



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

THAYANE RABELO BRAGA

**EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS: DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA ASSISTIDA
COM ULTRASSOM E LUZ ULTRAVIOLETA PULSADA NA SECAGEM E
QUALIDADE DA MANGA**

FORTALEZA

2016

THAYANE RABELO BRAGA

**EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS: DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA ASSISTIDA
COM ULTRASSOM E LUZ ULTRAVIOLETA PULSADA NA SECAGEM E
QUALIDADE DA MANGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Química. Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

Coorientador: Prof. Dr. Ebenézer de Oliveira Silva

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B796e Braga, Thayane Rabelo.
Efeito de pré-tratamentos : desidratação osmótica assistida com ultrassom e luz ultravioleta pulsada na secagem e qualidade da manga / Thayane Rabelo Braga. – 2016.
147 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

Coorientação: Prof. Dr. Ebenézer de Oliveira Silva.

1. Ultrassom. 2. Luz ultravioleta. 3. Manga. I. Título.

CDD 660

THAYANE RABELO BRAGA

**EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS: DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA ASSISTIDA
COM ULTRASSOM E LUZ ULTRAVIOLETA PULSADA NA SECAGEM E
QUALIDADE DA MANGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Química. Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Aprovada em: 21/06/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes
(Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Ebenézer de Oliveira Silva
Embrapa Agroindústria Tropical

Dr. Edy Sousa de Brito
Embrapa Agroindústria Tropical

Dedico este trabalho a Deus que é a base da minha vida, aos meus pais Irene e Raimundo por me incentivarem sempre e acreditarem em mim e ao meu noivo pelo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu guia, a base da minha vida, o qual agradeço diariamente pelas bênçãos em minha vida, e por me sentir protegida e guiado por ele.

Ao Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes, pela excelente orientação, atenção, paciência, sempre disposto a ajudar da melhor maneira, agradeço por ter confiado em meu trabalho.

Aos doutores participantes da banca examinadora Ebenézer de Oliveira Silva e Edy Sousa de Brito, pelas colaborações e sugestões.

Aos professores do departamento da Engenharia Química, pelos ensinamentos necessários para o título de mestre, em especial o professor Hosiberto, o qual tenho admiração, principalmente pelas palavras de incentivo e críticas construtivas.

Aos professores de graduação do departamento de Tecnologia de Alimentos, aos quais agradeço pelos ensinamentos para minha carreira, em especial a professora Lucicléia Barros, a qual me identifico por seu carisma e amor pela docência.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, dicas, auxílios e companhia nos momentos difíceis durante as disciplinas teóricas, em especial a Erika Patrícia, que sempre me ajudou em tudo, com suas palavras e atitudes.

Aos meus familiares, tias, primos, ao meu irmão Thiago Rabelo e minha avó que sempre torceram por mim, em especial meu pai, Irene e Raimundo aos quais sempre se orgulharam de mim e acreditaram no meu potencial, e pelo principal sentimento o amor.

Meu noivo Luís Anderson pela companhia, carinho e confiança em todos os momentos necessários.

Aos amigos que a vida me presenteou: Anderson, Islane, Lidiane, Darline, Daiane, Gabriela, Sabine e Edjane os quais dividiram comigo as alegrias e as preocupações da vida acadêmica, profissional e pessoal, sempre dando o apoio necessário.

A Embrapa pela disponibilização para uma parte do experimento, com ótimas condições e estrutura, através do meu coorientador Ebenézer de Oliveira Silva, o qual agradeço muito pela orientação desde a iniciação científica, pelas palavras de incentivo e por sempre ter me ajudado de todas as maneiras. Também agradeço aos amigos que fiz nessa empresa, Marcia Régia, Oiram, Aline, Laiane e Cibele pelas contribuições e incentivo, em especial a Milena Maria, uma amiga que tenho certeza que será para toda a vida, a qual

sempre me apoiou com pensamentos positivos e me ensinou muito com sua dedicação e disciplina, se tornando um exemplo para mim, principalmente na vida acadêmica.

Aos amigos parceiros do laboratório (NADP) onde foi realizada a maior parte da pesquisa, agradeço pela ótima convivência e contribuições no decorrer do período do mestrado, em especial aos mais próximos: Valéria Oliveira, Valéria Melo, Márcia Gabriely, Oscar e Dayane, os quais dividiram comigo ótimos momentos.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de crescimento e aprendizado durante anos, desde a graduação, e pela oportunidade de fazer parte deste programa de pós-graduação.

Aos amigos da graduação que convivi por um bom período de alegrias e emoções, os quais vou levar para a toda a vida, em especial: Ana Laryssa, Taynná, Rebeca, Carol, Geisiane, Natasha, Nayra, Ana Paula, Kamila, Bruno, Felipe e Tiago.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que colaboraram indiretamente para a realização deste trabalho.

*“Crê em ti mesmo, age e verás os resultados.
Quando ti esforças, a vida também se esforça
para te ajudar ” (Chico Xavier)*

RESUMO

O Brasil é um país que se destaca na fruticultura, principalmente na exportação de algumas frutas, como a manga, que é apreciada pelos consumidores por suas características sensoriais e nutricionais. Porém, é comum as frutas sofrerem perdas relacionadas a qualidade nutricional ou deterioração por microrganismos, portanto métodos de conservação são utilizados para aumentar a vida útil e agregar valor ao produto. A secagem, juntamente com pré-tratamentos podem atuar na preservação da qualidade nutricional e auxiliar na perda de água (utilizando a desidratação osmótica) para reduzir o tempo de secagem. O ultrassom (US) e a luz ultravioleta pulsada (UV-p) são tecnologias que podem afetar a composição dos alimentos tanto de forma positiva ou negativa. Diante do contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de pré-tratamentos (desidratação osmótica assistida com ultrassom ou luz ultravioleta pulsada) na secagem e conservação dos nutrientes da manga. Os frutos foram separados em amostras controle (manga in natura), amostras desidratadas sem pré-tratamentos e amostras que foram submetidas a cinco tempos de ultrassom (5, 10, 20, 30 e 40 minutos) e quatro diferentes concentrações de soluções osmóticas (0, 12, 25 e 50°Brix), para a luz ultravioleta pulsada as amostras foram submetidas a cinco dosagens de radiação e por fim foram desidratadas em estufa a 60°C. Foram realizadas avaliações de parâmetros da cor, variação de umidade, variação de sólidos, difusividade da água, tempo para redução de 90% da água inicial, extravasamento de eletrólitos, atividade enzimática (polifenoloxidase - PPO, peroxidase - POD, pectinametilesterase - PME e ascorbato oxidase - PAX), peróxido de hidrogênio, vitaminas hidrossolúveis (B1, B2, B3, B5, B6 e C) e lipossolúveis (A, D e E), pigmentos (carotenoides e β -caroteno), compostos fenólicos e capacidade antioxidante (DPPH). Os parâmetros de cor das amostras submetidas aos pré-tratamentos em estudo, apresentaram redução apenas quando comparados com a amostra in natura. O Ultrassom e a luz ultravioleta não influenciaram na mudança da cor da manga quanto ao tratamento térmico. A desidratação osmótica assistida com ultrassom e a luz ultravioleta pulsada são pré-tratamentos à secagem que auxiliam na maior perda de água e com isso reduzem o tempo de secagem. A utilização do ultrassom e da luz ultravioleta pulsada foi considerada eficaz na inativação das enzimas polifenoloxidase e ascorbato oxidase na maioria das condições de tratamentos utilizadas. As vitaminas B e C foram degradