo fibra alimentar é definido como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano” (BRASIL, 2001). Para ser considerado como fonte de fibra, um alimento precisa conter no mínimo 3g de fibras 100⁻¹g (sólidos). Apresentando em sua composição no mínimo 6g de fibras 100⁻¹g (sólidos) o produto já é considerado rico em teor de fibras (BRASIL, 1998).

O teor de amido e de carboidratos e da enzima α -amilase foram maiores nos frutos do estágio 2 da manga ‘Ataulfo’ quando comparados com os estádios 3 e 4. Pois os frutos ditos como verdes (estádio 2) tendem a apresentar maior teor de amido; carboidratos que ao longo do período de amadurecimento dos frutos estes compostos são degradados pela enzima α -

amilase e convertidos em açúcares. Por isso o teor de amido e carboidratos desses componentes no estágio 4 aparece em menor quantidade, em contrapartida o teor de açúcares é bem maior.

Bernades-Silva et al. (2003) em seu trabalho sobre a evolução dos teores de amido e açúcares durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes variedades de manga (Tommy, Palmer, Haden e Van Dyke) constataram que a degradação do amido depende da variedade estudada e que o teor de amido nas mangas maduras para a variedade Van Dyke e Haden foi quase que indetectáveis (valor muito baixo).

Como já mencionado anteriormente, a clorofila a e os carotenoides têm relação direta com a coloração das cascas e da polpa dos frutos. É possível observar que o teor de clorofila a foi menor no estágio 4 e o teor de carotenoides e antocianinas foram maiores nesse mesmo estágio, diferentemente dos estágios 2 e 3 que apresentaram valores mais altos para clorofila a, baixo teor para carotenoides e o teor de antocianinas nesses dois estágios não diferiram estatisticamente. Segundo Medlicott et al. (1992) em suas pesquisas foi possível observar que durante o amadurecimento as mudanças que ocorrem na coloração da manga têm relação direta com a degradação da clorofila a e a síntese de carotenoides e antocianinas. Taiz e Zeiger (2004) em seu livro de fisiologia vegetal constataram também que o teor de carotenoides é maior em frutos maduros devido à síntese desse pigmento.

Os resultados obtidos na caracterização da polpa da manga nos estágios de maturação 2, 3 e 4 podem ser observados ao se analisar a Tabela 1.3 abaixo:

Tabela 1. 3- Caracterização Físico-química da polpa da manga ‘Ataulfo’ nos diferentes estágios de maturação.

VARIÁVEIS	ESTÁDIO 2	ESTÁDIO 3	ESTÁDIO 4	C.V (%)
Fibras (g/100g)	1,0a	1,0a	1,1a	1,03
Amido	269,83a	82,38b	80,29b	5,88
α -amilase	8,11a	7,10a	5,73b	6,39
Carboidratos	924,40a	469,10b	211,35c	4,40
Carotenoides	32,12b	37,47b	45,62a	12,26
Clorofila a	40,38a	46,97a	34,67b	8,74

VARIÁVEIS	ESTÁDIO 2	ESTÁDIO 3	ESTÁDIO 4	C.V (%)
Açúcares redutores	32,95c	44,23b	83,01a	7,89
Proteínas	5,88a	5,94a	6,03a	2,35
Antocianinas	190,47b	184,18b	230,78a	2,17
Umidade	72,55b	69,08c	73,55a	0,43

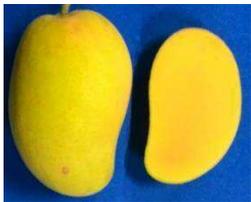
Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na maturação das mangas uma das principais modificações metabólicas causadas na fisiologia dos frutos é o aumento no teor dos açúcares. Na Tabela 1.3 é possível observar que o resultado do teor de açúcares redutores para os frutos do estádio 4 foram bem superiores quando comparados com os estádios 2 e 3. Porém analisando os resultados separadamente é comum que o teor de açúcares seja menor nos frutos dos estádios 2 seguidos do estádio 3 pois nesses dois estádios a atividade enzimática de hidrólise do amido ainda não ocorreu ou não ocorreu completamente. Segundo Carvalho et al. (2004), que trabalharam com cinco variedades de manga e Pereira (2009), com apenas uma variedade cultivar Tommy Atkins, apresentaram em seus trabalhos valores de açúcares redutores inferior aos encontrados no presente trabalho.

Quanto aos teores de proteínas nos três estádios de maturação, percebeu-se que não diferiram estatisticamente, porém seus valores mostraram-se superiores quando comparados com os valores encontrados por Carvalho et al. (2004) de 0,30 em frutos da variedade Tommy Atkins. O teor de umidade no estádio 4 também foi maior diferindo estatisticamente dos estádios de maturação 2 e 3, porém nesse mesmo atributo o estádio de maturação 3 também diferiu estatisticamente do estádio 2 de maturação. Este aumento de umidade nos frutos no estádio de maturação mais avançado é decorrente da perda de massa fresca dos frutos que, em contrapartida, gera o aumento no seu teor de umidade e permeabilidade da casca (KAYS, 1997). Moreira et al. (2013), obtiveram para a polpa de manga Tommy Atkins *in natura* teores de umidade de 85,48% sem um valor superior aos encontrados nos três estádios de maturação.

O Índice DA é uma análise não destrutiva que gera um valor que se correlaciona com a clorofila a. Observa-se mediante os dados da Tabela 1.4, que a variável Índice DA nos três estádios de maturação apresentaram variações de frutos verdes ao amarelo em sua coloração.

Tabela 1. 4- Característica física, Índice DA e físico-químicas: sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável (ATT) e vitamina C aos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’.

Estádios de maturação	Índice DA	Firmeza	SST (Brix°)	pH	ATT	Vitamina C
 Estádio 2	1,93 a	150,55a	7,32 b	2,95 c	4,06 a	114,26 a
 Estádio 3	1,24 b	131,94b	8,40 b	3,14 b	2,81 b	125,62 a
 Estádio 4	0,24 c	47,71c	21,3 a	3,98 a	0,79 c	73,25 b

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O fato dos frutos estarem em diferentes estádios de maturação (2, 3 e 4) pode explicar a degradação estrutural da clorofila a em decorrência de inúmeros fatores que ocorrem durante o processo de maturação.

Neste caso, observa-se diferença significativa para o índice DA em cada estágio de maturação da manga ‘Ataulfo’; evidenciando que o DA pode ser utilizado na determinação dos estádios de maturação desta manga.

A firmeza que é um parâmetro de qualidade bastante utilizado em pesquisas, e principalmente como uma variável indicadora de maturação aparece na Tabela 1.4 com valores distintos para cada estágio de maturação, mostrando que houve diferença significativa para esse parâmetro, pois os frutos nos estádios 2 e 3 apresentaram maior firmeza diferentemente dos frutos no estágio 4, mostrando que quanto mais os frutos vão amadurecendo menos firmes vão ficando. Lucena (2000) em seu trabalho utilizando os mesmos estádios de maturação (2, 3 e 4) com a manga cv. Tommy Atkins obteve os

respectivos resultados 96,97, 55,15 e 14,67, valores estes inferiores aos encontrados nesse experimento. Santos et al. (2008) também utilizou a manga Tommy Atkins e os mesmos estádios de maturação (2, 3 e 4) e também obtiveram valores de firmeza inferiores quando comparados com os dados obtidos para a manga 'Ataulfo' nesses mesmos estádios de maturação.

Ziosi et al. (2008) em seus estudos com pêssegos e Mcglone et al.(2002) com maçãs observaram que esses frutos foram divididos em diferentes classes de maturação pelo emprego do Índice DA. Goulart et al. (2013) estudaram a evolução do Índice DA, a coloração em mangas da variedade Tommy Atkins e constataram, também, que através do Índice DA foi possível separar os frutos em classes de maturação.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) (Tabela 1.4) dos frutos nos estádios de maturação 2 e 3 apresentaram valores de 7,32 e 8,40 respectivamente, e de acordo com estes valores foi possível observar que houve um aumento dessa variável para estes dois estádios, porém estatisticamente elas não diferiram entre si. Diferentemente dos demais estádios de maturação, o estádio 4 apresentou-se estatisticamente diferente dos demais, com um aumento de aproximadamente três vezes maior no teor de sólidos solúveis em relação aos anteriores.

O aumento no teor dos sólidos solúveis é decorrente do processo de amadurecimento dos frutos, promovendo a hidrólise de carboidratos, degradação do amido, resultando na conversão do mesmo em açúcares solúveis totais (KAYS, 1991; WILLS et al., 2007). Hojo et al. (2009), em seu trabalho com mangas da variedade Tommy Atkins, verificaram que a medida que os frutos foram amadurecendo o teor de sólidos solúveis tendeu a aumentar. O SST atualmente é um dos parâmetros de avaliação para a determinação do ponto ideal de colheita dos frutos e como determinante de qualidade para a comercialização.

Observa-se ainda na Tabela 1.4 que os valores do pH apresentaram aumento à medida em que os frutos foram amadurecendo. Os frutos nos estádios 2, 3 e 4 apresentaram os seguintes valores, respectivamente: 2,95; 3,14 e 3,98. Estes resultados estão condizentes com os resultados encontrados por Santos et al. (2008), os quais variaram de 2,84 a 4,59 para a variedade 'Tommy Atkins'.

Ao contrário do pH e do teor de sólidos solúveis, a acidez total titulável (ATT) dos frutos em cada estádio de maturação é menor à medida em que os frutos vão amadurecendo. A redução da ATT ocorre devido aos processos respiratórios e a conversão de alguns ácidos orgânicos em açúcares durante a fase de amadurecimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O valor de vitamina C no estágio 4 de maturação da manga ‘Ataulfo’ (73,25) foi menor que nos demais estádios 2 e 3 (114,26 e 125,62). Na maioria dos frutos o teor de vitamina C tende a reduzir durante os processos de maturação. Nogueira et al. (2002) em sua pesquisa com acerola atribuíram a redução no teor de vitamina C, em frutos maduros, a ação da enzima ascorbato oxidase, vez que, nos frutos verdes os valores encontrados foram superiores. Cardello e Cardello (1998) em seus estudos com a manga variedade ‘Haden’ também observaram que a redução do conteúdo de vitamina C durante a maturação do fruto era explicado pela ação dessa enzima.

Quando se correlacionou o Índice DA com a firmeza, os sólidos solúveis, acidez titulável, pH e vitamina C nos três estádios de maturação (2, 3 e 4) verificou-se que os coeficientes de correlação negativos e positivos atingiram valores acima de 0,90 como mostrado na Tabela 1.5. Isso quer dizer que quando os frutos estão verdes estes tendem a ter um teor de acidez positivo quando correlacionados com o Índice DA, já os valores negativos do SST e do pH também correlacionados com o Índice DA mostraram que os frutos estavam em um estágio de maturação mais elevados, mais maduros.

Tabela 1.5- Correlação simples entre as variáveis de característica física e físico-químicas nos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’.

VARIÁVEIS	Índice DA	Firmeza	SST	ATT	PH	Vitamina C
Índice DA	1	-0,92	0,94	0,97	-0,93	0,78
Firmeza	**	1	-0,96	-0,93	0,97	-0,90
SST	**		1	0,96	-0,96	0,86
ATT	**		**	1	-0,96	0,77
pH	**		**	**	1	-0,85
Vitamina C	**		**	**	**	1

Os elevados coeficientes da correlação do Índice DA com a firmeza e o pH (negativos) e com o SST e a ATT positivos, indicam que os frutos estão em diferentes estádios de maturação e que o Índice DA é um bom indicador de maturação na manga ‘Ataulfo’. Betemps et al. (2011) avaliaram a qualidade de mangas da variedade Tommy Atkins também com o Índice DA e correlacionaram com parâmetros físico-químicos como a cor, o teor de sólidos solúveis, firmeza e acidez. E constataram que os valores do Índice DA apresentaram excelente relação com os atributos de qualidade normalmente utilizados em manga 'Tommy Atkins'.

Sendo assim é possível através do Índice DA separar os frutos com base no seu grau de maturação e com os valores dos resultados com os parâmetros de qualidade.

4.4 Conclusões

- Variáveis físicas e físico-químicas como a massa, comprimento, rendimento de polpa, clorofila a, carotenóides, açúcares redutores e umidade podem ser usados como base para a determinação dos estádios de maturação, porém o Índice DA permite uma melhor separação dos frutos nos diferentes estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’, além de apresentar uma boa correlação com as variáveis firmeza, SST, ATT e pH.
- A determinação do Índice DA representa uma potencial ferramenta baseada em análise não destrutiva para determinação da maturação de mangas ‘Ataulfo’.

Referências

ABBASI, K.S., ANJUM, N., SAMMI, S., MASUD, T.; ALI, S. Effect of coatings and packaging material on the keeping quality of mangoes (*Mangifera indica* L.) stored at low temperature. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 2, p. 129-138, 2011.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (Ed.) **Seed vigor testing handbook**. Contrib. n.32 to the Handbook on seed testing. 1983. 88p.

AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1234, 2013.

BASULTO, F. S.; DUCH, E. S.; GIL, F. E.; PLAZA, R. D.; SAAVEDRA, A. L.; SANTAMARIA, J. M. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. **Interciencia**, v.34, n.8, p. 583-588, 2009.

BERNADES-SILVA, A. P.F; LAJOLO, F. M; CORDENONSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. *Revista Ciência e tecnologia de Alimentos, campinas*, 23 (Supl), p. 116-120. 2003.

BETEMPS, D. L.; FACHINELLO, J. C.; GALARÇA, S. P. Espectroscopia do visível e infravermelho próximo (vis/nir) na avaliação da qualidade de mangas tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. 306-313, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de alimentos para fins especiais. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 jan. 1998.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº40, de 21 de março de 2001. Estabelece normas para padronizar a declaração de nutrientes na rotulagem nutricional obrigatória de alimentos e bebidas embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 Mar. 2001, Seção 1.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding. **Analytical Biochemistry**. 72: 246-254, 1976.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamin C, atividade de ascorbate oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, 1998.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M.; CASTRO, J. V. de.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 264-271, 2004.

CHING, T. M. Biochemical aspects of seed vigour. **Seed Science & Technology**, Zürich, v 1, n 1, p.73- 88, 1973.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, p.735.

CANUTO, K. M.; SOUZA NETO, M. A.; GARRUTI, D. S. Composição química volátil, em diferentes estádios de maturação, de manga 'Tommy Atkins' produzida no Vale do São Francisco. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2377-2381, 2009.

FOLEGATTI, M. I. da S.; MATSUURA, F. C. A. U. **Mamão: Pós-colheita**. EMBRAPA: Mandioca e Fruticultura. Brasília. Frutas do Brasil, 21. 2002. 59p.

GOULART, C; LOY, F. S; GALARÇA, S. P; GIOVANAZ, M. A; MALGARIM, M. B; FACHINELLO, J. C. Evolução do índice da e coloração da epiderme de mangas da cultivar tommy atkins **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, vol. 14, núm. 1, 2013, pp. 8-13 Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México

GUEDES, P. A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga, cv. Rosa**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Área de Concentração em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista - BA, 2007.

HOJO, R. H.; SÃO JOSÉ, A. R.; HOJO, E. T. D.; ALVES, J. F. T.; REBOUÇAS, T. N. H.; DIAS, N. O. Qualidade de manga 'Tommy Atkins' pós-colheita com uso de cloreto de cálcio na pré-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 1, p. 062-070, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** / coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo, 1020p, 2008.

JHA, S. N.; KINGSLEY, A. R. P.; CHOPRA, S. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 73-76, 2006.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishables plant products**. New York: AVI, 1991.

LI, B.W., CARDOZO, M.S. Determination of total dietary fiber in foods and products with little or no starch, non-enzymatic-gravimetric method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Beltsville, v.77, n.3, p.687-689, 1994.

LUCENA, E. M. P.; ASSIS, J. S.; ALVES, R. E.; ENÉAS FILHO, J. Alterações físicas e químicas durante o crescimento e desenvolvimento de mangas 'Tommy Atkins' produzidas no Vale do São Francisco, Brasil. **Journal Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 55, p. 48-51, 2011.

LUCENA, E. M. P.; SILVA JUNIOR, A.; CAMPELO, I. K. M. Caracterização físico-química da manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins, em diferentes estádios de maturação. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Fortaleza, p. 5246, 2000.

MARQUES, A.; CHICAYBAM, G.; ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T., & SABAASRUR, A. U. Mango rind and pulp (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins centesimal composition and minerals contents. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1206- 1210, 2010.

MCGLONE, V.A.; JORDAN, R. B.; MARTINSEN, P. J.; 2002. Vis/Nir estimation at harvest of pre-and post storage quality indices for 'Royal Gala' apple. **Postharvest Biology and Technology** v. 25, p. 135-144.

MEDLICOTT, A. P. et al. Measurement of color changes in ripening bababas na mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. **Tropical Agriculture**. Trinidad, v. 69, n.2, p. 161-166, 1992.

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E. Ponto de colheita ideal de mangas 'Tommy Atkins' destinadas ao mercado europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 671-675, 2002.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1093-1098, 2013.

NASSUR, R. C.M; SARA GONZÁLEZ-MOSCOSO, G. M. C; LIMA, L. C. O; VILAS BOAS, E. V. B; CRISOSTO, C. H. Describing Quality and Sensory Attributes of 3 Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars at 3Ripeness Stages Based on Firmness. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 9, 2015.

NOFERINI, M.; FIORI, G.; FARNETI, B.; COSTA, G. 2009. Impiego di un índice non distruttivo per determinare la corretta época di Raccolta Del fruto di actinidia chinensis. **In: MACFRUT 2009.**

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 463- 470, 2002.

PEREIRA, A. C. da S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará.** 2009. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; MELO FILHO, A. B. Polpa de fruta congelada: Efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. **Revista de Nutrição.** Campinas, 12(3): 303-308, 1999.

SANTOS, D. B.; PEREIRA, M. E. C.; VIEIRA, E. L.; LIMA, M. A. C. Caracterização físicoquímica dos estádios de maturação da manga ‘Tommy Atkins’ produzida no município de Iaçu - BA. **Magistra**, v. 20, n. 4, p. 342-348, 2008.

SILVA, I. **Ataulfo.** Disponível em: <<http://www.openfruit.com.br/?sessao=home>>. Acesso em 10 Set. 2017.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing Environment.** v. 81: 337-354, 2002.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas:** métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** 4ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011. Disponível em http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em 03 Dez 2017

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WILLS, R. B. H.; MCGLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. C. **Postharvest:** an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 5. ed. Wallingford: New South Wales University, 2007. 227p.

YAHIA, E. M.; ORNELAS-PAZ, J. de J.; ARIZA, F. R. **The mango.** Ciudad del Mexico: Trillas, 2006. 224 p.

ZIOSI, V.; NOFERINI, M.; FIORI, G.; TADIELLO, A.; TRAINOTTI, L.; CASADORO, G.; COSTA, G. A 2008. New index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. **Postharvest Biology and Technology** v.49, p.319–329.

5. CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS PÓS DE MANGA ‘ATAULFO’

CARACTERIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS PÓS DE MANGA ‘ATAULFO’

Resumo

A manga ‘Ataulfo’ cultivada no vale do São Francisco é de produção temporária, predominantemente entre os meses de agosto e dezembro. Devido às suas características físicas de polpa carnosa, pouca fibra e sabor adocicado e de coloração atraente estudos vêm sendo realizados com o intuito de desenvolver produtos de alta durabilidade e que não tenham alterações de suas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais. A liofilização é um tipo de desidratação que preserva as características físico-químicas do fruto. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho estudar a produção de um pó liofilizado a partir de manga da variedade ‘Ataulfo’ em três diferentes estádios de maturação, bem como a avaliação das qualidades e características físicas e físico-químicas quanto à atividade de água, umidade, cor, molhabilidade, pH, densidade aparente e compactada, vitamina C, solubilidade, carotenoides, Clorofila a, açúcares redutores, proteínas e antocianinas, carboidratos, amido e α -amilase e sua morfologia, após o seu processamento, em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os pós foram armazenados em duas embalagens uma laminada e outra de polietileno e seu armazenamento em temperatura ambiente teve duração de 180 dias e a cada 30 dias eram feitas análises quanto à atividade de água (a_w), umidade, cor (L^* , a^* e b^*), vitamina c, pH, sólidos solúveis (Brix $^\circ$) e a acidez total titulável (ATT). Os resultados foram tabulados com o auxílio do software Assistat, e o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão. Com base nos resultados observou-se que há diferenças físicas e físico-químicas dos pós de polpa da manga ‘Ataulfo’ nos três diferentes estádios de maturação; que a liofilização é um processo de secagem eficiente e eficaz na desidratação da polpa de manga; que a análise morfológica dos pós apresentaram uma superfície lisa, organizadas com formato esférico; que o processo de secagem não causou grandes mudanças nas microestruturas; e, principalmente, que a embalagem laminada funcionou durante todo o período de armazenamento como uma barreira promovendo a melhor preservação de um modo geral das propriedades físico-químicas como a atividade de água, a umidade, a cor (L^* , a^* e b^*) sólidos solúveis, o pH a vitamina C e acidez total titulável dos pós da polpa da manga ‘Ataulfo’.

Palavras- chave: Desidratação, estádios de maturação, liofilização.

CHARACTERIZATION AND STORAGE OF 'ATAULFO' MANGO POWDER

Abstract

The 'Ataulfo' mango cultivated in the San Francisco valley is of temporary production, predominantly between August and December. Due to its physical characteristics of fleshy pulp, little fiber and sweetish flavor and attractive coloring studies have been carried out with the intention of developing products of high durability and that do not have changes of their physical-chemical, nutritional and sensorial characteristics. Lyophilization is a type of dehydration that preserves the physicochemical characteristics of the fruit. The objective of this work was to study the production of a lyophilized powder from the 'Ataulfo' variety mango at three different maturation stages, as well as the evaluation of the physical and physico-chemical qualities and characteristics of water activity, moisture, color, wettability, pH, apparent and compacted density, vitamin C, solubility, carotenoids, chlorophyll a, reducing sugars, proteins and anthocyanins, carbohydrates, starch and α -amylase and their morphology, after their processing, in Electron Microscopy Scanning (SEM). The powders were stored in two laminated and one polyethylene packages and stored at room temperature for 180 days and analyzed every 30 days for water (a_w), moisture, color (L^* , a^* and b^*), vitamin C, soluble solids (Brix $^\circ$) and titratable total acidity (TTA). The results were tabulated with the aid of the Assistat software, and the design was completely randomized in a factorial scheme using the Tukey test at 5% of probability and regression analysis. Based on the results, physical and physico-chemical differences were observed in the pulp powders of 'Ataulfo' mango at the three different maturation stages; that lyophilization is an efficient and efficient drying process in the dehydration of the mango pulp; that the morphological analysis of the powders presented a smooth surface, organized with spherical shape, that the drying process did not cause great changes in the microstructures; and in particular that the laminated packaging functioned throughout the storage period as a barrier promoting the best overall preservation of the physico-chemical properties such as water activity, moisture, color (L^* , a^* and b^*) solids solubles, pH, vitamin C and titratable total acidity of 'Ataulfo' mango pulp powders.

Key words: Dehydration, maturation stages, freeze drying.

5.1 Introdução

A manga ‘Ataulfo’ cultivada no Vale do São Francisco é de produção temporária, predominantemente entre os meses de agosto a dezembro. Possui uma polpa de coloração atraente, tom amarelo ouro, sua textura cremosa e quase livre de fibras, com um sabor doce e, quando comparada com outras variedades, possui uma polpa mais carnosa (SILVA, 2017).

É comum o consumo de manga na sua forma *in natura*, ela também pode ser consumida na forma desidratada, suco integral, polpa congelada, ingrediente para sorvetes, doces em geral, em produtos lácteos, dentre outros. Atualmente essa variedade ‘Ataulfo’ não tem sido utilizada na indústria alimentícia, por isso com este estudo, se pretende valorizar esta variedade, levando-se em conta suas excelentes características e a possibilidade de vir a ser usada na indústria de alimentos.

O elevado consumo de manga e a carência do mercado por produtos novos e mais práticos exigem técnicas de processamento e conservação como a desidratação na forma de pó, que se apresenta como uma boa alternativa, pois nesse estado inúmeras são as vantagens quanto a vida útil do produto, redução do peso e volume do material favorecendo o seu embalamento, transporte, armazenamento, principalmente porque não há necessidade de refrigeração, sendo armazenados em temperatura ambiente.

A liofilização é um tipo de desidratação que consegue preservar as características físico-químicas do fruto como a vitamina C e, principalmente, as propriedades relacionadas com a qualidade dos frutos (MARQUES, 2013). Vez que este método de desidratação apresenta a possibilidade de se obter pós em diferentes estádios de maturação do fruto e, assim, o uso do produto em outras épocas do ano.

A manga em pó pode ser utilizada na elaboração dos mais variados produtos da suplementação alimentar, pois este é um produto desidratado e cem por cento integral, sem nenhum tipo de conservante (FAVERO, 2008).

De acordo com o exposto acima, objetivou-se estudar a produção de extrato pó liofilizado da manga variedade ‘Ataulfo’ em três diferentes estádios de maturação, bem como a avaliação das qualidades e características físicas e físico-química dos pós durante o seu processo e armazenamento.

5.2 Material e Métodos

Nesse estudo, as mangas da variedade ‘Ataulfo’ foram doadas pela fazenda CS Líder Agrícola, localizada no Vale do São Francisco, mais precisamente no município de Sento Sé - BA. As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Os frutos foram separados em três diferentes estádios de maturação (2, 3 e 4) e selecionados em cada estágio quanto à presença de injúrias mecânicas, ataques fúngicos, insetos e outros defeitos (Figura 2.1), deixando-os em lotes bem uniformes. Em seguida os mesmos foram devidamente lavados em água corrente, higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos e secos com papel toalha.

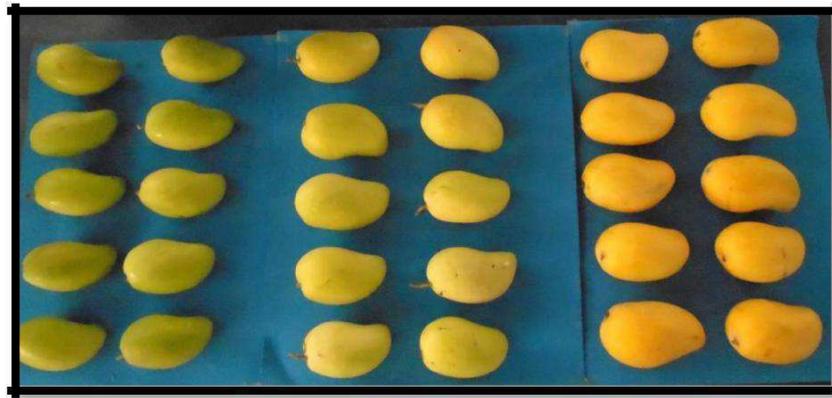


Figura 2. 1- Seleção e homogeneização dos estádios de maturação da manga ‘Ataulfo’.

Os frutos foram descascados, submetidos ao branqueamento, um minuto em água quente e um minuto em água gelada, para inibir o escurecimento enzimático (Figura 2.2).

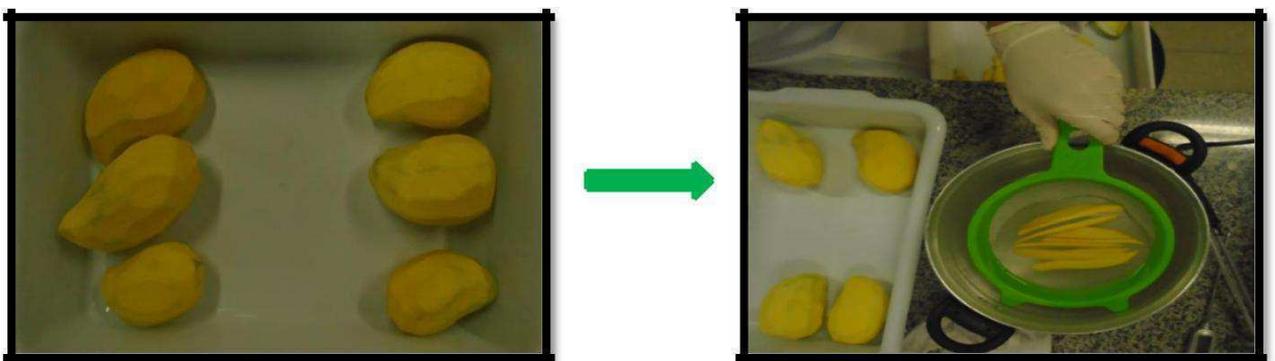


Figura 2. 2- Descascamento e branqueamento das polpas da manga ‘Ataulfo’.

Inicialmente (Figura 2.3) as amostras de polpas foram congeladas em camadas finas (0,5 cm) em ultrafreezer a $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 24 h. As amostras congeladas foram dispostas na torre do liofilizador durante 72 horas, acoplado a bomba de vácuo até pressão final de $35\text{ }\mu\text{mHg}$.



Figura 2. 3- Polpas de manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4 de maturação antes de serem liofilizadas.

Após o término da liofilização foram feitas compressões das amostras liofilizadas em almofariz com pistilo até que as mesmas adquirissem aspecto de pó. Em seguida foram retiradas amostras dos pós para uma posterior caracterização quanto a sua atividade de água, umidade, cor, molhabilidade, densidade aparente e compactada, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, solubilidade, carotenoides, Clorofila a e b, açúcares redutores, proteínas antocianinas, amido, α -amilase, carboidrato e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As amostras foram acondicionadas em dois diferentes tipos de embalagens plásticas (Figura 2.4) e armazenadas por um período de seis meses. A cada trinta dias as amostras foram analisadas quanto a sua atividade de água, umidade, teor de sólidos solúveis, cor, acidez titulável, pH, e vitamina C.

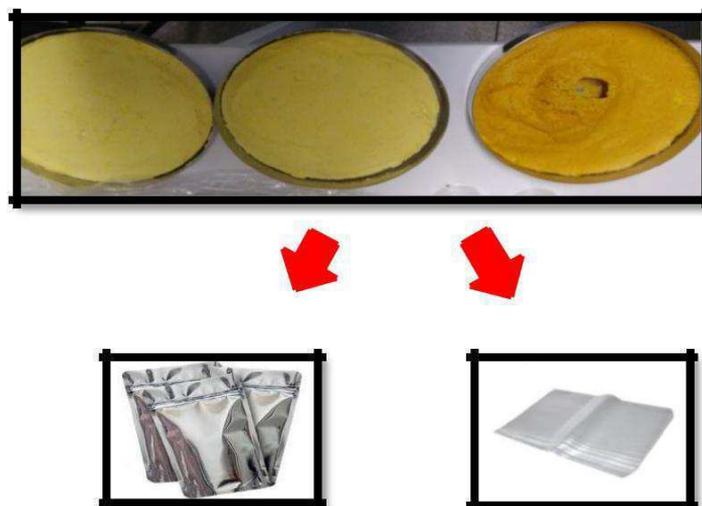


Figura 2. 4- Polpas liofilizadas (pó) de manga ‘Ataulfo’ acondicionadas em embalagens plásticas do tipo Stand-up Pouch (laminada) e polietileno.

5.2.1 Caracterização física e físico-química dos pós da manga ‘Ataulfo’

- Cor dos pós

A cor foi avaliada através da leitura tanto da polpa quanto da casca do fruto *in natura*. A leitura foi feita utilizando-se um colorímetro digital portátil da marca Konica Minolta DP-400. Os resultados foram expressos em três parâmetros, que de acordo com Batista (2010) conforme coloração, característica dos frutos e dos pós e com a variação de cada um dos estádios de maturação. São eles: L a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco); o croma a*, que varia do verde (-) ao vermelho (+) e o croma b*, que vai do azul (-) ao amarelo (+).

- Atividade de água

A atividade de água foi determinada na temperatura de 25 °C, através de leitura direta em medidor portátil, PawKit, fabricado por Decagon .

- Umidade

A umidade foi determinada na temperatura de 25 °C através da leitura direta em balança determinadora de Umidade modelo MOC 63

- Sólidos solúveis (SS)

O teor de sólidos solúveis foi determinado em filtrado da polpa, utilizando-se um refratômetro digital, sendo os resultados expressos em °Brix (IAL, 2008).

- Acidez total titulável (ATT)

Foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1M), utilizando-se como indicador fenolftaleína (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

- Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado em polpa de manga triturada e homogeneizada, utilizando-se um potenciômetro (IAL, 2008).

- Açúcares

Os teores de açúcares foram determinados por CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência) e detector de índice de refração, em equipamento Varian, coluna HI-PLEX H, 300 x 7,7 mm IA a 40 °C usando como eluente H₂SO₄ 0,005M como fase móvel a 0,6 mL.min⁻¹ e detector por índice de refração. As amostras foram previamente diluídas e filtradas em filtro “Sep-Pack” C18 (Millipore). O volume de amostra injetada foi de 10 µL, segundo metodologia descrita por NREL LAP-014 (2008).

- Vitamina C

Foi determinada por titulometria, usando a solução de DFI (2,6 diclorofenol-indofenol a 0,02 %) até coloração róseo claro persistente, de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹ de polpa.

- Clorofila a, Antocianinas e Carotenóides

Os teores de clorofilas, carotenoides e antocianinas foram determinados bioquimicamente, segundo metodologia descrita por Sims e Gamom (2002), respeitando o comprimento de cada parâmetro: Clorofila a (663nm); clorofila b (647); Antocianinas (537 nm) e carotenoides (437 nm).

- Proteína

O teor de proteína foi avaliado pela determinação de nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (IAL, 2008).

- α -amilase

A α -amilase foi determinada segundo a AOSA (1983), suas leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm. Os dados das leituras foram transformados pela seguinte fórmula:

A. T. = [(substrato a 620 nm - leitura 620 nm) / 5'x].(20/ alíquota. 0,5g), onde x = 1 μ g de amido. Os valores foram expressos em μ g de amido hidrolisado min^{-1} g de polpa⁻¹ (CHING, 1973).

- Amido

A teor de amido foi realizado segundo a metodologia de Bradford (1976) com suas leituras feitas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados expressos em mg.100 g-1 de amido da amostra.

- Carboidratos

O teor de carboidratos foi definido por meio de determinação de glicídios totais em glicose, pelo método Lane-Eyon (IAL, 2008).

- Molhabilidade

Utilizando o Método de Schubert (1980), pesou-se 1 g da amostra, a qual foi colocada em um becker de 250 mL contendo 100 mL de água destilada a temperatura ambiente. Iniciou-se a medição do tempo necessário para o desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso. O cálculo da taxa de molhabilidade foi feito através da Equação 1.

$$= _$$

Em que: TM- Taxa de Molhabilidade

N - número de gramas da amostra

t - tempo em min.

- Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de Eastman e Moore (1984), modificado por Cano-Chauca et al. (2005). Um grama de pó foi cuidadosamente adicionado em 100 mL de água sob alta velocidade de agitação em um agitador magnético por 5 min. O pó disperso em água foi centrifugado a 2600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri previamente pesada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

A solubilidade foi calculada de acordo com a Equação 2.

$$= \frac{ms}{ma} \times 100$$

Em que: S - solubilidade;

ms - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante,

g; ma - Massa da amostra, g.

- Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada transferindo-se 2 g dos pós para uma proveta graduada de 10 mL, sendo calculada como a relação entre a massa do pó e o volume ocupado (GOULA ; ADAMOPOULOS, 2010). A densidade aparente foi calculada conforme Equação3:

$$= \frac{ms}{Vt}$$

Em que: ρ_a - densidade aparente;

ms - massa do sólido, g;

Vt - Volume total, cm³.

- Densidade compactada

Para a determinação da densidade compactada, aproximadamente 2 g dos pós foram transferidos para uma proveta graduada de 10 mL. A densidade compactada foi calculada a partir da massa de pó contida na proveta depois de ser batida manualmente 100 vezes sobre a superfície de bancada de uma altura de 10 cm, conforme Equação 4:

$$\rho_c = \frac{m_s}{V_{sc}}$$

Em que: ρ_c - densidade compactada;

m_s - massa do sólido, g;

V_{sc} - Volume do sólido após compactação, cm^3 .

- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Os pós de manga liofilizados foram colocados em fita de carbono de dupla face sobre um suporte de alumínio (stubs), recobertos com ouro em um evaporador (Bal-tec- SCDA50) e visualizados em um microscópio eletrônico de varredura (Mevleo-Evo40xvp). As imagens foram capturadas e digitalizadas.

O programa utilizado na análise dos dados foi o software Assistat, Versão 7.7 beta (SILVA, 2014). O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão.

5.3 Resultados e Discussão

A polpa integral da manga ‘Ataulfo’ foi analisada quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos assim como as polpas em pó obtidas durante o processo de liofilização. Os resultados das análises do pó em cada estágio de maturação encontram-se na Tabela 2.1

Tabela 2. 1- Caracterização dos pós da manga ‘Ataulfo’ nos três diferentes estádios de maturação.

VARIÁVEIS	ESTÁDIO 2	ESTÁDIO 3	ESTÁDIO 4
Atividade de água (a_w)	0,17c	0,20b	0,24a
Umidade (%)	2,62c	3,02b	3,61a
Cor L*	71,52a	65,37b	47,46c
Cor a*	-4,20c	-3,03b	8,84a
Cor b*	38,51c	49,10b	51,04a
Dens. Aparente (g/ml)	0,42b	0,36c	0,56a
Dens. Compactada (g/ml)	0,46b	0,37c	0,62a
Molhabilidade (g/mim)	0,21c	0,29b	0,33a
Solubilidade (%)	26,31c	36,70b	87,88a
Sólidos solúveis (°Brix)	20,33c	26,33b	71,66a
pH	3,12c	3,39b	4,69a
Acidez titulável (%)	13,03a	7,78b	1,98c
Vitamina C (mg.100g-1)	44,49a	39,76b	4,96c
Amido (mg.100 g-1)	1,653a	0,281b	0,117c
α -amilase (mg.100 g-1)	0,004a	0,0032b	0,003b
Carotenoides (mg.100 g-1)	0,034c	0,069b	0,108a
Clorofila a (mg.100 g-1)	0,024c	0,033b	0,039a
Antocianinas (mg.100 g-1)	0,127c	0,204b	0,250a
Carboidratos (mg.100 g-1)	0,845c	1,062b	1,893a
Açúcares redutores (mg.100 g-1)	0,102c	0,156b	0,336a
Proteínas (mg.100 g-1)	0,008b	0,009ab	0,009a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Conforme se observa, os pós de manga dos estádios 2, 3, 4 apresentaram teor de umidade de 2,62; 3,02 e 3,61 respectivamente, estando estes valores dentro do que é exigido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A Resolução RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005, preconiza que produtos de frutas secos ou desidratados devem apresentar no máximo 25% de umidade (BRASIL, 2005). A umidade dos pós aumentou estatisticamente com a mudança dos estádios de maturação (2,3 e 4). Essa variação deve-se a fatores como o pH, a atividade de água, o teor de açúcares e a temperatura em que esses foram armazenados. Segundo a tabela FIB (2013) produtos que passaram pelo processo de liofilização apresentam umidade final entre 0 e 5%. Moreira et al. (2013) obtiveram valor de umidade para o pó de polpa de manga liofilizada de 3,14%. Marques et al. (2006) liofilizaram a polpa de manga e obtiveram um pó com 7,06% de umidade. Os valores de umidade encontrados neste trabalho estão dentro do padrão exigido pela Resolução.

Segundo Oliveira (2012) a a_w nos alimentos variam entre 0 e 1, em frutas este valor fica em torno de 0,95. Para Rahman, (2008) o valor mínimo de atividade de água de um pó é de 0,6 para que haja a inibição de qualquer atividade microbiana. Santos et al. (2013) na secagem de caju em leito de jorro com adição de maltodextrina obtiveram valores que variaram entre 0,308 a 0,318. Gusmão et al. (2014) avaliaram o pó da palma forrageira seca em estufa e obtiveram pós com atividade de água que variaram entre 0,27 a 0,97. Lins et al. (2017) em seu trabalho com a secagem de seriguela em leito de jorro apresentaram valores para a fruta sem adição de maltodextrina de 0,329, 0,323 e 0,195 para diferentes temperaturas. Dessa forma, no que diz respeito a a_w nos pós de manga 'Ataulfo' para os três estádios de maturação, obtidos, nesta pesquisa de 0,17; 0,20 e 0,24 estão condizentes com os resultados encontrados em outras pesquisas que trabalharam com frutas desidratadas.

É importante destacar que mesmo sem um agente carreador, os pós de manga 'Ataulfo' independente dos estádios de maturação (2, 3 e 4) mantiveram seu teor de atividade de água e umidade bem abaixo do que fora encontrado na literatura.

Com as variáveis colorimétricas, constata-se a redução significativa da luminosidade das amostras, e o aumento de a^* e b^* de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. A medida em que avança a maturação da manga (E2, E3 e E4), os valores da luminosidade diminuem. O oposto aconteceu com as variáveis a^* que vai do verde (-) ao vermelho (+) e o croma b^* , intensidade do amarelo (+). Moreira et al. (2013) obtiveram valores de L^* , a^* e b^* em pó de manga de 52,20; -2,01 e 19,20, respectivamente, e predominância da cor amarela sobre a verde. Lins (2016), observou em pó de seriguela seco em leito de jorro sob diferentes temperaturas valores para L^* que variaram entre 70,16 a 72,59, para o a^* de 4,07 a 5,24 e b^*

de 28,85 a 33,07. Comparando-se os valores da luminosidade com os obtidos por Moreira et al. (2013), os pós de manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2 e 3 apresentaram valores maiores para esta variável e menor no estádio 4. Já para a^* para a intensidade da cor verde, nos estádios 2 e 3, os valores dos pós foram bem maiores que os encontrados por Moreira et al. (2013). Assim como os valores da intensidade do amarelo (b^*) nos três estádios (2, 3 e 4), foi o dobro do encontrado por este mesmo autor em seu trabalho. A variação das variáveis colorimétricas L^* , a^* e b^* nos pós da manga ‘Ataulfo’ em seus diferentes estádios de maturação podem ser observadas na Figura 2.5.

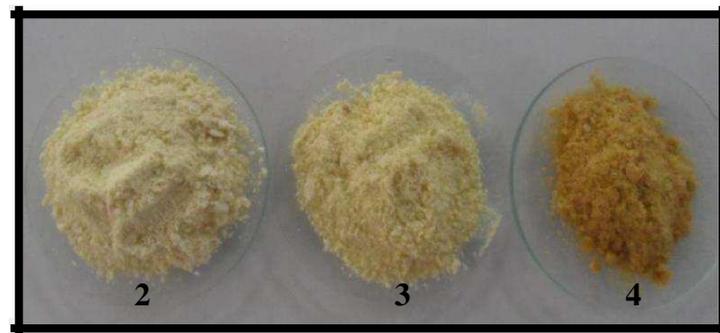


Figura 2. 5- Pós de manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4.

Fellows (2006) comparou processos de secagem por liofilização e a secagem convencional com ar quente, e observou que as partículas secas e porosas resultantes do processo de liofilização apresentaram densidades mais baixas. Os valores da densidade aparente e compactada dos pós de manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4 estão representados respectivamente: 0,42; 0,36 e 0,56 g/ml e 0,46; 0,37 e 0,62 g/ml, apresentando para cada uma dessas variáveis diferenças significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A polpa de tamarindo adicionada de maltodextrina e seca em spray-dryer mostrou uma maior densidade aparente (BHUSARI et al., 2014). Lins (2016) para a polpa de seriguela seca em leite de jorro com adição de 3% de maltodextrina obteve densidade aparente e compactada de 0,47 e 0,61 g/ml. Gomes et al. (2002) encontraram densidade aparente igual a 1,13 g/ml para pó de acerola desidratado em leite de jorro. Francisoni et al. (2002) ao analisar o suco de maracujá com adição de maltodextrina, desidratado em secador por aspersão, obtiveram valores de densidade aparente que variaram entre 0,38 a 0,57 g/mL. Zea et al. (2013) para o pó de goiaba obtiveram uma densidade de 1,474 g/ml, valor este bem maior que a encontrado nesse experimento. Oliveira et al. (2013) obtiveram resultados para a densidade aparente do pó de morango, seco por aspersão e com adição de maltodextrina e goma arábica valores de 0,40 e 0,47 g/mL, respectivamente semelhantes aos resultados encontrados neste estudo.

A molhabilidade dos pós nos estádios 2, 3 e 4 apresentaram valores de 0,21; 0,29 e 0,33 g/min demonstrando assim o tempo necessário para o completo desaparecimento dos pós de manga da superfície da água em repouso. Endo et al. (2007) em seu trabalho com o suco de maracujá desidratado obtiveram valores para a molhabilidade de 0,23 a 0,88 g/min. Já Gomes et al. (2002) ao analisar a molhabilidade de pó de acerola com 90% de polpa e 10% de maltodextrina seco em secador do tipo leito de jorro a uma temperatura de 70°C obtiveram um valor de 0,18 g/min valor esse bem inferior ao encontrado nesse estudo.

Quanto à solubilidade dos pós, os estádios 2,3 e 4 apresentaram os respectivos valores 26,31; 36,70 e 87,88% havendo diferença significativa entre os mesmos. Endo et al. (2007) obtiveram valores de solubilidade com variação de 91,88 a 98,21% para o suco de maracujá desidratado. Araújo (2014) também conseguiu valores altos para a solubilidade 73,75 e 81,63%, para polpa de jambolão desidratada por liofilização e por secagem em leito de jorro, respectivamente. Costa (2017) em seu estudo da obtenção de polpa de manga em pó pelo processo de liofilização obteve teor de solubilidade de 97,63%, valor superior ao encontrado no presente estudo. Caparino et al. (2012) observaram aumento da solubilidade dos pós de manga quando estes foram incorporados com a maltodextrina durante o processo de secagem. Eles também observaram que as polpas de manga em pó obtidas por liofilização apresentaram valor de solubilidade de 89,70 mostrando-se mais baixa que as polpas obtidas por spray dryer 95,31%. Observa-se mediante os resultados da solubilidade dos pós no estádio 2 e 3, valores baixos quando comparados com os resultados encontrados na literatura.

Com relação aos sólidos solúveis (°Brix), houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os pós da manga 'Ataulfo', observado pela concentração dos sólidos solúveis nos frutos mais maduros, estágio 4, 3 e 2 de 71,66; 26,33 e 20,33, respectivamente. Oliveira et al. (2014) em seu trabalho com a liofilização de cajá sem e com maltodextrina obtiveram os respectivos valores para °Brix 78,00 a 92,67. Valores estes mais altos que os encontrados neste trabalho. Moreira et al. (2013) obtiveram um °Brix de 73,30 no pó de manga liofilizado. Lins (2016) com pó de seriguela seco em leito de jorro sem adição de maltodextrina obteve para três temperaturas diferentes três resultados de sólidos solúveis de 25,60; 30,72 e 25,00, resultados estes mais altos quando comparados com os pós da manga 'Ataulfo' nos estádios 2 e 3, contudo em relação ao pó no estádio 4 estes valores estão bem abaixo.

A relação pH e acidez nos pós de manga 'Ataulfo', para os três estádios, é bem clara no tocante a mudança de estádio, onde os valores de pH aumentaram (3,12; 3,39 e 4,69) e os de acidez (13,03; 7,78 e 1,98) diminuíram com mudança dos estádios, 2 para 3 e para 4. Moreira et al. (2013) obteve um pH de 3,75 e acidez de 3,28 no pó da polpa de manga

liofilizada. Bezerra et al. (2011) com valores de 3,44 e 3,80 de pH e acidez de 4,10 e 2,47% nos pós das polpas de manga variedade Rosa e Tommy Atkins, respectivamente. Santos et al. (2014) com valor de pH de 3,88 para o pó de goiaba. Rocha et al. (2014) em secagens utilizando spray-dryer obtiveram um pH de 3,88 no pó de suco de caju. Ferrari et al. (2014) obteve valores superiores de pH de 4,6 e 4,7 nos pós de pitaya roxa adicionados de maltodextrina sob dois diferentes processos de secagem, em leite de jorro e spray-dryer respectivamente. Os resultados do pH e da acidez do presente trabalho contrastaram com os valores encontrados na literatura.

O teor de ácido ascórbico obtido nos pós de manga nos estádios 2, 3 e 4 foram bem inferiores 44,49; 39,76 e 4,96 respectivamente, aos encontrados na polpa in natura de 114,26; 125,62 e 73,25. A redução do teor de ácido ascórbico da manga *in natura* até sua transformação em pó apresentou uma redução em percentagem de 61,07; 68,35 e 93,23 %. Rocha et al. (2014) com suco de caju desidratado em spray-dyer com adição de maltodextrina teve uma redução de ácido ascórbico de 82,25%. Moreira et al. (2013) ao liofilizarem polpa de manga cv. Tommy Atkins sem adição do adjuvante, relataram um decréscimo de 76,98% no teor de ácido ascórbico. A percentagem de degradação do ácido ascórbico do pó no estádio 4 foi maior quando comparada com os valores encontrados por Rocha e Moreira.

Assim como aconteceram mudanças físico-químicas nas polpas da manga *in natura* durante cada um dos estádios de maturação como a redução e até mesmo o aumento de compostos como teor de sólidos solúveis, pH, açúcares redutores, carotenoides, antocianinas, clorofila a (cujos frutos vão ficando mais amarelados com a degradação dos pigmentos verdes), proteínas, carboidratos devido ao aumento da concentração de açúcares ocasionados pela degradação do amido pela ação da α -amilase e de outros compostos decorrentes também da evolução dos estádios de maturação dos frutos, também foram observados nos pós (MEDLICOTT, 1992).

Em análise da Tabela 2.2, tem-se para todas as interações, a exceção do pH, da luminosidade (L^*) e da intensidade de amarelo (b^*), significância estatística para as demais variáveis estudadas.

Tabela 2. 2- Resumo da análise de variância referente ao estágio de maturação, embalagens e tempo de armazenamento dos pós da manga Ataulfo liofilizado.

Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	a_w	Umidade	SST	ATT	pH
Maturação (F1)	0,011**	7,81**	32303,38**	1174,24**	27,82**
Embalagens (F2)	2,38**	544,21**	146,79**	3,25**	0,009**
Tempo (F3)	0,13**	57,06**	4,20**	0,15**	0,078**
F1 X F2	0,005**	0,18*	36,72**	1,31**	0,0006 ^{ns}
F1XF3	0,001**	0,31**	1,26**	1,23**	17,51**
F2 X F3	0,07**	16,51**	4,68**	0,63**	5,39**
F1 X F2 X F3	0,001**	0,13**	1,19**	0,27**	6,96**
Resíduo	0,0001	0,037	0,293	0,006	0,0009
CV (%)	2,87	2,99	1,41	1,04	0,83

	Vitamina C	L*	a*	b*
Maturação (F1)	13354,48**	4576,58**	1031,75**	609,61**
Embalagens (F2)	876,82**	502,40**	54,70**	18,43 ^{ns}
Tempo (F3)	142,86**	136,63**	3,25**	181,03**
F1 X F2	141,22**	58,90**	4,87**	88,14*
F1XF3	39,20**	121,39**	14,64**	39,63*
F2 X F3	52,32**	24,30 ^{ns}	1,96**	25,39 ^{ns}
F1 X F2 X F3	15,79	15,07 ^{ns}	1,11**	34,19 ^{ns}
Resíduo	0,03	11,61	0,112	20,78
CV (%)	0,69	4,65	2,97	10,61

** , * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente e ^{ns} não significativo, a_w = atividade de água; SST= teor de sólidos solúveis; ATT= acidez titulável; L= luminosidade; a= intensidade da cor verde/vermelha; b= intensidade de amarelo nos pós.

É sabido que a embalagem durante todo o processo de produção de qualquer produto exerce um papel muito importante, por proteger a qualidade do produto de fatores externos como a temperatura, a umidade, a luz e até mesmo de danos físicos. Para tanto, faz-se necessário o emprego correto da embalagem que retarde ou minimize todo e qualquer tipo de alterações que venham delongar o tempo de vida útil dos produtos (SOUSA et al., 2016). No presente trabalho, as amostras mantiveram-se na forma de pó, com pequena aglomeração nos últimos 30 dias de armazenamento, principalmente nas amostras armazenadas na embalagem de polietileno, porém este fato não impediu a realização das análises de estudo quanto a estabilidade dos pós de manga ‘Ataulfo’ nos três estádios de maturação, quanto a atividade de água (a_w), umidade, cor e suas coordenadas L*, a* e b*, sólidos solúveis (°Brix), vitamina C, pH e acidez total titulável (ATT) durante 180 dias (6 meses) de armazenamento.

O resultado da interação entre os estádios de maturação (E2, E3 e E4) com os dois tipos de embalagem, laminada e polietileno, para a a_w estão representados graficamente no Figura 2.6A. As letras minúsculas apresentadas na barra para embalagem laminada mostram diferença significativa de 0,22, 0,25 e 0,28 entre os três estádios dos pós armazenados. Para a embalagem de polietileno houve igualdade estatística no teor de a_w de 0,54 entre os estádios 3 e 4. Porém entre os estádios 3 e 4 e o estádio 2 (a_w de 0,5) houve diferença significativa da atividade de água para esta embalagem.

Com relação aos estádios de maturação dos pós armazenados em cada uma das embalagens (letras maiúsculas), o pó da manga 'Ataulfo' do estádio 2 armazenado na embalagem laminada e de polietileno apresentaram diferenças significativas entre essas duas embalagens em torno de 0,28, resultado este também observado entre estas mesmas embalagens para os estádios 3 e 4.

A interação estádio de maturação com tempo de armazenamento da Figura 2.6B mostra que houve um aumento gradativo da atividade de água para os três pós E2, E3 e E4 durante os seis meses de armazenamento com valores iniciais em torno de 0,22; 0,37 e 0,38 respectivamente e final de 0,45 para os três pós.

Conforme os resultados da Figura 2.6C, mostra que a embalagem laminada conseguiu durante os seis meses manter de forma linear um controle da a_w com uma variação de 0,05, quiçá devido ao material que compõe esta mesma embalagem. Diferentemente da embalagem de polietileno que durante esse período mostrou não ser eficiente no controle da a_w cujo aumento foi em torno de 0,4, talvez por este tipo de embalagem não ser adequada para o armazenamento de material em pó.

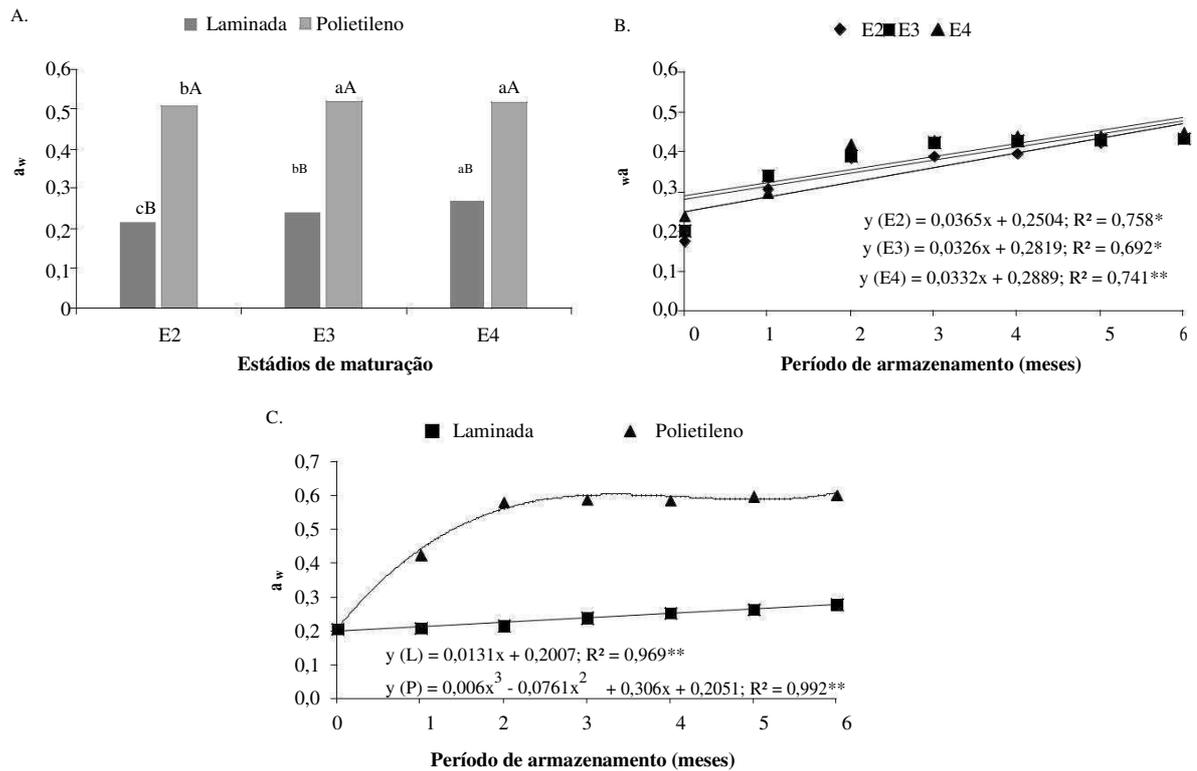


Figura 2. 6- Valores médios da atividade de água (a_w) do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), estágio de maturação com período de armazenamento (B) e tipo de embalagem com período de armazenamento (C). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Costa et al. (2013) observaram para o armazenamento de polpa de maracujá atomizado em embalagem metálica, valores de atividade de água superiores ao presente estudo, e aumento do valor inicial durante os 90 dias de seu armazenamento. Comportamento semelhante foi observado por Galdino et al. (2016) com armazenamento de figo da índia em pó em embalagem também laminada, com aumento da a_w até o final dos 40 dias de armazenamento. Costa (2017) em estudo de obtenção de polpa de manga em pó pelo processo de liofilização e armazenados em quatro tipos de embalagens por um período de 90 dias percebeu que a embalagem plástica se mostrou uma barreira pouco eficiente quanto ao impedimento do aumento na atividade de água na polpa em pó quando comparada com as embalagens laminadas. No entanto, os resultados do presente estudo para a variável atividade de água, a embalagem laminada teve uma maior eficiência mantendo uma $a_w < 0,6$ durante todo o período de armazenamento.

Analisando a interação embalagem com estágio de maturação (Figura 2.7A) verificou-se na embalagem laminada para os pós do E2 e E3 uma mesma umidade, em torno de 4% enquanto que o pó do E4 apresentou uma umidade de 4,5% para esta embalagem. Na embalagem de polietileno a diferença foi significativa entre os três pós E2, E3 e E4 com teor de umidade de 8,1; 8,4 e 9, respectivamente. Analisando as duas embalagens para um mesmo estágio de maturação do pó houve diferença significativa entre elas para os três estádios. Confirmando que, mesmo a umidade dos pós nos estádios 2, 3 e 4 terem aumentado para as duas embalagens, a laminada conseguiu promover um menor teor de umidade para os três pós.

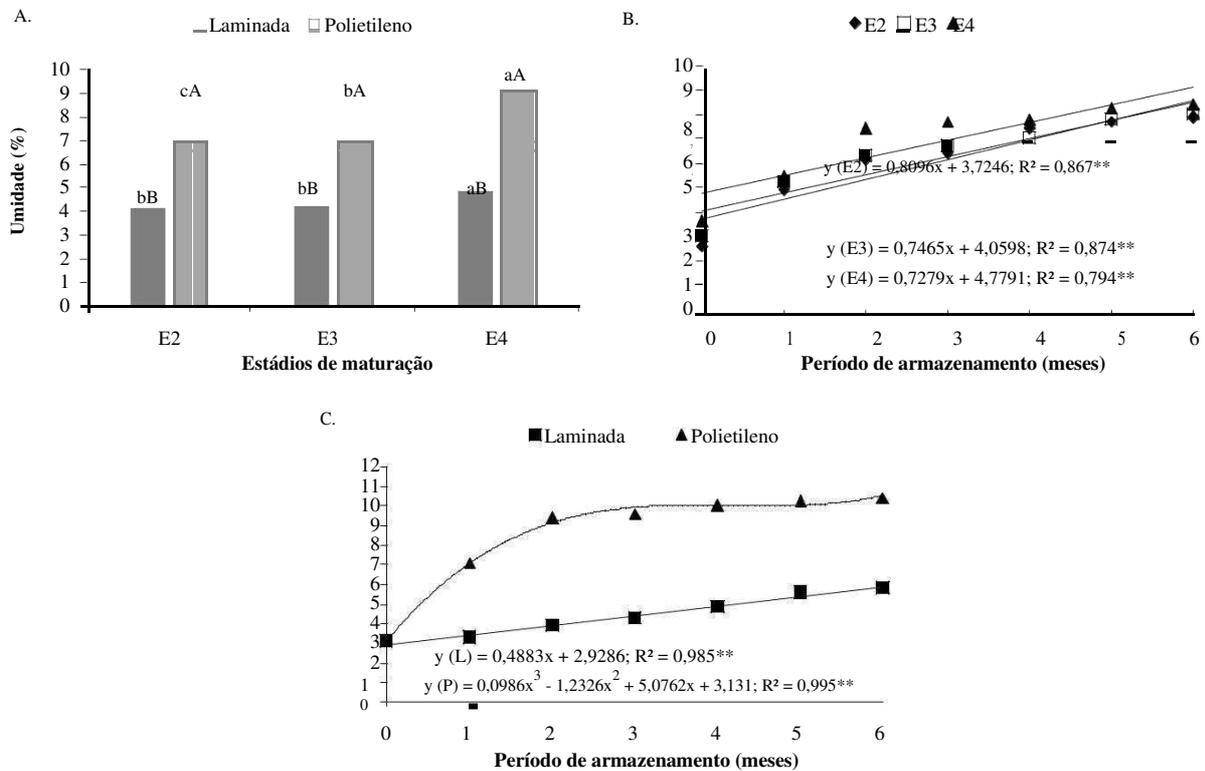


Figura 2. 7- Valores médios da umidade do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), estágio de maturação com período de armazenamento (B) e tipo de embalagem com período de armazenamento (C). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádio de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 2.7B durante todo o período de armazenamento independente dos estádios de maturação 2, 3 e 4 o teor de umidade também foi aumentando com valores iniciais de 3, 3

e 4 respectivamente. No final do tempo 6, o teor de umidade para os três estádios de maturação atingiu cerca de 8%.

As embalagens laminada e de polietileno na interação com o período de armazenamento (Figura 2.7C), mostram que houve nos primeiros meses de armazenamento um aumento da umidade, sendo maior para a embalagem de polietileno (6 e 9%) e menor (3 e 4%) para a laminada.

Alexandre et al. (2014) estudaram o armazenamento de pitanga em pó em embalagem do tipo multifolhada, e constataram para o período de 60 dias, comportamento similar ao encontrado nessa pesquisa, isto é, tendência no aumento da umidade no decorrer dos intervalos estudados. Também ficou claro que após 30 dias de armazenamento houve diferença significativa entre as médias quando estas foram comparadas com o tempo 0.

Em estudo com o do pó de figo- da- índia obtido pelo método de camada de espuma e armazenado em embalagem laminada por um período de 100 dias, Lisbôa, Figueirêdo e Queiroz (2012), observaram que todas as amostras absorveram água durante todo período estudado.

O teor de umidade da polpa de manga em pó armazenada em embalagem laminada encontrado no trabalho de Costa (2017) teve uma variação de $3,52 \pm 0,31\%$ a $4,85 \pm 0,11\%$ durante o armazenamento. Dessa forma, os dados do presente trabalho mostram que a embalagem de polietileno ofereceu pouca barreira ao vapor de água, tendo a embalagem laminada apresentado maior barreira para o aumento do teor de umidade.

A vitamina C (ácido ascórbico) é um antioxidante natural sensível ao calor, e a sua degradação na presença de luz e oxigênio ocorrem devido a não adequada condição de armazenamento (OLIVEIRA et al., 2013).

Mesmo diante da redução do teor de ácido ascórbico nos três pós de manga a embalagem laminada durante os seis meses de armazenamento dos pós conseguiu concentrar mais o teor de ácido ascórbico com variação de 30 no tempo 0 a $28 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para o ultimo mês. A embalagem de polietileno durante o período de armazenamento apresentou uma maior queda no teor de ácido ascórbico saindo de $30 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no tempo 0 para menos de $20 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no ultimo mês, comprovando que para esta variável esta embalagem não se mostrou tão eficiente.

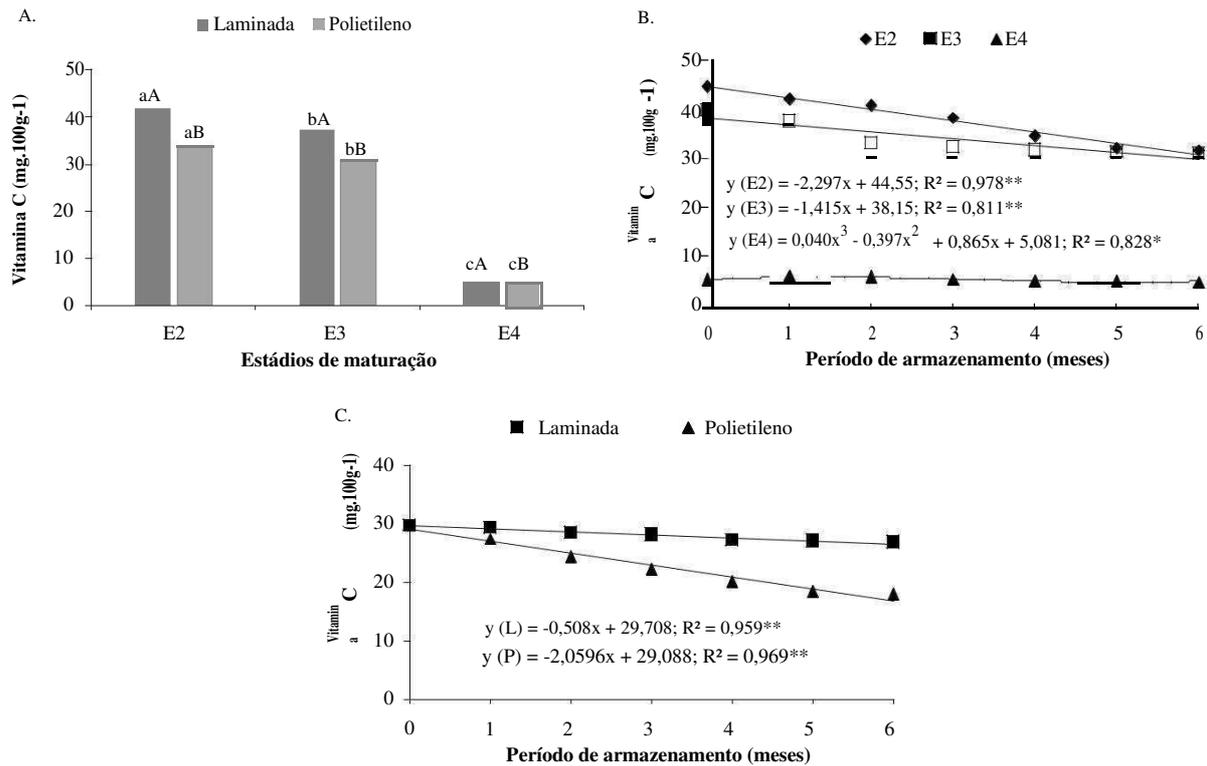


Figura 2. 8- Valores médios da vitamina C (ácido ascórbico) do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), estágio de maturação com período de armazenamento (B) e tipo de embalagem com período de armazenamento(C). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sousa et al. (2016) encontraram resultados similares em pesquisas realizadas com polpas de caju em pó armazenadas em embalagens laminadas e de polietileno, onde a embalagem de polietileno apresentou acentuada redução do ácido ascórbico a partir de 45 dias de armazenamento até o fim do experimento.

Costa (2017) com pó de manga desidratado apresentou valores de ácido ascórbico no tempo 0, valores que variaram entre 26,39 a 37,51 mg 100 g⁻¹. Ao final dos 90 dias de estudo da estabilidade o valor máximo não ultrapassou 23,08 mg 100 g⁻¹; mostrando que houve a redução do teor de ácido ascórbico, resultados estes similares aos encontrados no presente estudo.

Na Figura 2.9A pode-se observar para ATT que entre os estádios de maturação houve redução estatística da acidez total titulável, com melhor conservação dos pós da manga ‘Ataulfo’ liofilizado para a embalagem laminada. Já a Figura 2.9B mostra uma pequena redução do teor de acidez do pó E2 de mais ou menos 0,5, nos 30 primeiros dias, mantendo-se até o final do período de armazenamento com um teor de 12% de acidez. No entanto para o pó

E3 houve um aumento no teor de acidez do tempo 0 ao tempo1, apresentando um valor de mais ou menos 8,7% permanecendo constante até o tempo 5, vindo aumentar $\pm 0,2\%$ no tempo 6. De acordo com esta mesma figura o pó E4 praticamente não apresentou aumento e redução quanto ao teor de acidez durante todo o período de seu armazenamento.

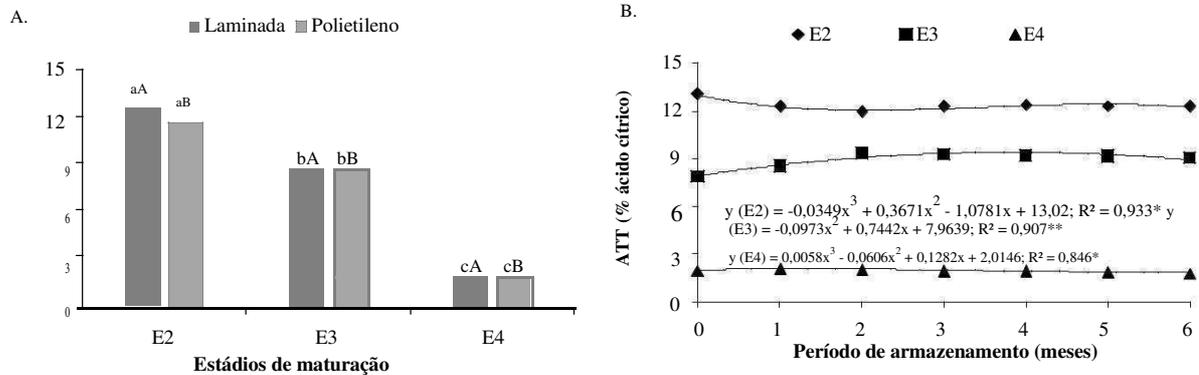


Figura 2.9- Valores médios da acidez total titulável do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), estágio de maturação com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2.3 estão expressos os resultados das médias da acidez dos pós sob a influência da interação entre as embalagens e o tempo de armazenamento, onde se observa igualdade estatística no tempo 0 para as embalagens. No entanto, no decorrer do experimento houve diferença significativa entre as embalagens laminada e polietileno do tempo 1 (30 dias) 7,85 e 7,46 ao tempo 6 (180 dias) 8,04 e 7,40 respectivamente, para o teor de acidez titulável. Analisando as médias para a mesma embalagem durante o período de armazenamento, a ATT da embalagem laminada aumentou nos primeiros 30 dias sendo mantida até o tempo 6. Quanto a embalagem de polietileno a acidez total titulável permaneceu igual estatisticamente do tempo 0 ao 5, vindo a diferenciar, com redução no tempo 6.

Tabela 2. 3- Influência da interação embalagens com o tempo de armazenamento na acidez total titulável do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios E2, E3 e E4.

Embalagens	Período de Armazenamento						
	0	1	2	3	4	5	6
Laminada	7,61aB	7,85aA	8,07aA	8,10aA	8,08aA	8,04aA	8,04aA
Polietileno	7,61aB	7,46bB	7,53bB	7,56bB	7,63bB	7,55bB	7,40bC

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A acidez natural de uma polpa de fruta em pó tem sua importância quanto às suas propriedades organolépticas, evitando a ação de processos de fermentação, mas principalmente por esta variável ser de grande interesse para as indústrias alimentícias (XIE et al., 2011).

Os resultados encontrados por Galdino et al. (2016) com figo da Índia em pó obtido por atomização, apresentou pequenas variações ao longo do tempo de armazenamento, mas sem diferenças significativas entre a acidez inicial e ao final dos 40 dias de armazenamento. Lisboa et al. (2011) que também trabalhou com a secagem de figo da Índia em camada de espuma também observou uma discreta redução da acidez, em torno de $\pm 5\%$, ao final dos 80 dias de armazenamento. Resultados estes também observados nesse experimento.

A Figura 2.10A ilustra a influência da interação estágio de maturação com o tipo de embalagem, onde se observa diferença estatística entre os estádios 2, 3 e 4 para a embalagem laminada cujos pós apresentaram teor de sólidos solúveis de 20, 26 e 71 °Brix, respectivamente. O mesmo aconteceu com a embalagem de polietileno para os pós dos estádios 2, 3 e 4.

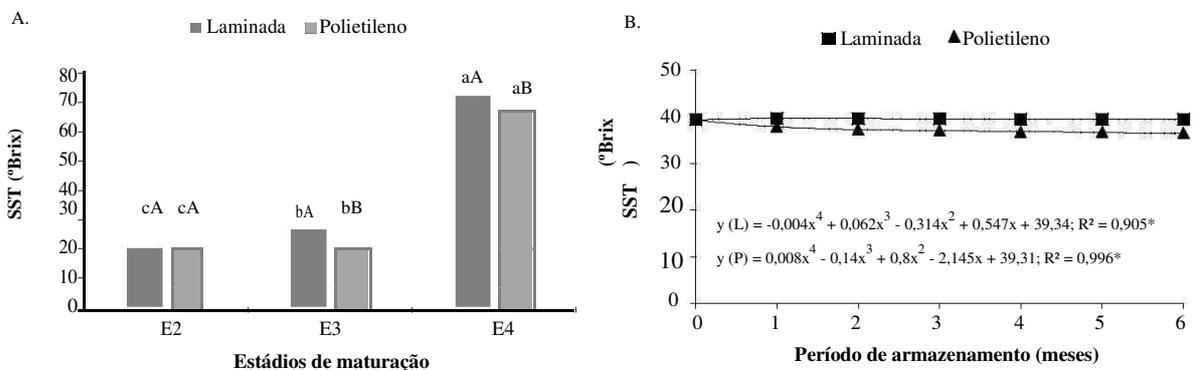


Figura 2. 10- Valores médios dos sólidos solúveis do pó de manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), tipo de embalagem com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em análise a Figura 2.10A e a 2.10B, independente da interação embalagem com estágio de maturação e com o período de armazenamento, a embalagem laminada apresentou um maior teor de sólidos solúveis com cerca de 2 °Brix de diferença a mais que a embalagem de polietileno. Sendo esta embalagem adequada para o armazenamento de material em pó.

Loureiro et al. (2013) estudando o armazenamento de buriti em pó desidratado em estufa a 50°C e acondicionado em embalagens de polietileno e laminadas por um período de

90 dias encontraram para as respectivas embalagens valores iniciais de 10,27 e 9,93 e finais de 10,27 e 9,83 °Brix, deixando claro que a embalagem laminada preservou melhor o teor de sólidos solúveis.

Costa (2017) observou em seu trabalho com pó de polpa de manga desidratado em spray-dryer e armazenadas em quatro embalagens, que houve uma pequena redução do °Brix do pó de manga acondicionada em embalagem de polietileno. Enquanto que para a embalagem laminada observou-se uma elevação do °Brix permanecendo estes valores estáveis até o final do armazenamento.

Moreira et al. (2011) estudando a estabilidade de polpa de cupuaçu em pó, desidratado em estufa a 60°C, armazenados em embalagens de polietileno de baixa densidade por 90 dias, observaram que os teores de sólidos solúveis diminuíram linearmente durante os tempos iniciais (0) e finais (90) de 29,08 e 28,09; 30,11 e 29,23; 30,11 e 29,23 respectivamente nas polpas desidratadas.

Na Tabela 2.4 abaixo estão expressos os valores da influência da interação entre os estádios de maturação dos pós de manga ‘Ataulfo’ com o seu período de armazenamento para a variável pH.

Tabela 2. 4- Influência da interação estádios de maturação dos pós com o tempo de armazenamento no pH do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios E2, E3 e E4.

Estádios	Período de Armazenamento						
	0	1	2	3	4	5	6
E2	3,13cC	3,01cC	3,06cC	3,07cC	2,94cC	3,09cC	3,10cC
E3	3,39bB	3,17bB	3,26bB	3,16bB	3,28bB	3,30bB	3,31bB
E4	4,69aA	4,45aA	4,66aA	4,48aA	4,54aA	4,55aA	4,56aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O pH inicial dos pós de cada estágio de maturação permaneceu o mesmo estatisticamente durante todo o tempo de armazenamento. Enquanto dentro de cada tempo de armazenamento, este aumentou com o estágio de maturação da manga ‘Ataulfo’ (E4, E3 e E2) Moura (2010) em seu estudo com polpa de acerola atomizada armazenada em embalagem laminada durante 360 dias, mostrou que não houve diferença significativa de pH durante todo o período de armazenamento. Resultado este similar aos encontrados neste trabalho.

Mediante os resultados da Tabela 2.5 tem-se igualdade estatística para a embalagem laminada em todos os tempos de armazenamento, não ocorrendo o mesmo com a embalagem

de polietileno que diferenciou com um pH inferior nos tempos 2, 3 e 4 dos anteriores e posteriores. Com relação ao pH das embalagens dentro de cada tempo, tem-se igualdade estatística do tempo inicial (0) com os tempos 4, 5 e 6. Em resumo, observa-se para a embalagem laminada o mesmo pH durante o armazenamento, ocorrendo o contrário com a embalagem de polietileno, que durante o armazenamento o pH nos tempos 2, 3 e 4 diminuíram e aumentaram nos tempos 5 e 6 que se igualaram aos tempos 0 e 1. Este aumento do pH nos últimos dias de armazenamento dos pós pode ser um indicativo de que as amostras estavam em processo de decomposição por hidrólise ou oxidação ou fermentação os quais podem alterar a concentração de íons de hidrogênio e a sua acidez (ALEXANDRE et al., 2014).

Tabela 2. 5- Interação embalagens com tempo de armazenamento do pH do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios de maturação E2, E3 e E4.

Embalagens	Período de Armazenamento						
	0	1	2	3	4	5	6
Laminada	3,73aA	3,53bA	3,62bA	3,55bA	3,59aA	3,65aA	3,66aA
Polietileno	3,73aA	3,70aA	3,56aC	3,59aC	3,59aC	3,64aB	3,65aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Alexandre et al. (2014) com o armazenamento de pitanga em pó constataram um aumento significativo do pH nos últimos 15 dias de armazenamento sendo esta uma indicação de que a amostra estava em processo de decomposição por hidrólise ou oxidação ou fermentação, alterando assim a concentração dos íons de hidrogênio e, conseqüentemente, sua acidez.

Para tanto, observando os dados apresentados neste trabalho mesmo que alguns resultados tenham apresentado algumas alterações significativas ao se tratar do pH dos pós alimentícios, este se manteve dentro da faixa que assegura a prevenção da perda de suas propriedades por deterioração (OLIVEIRA; AFONSO; COSTA, 2011).

Assim, evidencia-se que o emprego de qualquer uma das embalagens (laminada ou polietileno) no armazenamento de polpa de manga ‘Ataulfo’ em pó liofilizada até o tempo 6 meses (180 dias) não acarretariam em resultados discrepantes para pH.

A escolha de um produto alimentício por parte do consumidor depende primeiramente de seu aspecto visual, a cor e a aparência são atributos que influenciam na aceitação e ou rejeição de um determinado alimento (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Através da Figura 2.11 observa-se o comportamento da luminosidade da manga ‘Ataulfo’ com os estádios de maturação para as embalagens dos pós liofilizados desta manga. A embalagem laminada apresentou uma luminosidade acima de 75 para os pós nos estádios 2 e 3, e de 65 para o estádio 4. Quanto à embalagem de polietileno também não se observou diferença significativa para os pós dos estádios 2 e 3 que também apresentaram uma luminosidade em torno de 75 e 59 para o pó do estádio 4.

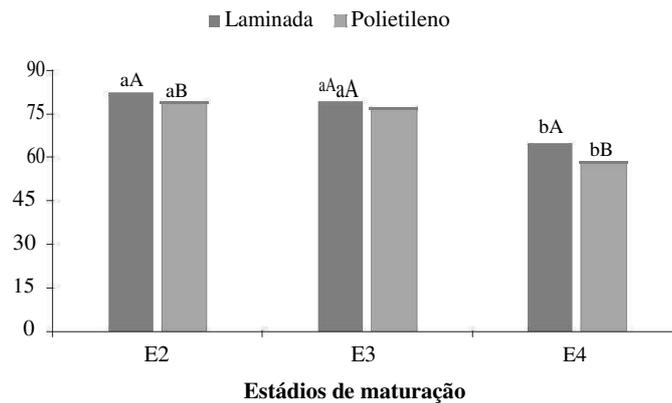


Figura 2. 11- Valores médios da Luminosidade do pó de manga ‘Ataulfo’ para a da interação estádio de maturação com tipo de embalagem. Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estádio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação entre um mesmo estádio de maturação com os dois tipos de embalagens, como observado na Figura 2.11, expressam igualdade estatística para as embalagens laminada e de polietileno com pó liofilizado da manga ‘Ataulfo’ obtido no estádio 3 de maturação e, diferença estatística quanto ao pó obtido nos estádios 2 e 4.

Loureiro et al. (2013) ao estudar o buriti em pó, desidratado em estufa sob diferentes temperaturas e armazenados em embalagens de polietileno e laminadas por um período de 90 dias, constataram que os valores de L^* das amostras obtidas a partir das três temperaturas de secagem não foram influenciados estatisticamente pelo tipo de embalagem que foram utilizadas, nem pelo período de armazenamento.

Na Tabela 2.6 estão expressos os resultados da interação entre os estádios de maturação dos pós da manga ‘Ataulfo’ com o período de armazenamento.

Tabela 2. 6- Interação embalagens com tempo de armazenamento da luminosidade do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios de maturação E2, E3 e E4.

Estádios	Período de Armazenamento						
	0	1	2	3	4	5	6
E2	71,53aA	81,83aA	83,31aA	84,02aA	83,57aA	81,33aA	77,70aA
E3	70,37aA	81,44aA	81,00aA	79,79aA	80,75aA	80,65aA	77,05aA
E4	65,37bB	62,24bB	60,13bB	60,48bB	60,41bB	55,87bB	64,49bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A luminosidade dos pós nos estádios 2 e 3 não diferiram estatisticamente durante todo o período de armazenamento e, foram superiores ao do estádio E4. Estes resultados encontram apoio aos obtidos por Costa et al. (2013) para a polpa de maracujá atomizada, acondicionada em embalagem laminada, e que durante 90 dias de armazenamento a luminosidade se manteve a mesma, com valor inferior da luminosidade, em todos os tempos em que os pós permaneceram armazenados. Esta ocorrência deu-se dentro dos estádios de maturação (E2 e E3) em um mesmo tempo e entre os tempos para o mesmo estádio de maturação.

A menor luminosidade do pó do estádio 4 deve-se, provavelmente, ao escurecimento da polpa e da redução do conteúdo de água, devido a fatores como o estádio de maturação dos frutos, em virtude da temperatura utilizada no processo de liofilização sendo esse um fator capaz de promover alterações na cor original da amostra (FERREIRA et al., 2014), por isso a menor reflexão da luz incidente em E4.

Quanto aos valores de a^* , conforme se observa na Figura 2.12A, o aumento foi mais acentuado para o pó no estádio 4, tanto para a embalagem laminada quanto para a de polietileno que indicam uma maior redução da cor verde, seguidos do pó no estádio 3 e 2 para esta mesma característica.

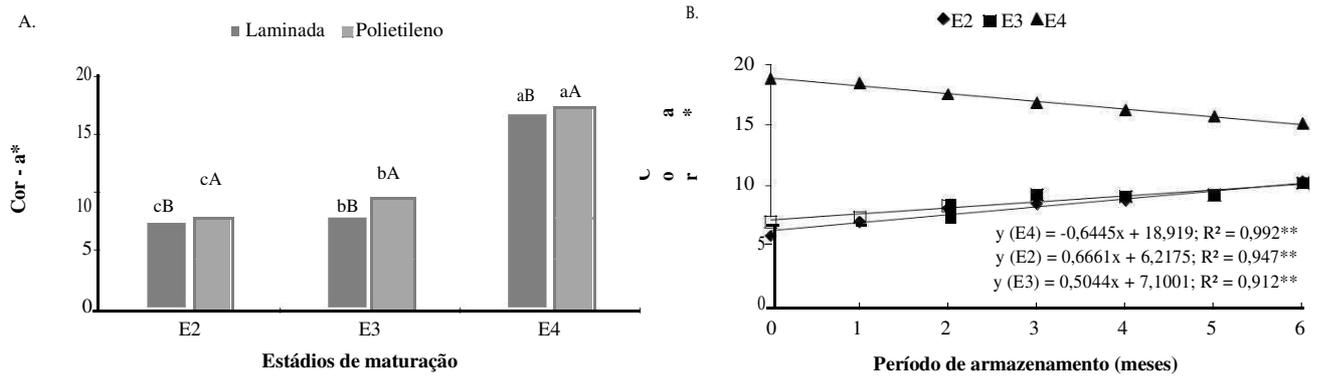


Figura 2. 12- Valores médios da Cor a* do pó de Manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A) e estágio de maturação com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estádios de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A influência da interação entre os estádios e período de armazenamento, Figura 2.12B está no fato de o valor de a* para o pó no estágio 4 ter sido decrescente com valor inicial no tempo 0 de 19 e final de 15,5. Nos estádios 2 e 3 houve aumento gradativo com valores iniciais de 5 e 6 e finais em torno de 9, respectivamente.

Para a interação embalagem com tempo de armazenamento (Tabela 2.7) tem-se a exceção do tempo 0, a embalagem de polietileno armazenou o pó da manga Ataulfo liofilizado com valores maiores para todos os tempos do armazenamento; tendo esta embalagem mantido igualdade estatística para o armazenamento do referido pó entre os tempos em que este permaneceu armazenado. Enquanto que para a embalagem laminada no tempo 1 e 5 os valores da cor foram iguais, porém estatisticamente inferiores aos registrados nos demais tempos que também não diferiram estatisticamente.

Tabela 2. 7- Médias da interação embalagens com o tempo de armazenamento para a Cor- a* do pó de manga ‘Ataulfo’ nos estádios E2, E3 e E4 de maturação.

Embalagens	Período de Armazenamento						
	0	1	2	3	4	5	6
Laminada	10,53aA	10,45bB	10,65bA	10,64bA	10,58bA	10,37bB	11,00bA
Polietileno	10,53aA	11,42aA	11,97aA	12,37aA	12,13aA	12,30aA	12,73aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ribeiro (2014) em seus estudos com armazenamento de polpa de acerola liofilizada apresentaram resultados com discreto aumento nos valores do parâmetro a* durante os 90 dias de estudo, tendo maiores valores para a embalagem plástica. Lisboa et al. (2011) obtiveram

também aumento da intensidade do vermelho no armazenamento em embalagem laminada com figo da índia em pó, e estabilidade ao final de 80 dias do armazenamento. Já Alexandre et al. (2014) observaram comportamento inverso ao trabalharem com pitanga em pó acondicionada em embalagem plástica, em que apresentou um decréscimo de intensidade vermelho de $\pm 30\%$ no final de 60 dias de armazenamento.

Galdino et al. (2016) em seu experimento com pó de figo-da-índia, desidratado em spray-dryer obtiveram redução da coordenada a^* com 35% de maltodextrina, armazenado em embalagens laminadas, a uma temperatura de 25°C e período de 40 dias. Já Oliveira et al. (2015) no pó do fruto de mandacaru, desidratado em spray dryer com 10% de maltodextrina DE (10), armazenado em embalagens laminadas, por um período de 50 dias, relataram também redução da cor a^* .

Os resultados do presente estudo deixa claro que a coordenada a^* durante o experimento apresentou valores maiores para os pós armazenados nas embalagens de polietileno até o final do experimento.

Na Figura 2.13A foi possível observar o comportamento da coordenada b^* (intensidade de amarelo) do pó de manga ‘Ataulfo’ para os estádios de maturação com as embalagens.

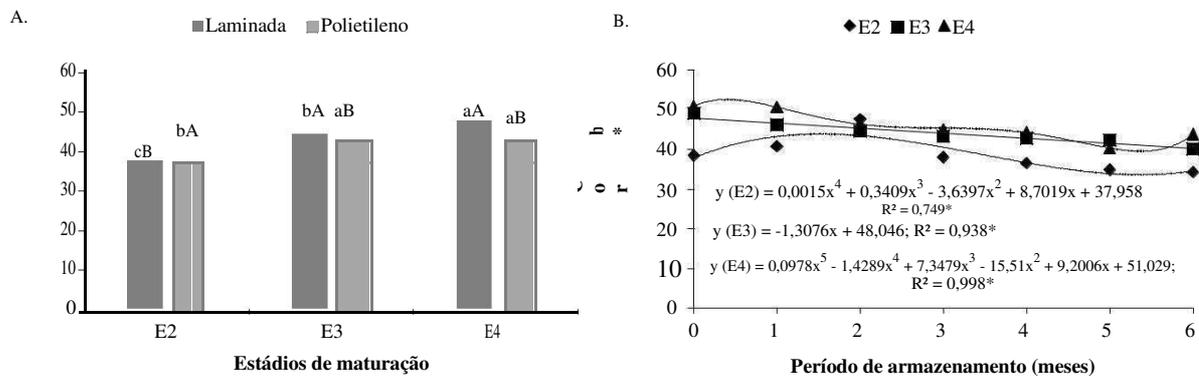


Figura 2. 13- Valores médios da Cor b^* do pó da manga ‘Ataulfo’ para a interação estágio de maturação com tipo de embalagem (A), estágio de maturação com período de armazenamento (B). Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre os estágio de maturação para um mesmo tipo de embalagem e maiúsculas para o mesmo estágio de maturação utilizando as diferentes embalagens, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda em análise a esta figura tem-se que o pó no estágio 4 apresentou maior valor da cor b^* para a embalagem laminada, entorno de 48, valor este maior quando comparado com os pós nos estádios 2 e 3 que foi de 38 e 45, respectivamente. A embalagem de polietileno dos

pós nos estádios 3 e 4 não diferiram estatisticamente entre si apresentando valor para a cor de b^* de 44. Para o pó no estádio 2 esse valor foi menor que 40.

Quanto à interação entre as duas embalagens para um mesmo estádio de maturação, houve diferença significativa entre as embalagens laminadas e de polietileno para os pós nos três estádios. A média da embalagem laminada para o estádio 2 apresentou um valor da cor b^* menor que a embalagem de polietileno de 37 e 40 respectivamente. Nos pós dos estádios 3 e 4, a embalagem laminada apresentou teor da cor b^* maior que a embalagem de polietileno.

Com relação à Figura 2.13B verifica-se que durante o período de armazenamento o pó do estádio 2 no tempo 0 ao tempo 2 apresentou aumento da cor b^* (45), no entanto no último período, tempo 6, houve uma redução da cor b^* atingindo os 37. No estádio 3, durante todo o período de armazenamento, houve redução da cor b^* com valor de 48 inicial e 41 no final do experimento. Quanto ao pó no estádio 4 houve variações com a redução, nos tempos 1 ao 5 e o aumento, no tempo 6, da cor b^* durante todo o período de armazenamento.

Galdino et al. (2016) observaram no pó de figo-da-índia desidratado em spray-dryer, adicionados de maltodextrina e armazenados em embalagem laminada, comportamento similar ao desta pesquisa, redução na coordenada b^* . Alexandre et al. (2014) no armazenamento de pitanga em pó em embalagem multifoliada com armazenamento de 60 dias, também verificaram redução no valor para a cor b^* , da tonalidade de amarelo para o pó de pitanga. Divergindo com os resultados encontrados nesse experimento, Oliveira et al. (2015) estudando a estabilidade do pó de mandacaru armazenado em embalagem laminada por um período de 50 dias relataram aumento para a cor b^* nos pós adicionados de maltodextrina.

Estes resultados só confirmam o que já vem sendo analisado durante todo o experimento que, independente do estado em que se encontra a matéria prima, seja na forma *in natura* ou liofilizada, as reações e mudanças, sejam elas de cor, de doçura, de textura dentre outras, continuam acontecendo mesmo sendo armazenadas em embalagens apropriadas.

A microscopia eletrônica de varredura é uma ferramenta muito utilizada nos experimentos por permitir avaliar as características morfológicas de extratos pós, quanto à presença de grânulos, formato, tamanho, e até mesmo poder analisar alguma descaracterização do material decorrente do processo de liofilização.

Através da Figura 2.14 é possível perceber as estruturas dos pós da manga ‘Ataulfo’ em cada um dos seus estádios de maturação.

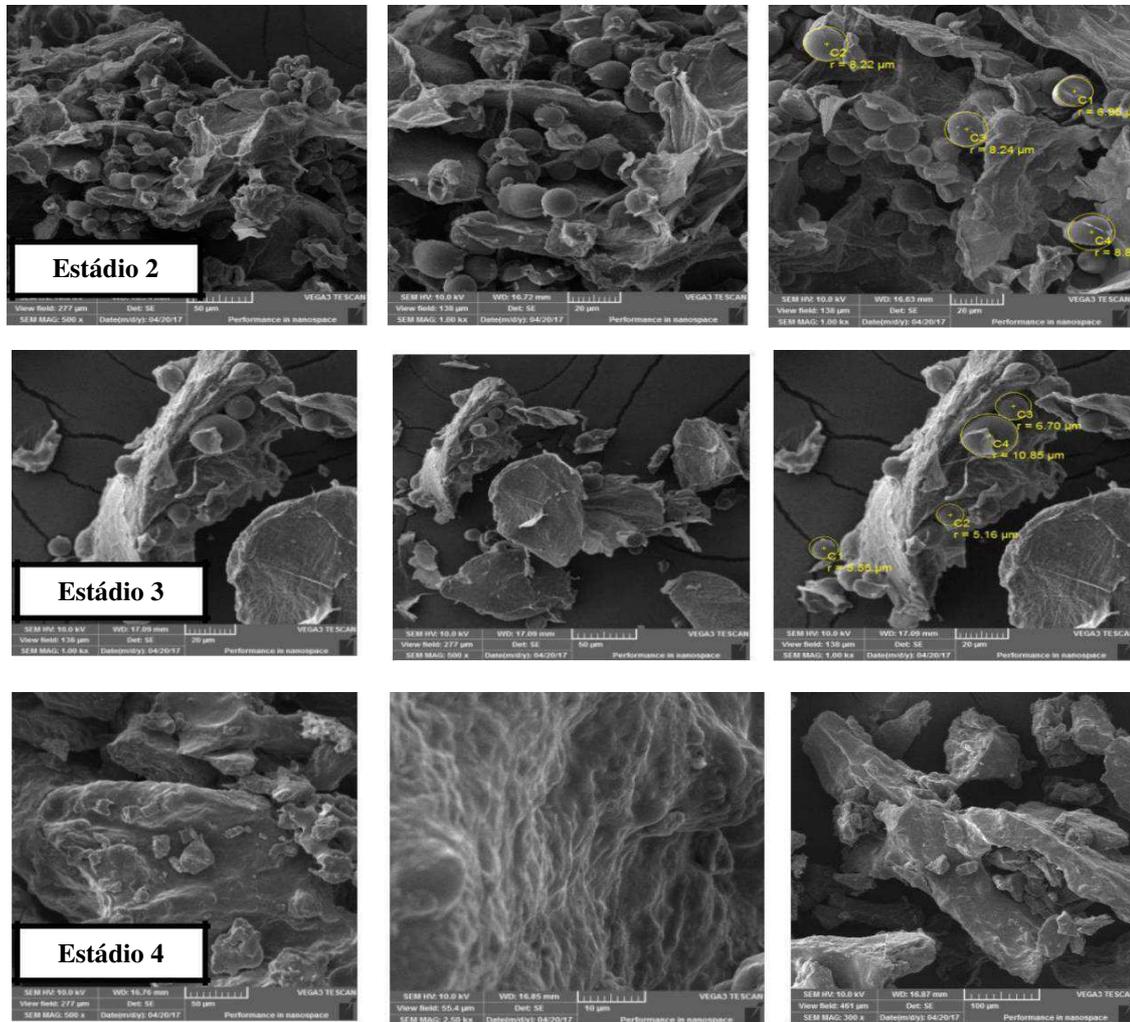


Figura 2. 14- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do pó integral de manga ‘Ataulfo’ em diferentes estádios de maturação desidratados em liofilizador.

Através da análise com o MEV as características morfológicas apresentadas na Figura 2.14, para o pó no estágio 2, há predomínio de formas arredondadas com superfície lisa de diferentes tamanhos. Estas estruturas também aparecem no pó do estágio 3, porém em quantidades menores. Freitas e Tavares (2005) em seu trabalho com amido extraído de bananas verdes encontraram estruturas ovais e arredondadas. Izidoro et al. (2007) que analisaram a morfologia dos grânulos de amido da banana verde cultivar *Musa Cavendishi* apresentaram, estruturas de formatos achatados e alongados enquanto que os pequenos se apresentaram nas formas arredondadas e ovais. Cavalcante Mata et al. (2005) em seus estudos sobre o microencapsulamento do umbu em pó, também observaram partículas com aspecto

enrugado, de formato côncavo, ovalados, semelhante ao resultado encontrado neste estudo para o pó integral de polpa de manga.

Paro o pó do estágio 4, estas formas geométricas aparentam ter se encorpado as estruturas da amostra. Tais estruturas foram também observadas no trabalho de Alves et al. (2008) que observaram a estabilidade das microestruturas de pequi liofilizados, visualizando estruturas sem repetição de formas geométricas, de faces planas comumente encontrados em produtos liofilizados. Imagem semelhante à encontrada no pó do estágio 4.

Borrmann et al. (2013) também observaram a formação de microesferas típicas, em diferentes tamanhos para o suco de maracujá adicionado de amido, desidratado por aspersão, com temperatura de entrada de 180 °C.

Diante das imagens obtidas pela análise de microscopia eletrônica de varredura dos pós nos estádios 2 e 3 pode-se observar que os grânulos arredondados encontrados no trabalho apresentaram característica bastante semelhantes a moléculas de amido também encontrados em outros trabalhos presente na literatura. No entanto, outras pesquisas devem ser feitas a fim de confirmar estes resultados.

5.4 Conclusões

- Os resultados permitiram examinar diferenças físicas e físico-químicas dos pós de polpa de manga ‘Ataulfo’ em três diferentes estádios de maturação;
- O processo de liofilização da polpa integral da manga ‘Ataulfo’ é eficiente e eficaz na desidratação dessa fruta;
- O pó da manga ‘Ataulfo’, obtido por liofilização, é morfologicamente de superfície lisa, organizada e formato esférico.
- A análise morfológica dos pós liofilizados da manga ‘Ataulfo’ não revelou grandes mudanças em suas microestruturas.
- Os pós liofilizados da manga ‘Ataulfo’ mantiveram algumas características durante o período de armazenamento nos dois tipos de embalagens (laminada e polietileno) estudadas, com destaque para a laminada que preservou com eficácia as propriedades físico-

químicas: atividade de água, umidade, cor (L^* , a^* e b^*), sólidos solúveis, pH, vitamina C e acidez total titulável, mostrando-se ser mais eficiente.

Referências

- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.
- ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryoca brasiliense* Camb.) liofilizada. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.4, p. 830-839. out.-dez.2008.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (Ed.) **Seed vigor testing handbook**. Contrib. n.32 to the Handbook on seed testing. 1983. 88p
- ARAÚJO, A. L. M. **Polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) desidratada por liofilização e secagem em leito de jorro: caracterização físico-química e funcional e impacto da secagem**. Dissertação (Mestrado em engenharia Química)
- BATISTA, P. F. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas produzidas no Submédio do Vale do São Francisco**. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia. Área de Concentração: Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2010.
- BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v.58, p.278-283, 2011
- BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder technology**, v. 266, p. 354-364, 2014.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. Livraria Varela, São Paulo: SP, 3 ed., p. 5 – 6, 2001.
- BORRMANN, D.; PIERUCCI, A. P. T. R.; LEITE, S. G. F.; LEÃO, M. H. M. R. Microencapsulation of passion fruit (*Passiflora*) juice with n-octenylsuccinate-derivatised starch using spray-drying. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 23–27, 2013.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding. **Analytical Biochemistry**. 72: 246-254, 1976.
- BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 272, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o “Regulamento Técnico para produtos

de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.

CANO-CHAUCA, M.; 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 & Emerging Technologies**, v. 5, n. 4, p. 420–428, 2005.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALSEMO, G. C. S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, M. A.; CAVALCANTI, A. S. R. DE R. M.; OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, v.7, n.2, p.165-172, 2005.

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, 2012.

COSTA, J. N.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; COSTA, M. L. G.; CONSTANT, P. B. L.; SOARES, D. J.. Study of the stability of passion fruit powder (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) from organic farming. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 705-716, 2013.

COSTA, L. O. **Obtenção de polpa de manga em pó pelo processo de liofilização**. 2017. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Ceará- CE, 2017.

ENDO, E; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

FAVERO, L. A. (Org.). A cultura da manga no São Francisco: posicionamento, limites, oportunidades e ações estratégicas. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 602p, 2006.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M.; Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, abr./jun. 2012

FERREIRA, A. P. R. et al. **Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ. Florianópolis – SC, 19 a 22 de out. 2014.

FOOD INGREDIENTS BRASIL – FIB. **Dossiê alimentos desidratados**. n. 26. 2013.

FRANCISONI, A. D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M. DE; BORGES, S. V.; GAY, J. Influência da concentração de maltodextrina e velocidade de atomização sobre as propriedades físicas do suco de maracujá desidratado. In: Congresso Brasileiro de Ciência

e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre: SBCTA, CD., 2002.**

FREITAS, M.C.J; TAVARES, D.Q.Caracterização de grânulos de amido de bananas (Musa AAA-Nanicção e Musa AAB-Terra). **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** 25, 217-222, 2005.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M.; QUEIROZ, A. J. D. M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. D. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 169-173, 2016.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate Innovative. **Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 342–351, 2010.

GUSMÃO, R. P.; GUSMÃO, T. A. S.; SANTOS, R.; FILHO, F.; AOUAR, A. A. E. Efeito da secagem convectiva no conteúdo de carotenóides totais e atividade de água da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* mill). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.16, n.2, p.205-212, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo, 1020p, 2008.

IZIDORO, D.R., JUNIOR, B.D., HAMINIUK, C.W.I., SIERAKOWSKI, M.R., FREITAS, R.J.S., SCHEER, A.P., (2007). Granules morphology and rheological behaviour of starch gels, green banana (*Musa cavendishii*) and maize (*Zea mays*). **Revista Agrotecnológica de Lavras** 31 (5), 1443–1448.

LISBÔA, C. G. C; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 216-221, 2012

LINS, A. D. F; ROCHA, A. P. T; GOMES, J. P; FEITOSA, R. M; ARAUJO, G. T; SANTOS, D. C. Adsorption isotherms of the red mombin powder produced in spouted bed dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.8, p.562-567, 2017.

LINS, A. D. F. **Estabilidade dos compostos bioativos da polpa de seriguela em pó obtida por secagem em leito de jorro.** 2016, 115f- Dissertação. (Área de Concentração: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas), Universidade Federal de Campina Grande- Campina Grande, 2016.

LOUREIRO, M. N. et al. Armazenamento de buriti em pó: efeito embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1092 - 1100,sept./oct. 2013.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T. Freeze-drying characteristics of tropical fruits. **Drying Technology**, v.24, p.457-463, 2006.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008, 255f- Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2008. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1093–1098, 2013.

MEDLICOTT, A. P. et al. Measurement of color changes in ripening bababas na mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. **Tropical Agriculture**. Trinidad, v. 69, n.2, p. 161-166, 1992.

MOREIRA, J. S. A. et al. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 26 - 32, abr./jun., 2011.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E.; AFONSO, M. R.; COSTA, J. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1093-1098, 2013.

MOURA, S. M. **Estabilidade da acerola em pó oriunda de cultivo orgânico**. 2010. 112 f. Dissertação [Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos] – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

NREL - **National Renewable Energy Labotory**. Chemical Analysis and Testing Task Laboratory Analytical Procedure HPLC LAP-014 Dilute Acid Hydrolysis Procedure for Determination of Total Sugars in the Liquid Fraction of Process Samples, 2008.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

OLIVEIRA, G. S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Centro de ciências agrárias, Departamento de tecnologia de Alimentos, Programa de Pós- graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE.

OLIVEIRA, M. I. S.; TONON R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, L. M. C.; Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Food Technology**, v.16, n.4, p.310-318, 2013.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059-1064, 2014.

OLIVEIRA, A. S. et al. Estabilidade da polpa do Cereus jamacaru em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p 147 - 153, 2015.

RAHMAN, S. **Food Properties Handbook**. CRC Press, 2008.

RIBEIRO, L. C. **Produção de acerola em pó: métodos de secagem e avaliação da estabilidade.** 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ROCHA, E. M. F. F. et al. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 646 - 651, 2014.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, G. T. Características físico-químicas da polpa de caju em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. In: Congresso Iberico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, 7, **Anais...**Madrid, p.26-29 Agosto 2013.

SANTOS, A. A. C. et al. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 508 - 514, jul./set., 2014.

SCHUBERT, H. Processing and properties of instant powdered foods. In: LINKO, P.; MÄLKKI, Y., et al (Ed.). **Food Process Engineering**. London: Elsevier Applied Science Publishers Ltda: p .657–684, 1980.

SILVA, I. **Ataulfo**. Disponível em: <<http://www.openfruit.com.br/?sessao=home>>. Acesso em 10 Set. 2017.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing Environment**. v. 81: 337-354, 2002.

SOUSA, S. L.; MORAIS, B. A. D.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J Stability of cashew apple juice in powder dehydrated in spouted bed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 678-682, 2016.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados.** Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

ZEA, L. O.; YUSOF, Y. A.; AZIZ, M. G.; LING, C. N.; AMIN, N. A. M. Compressibility and dissolution characteristic of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders. **Powder Technology**, v. 247, p. 112- 119, 2013.

XIE, L.; YE, X.; LIU, D.; YING, Y. Prediction of titratable acidity, malic acid, and citric acid in bayberry fruit by near-infrared spectroscopy. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2198-2204, 2011.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os parâmetros físicos e físico-químicos como os sólidos solúveis, pH, acidez, vitamina C juntamente com o Índice DA foram os que melhor caracterizaram a maturação dos frutos;
- O uso da embalagem laminada conseguiu preservar as características físico-químicas dos pós durante o armazenamento;
- Os pós da polpa da manga ‘Ataulfo’ nos estádios 2, 3 e 4 de maturação podem ser utilizados na elaboração de diversos produtos da indústria alimentícia, mediante o teste de aceitação por parte do consumidor, por ser um produto integral;
- Esse estudo valoriza uma variedade de manga ainda pouco estudada e utilizada no Brasil, sendo um trabalho relevante para caracterização da manga ‘Ataulfo’, podendo ser referência para outras pesquisas desenvolvidas com este mesmo fruto.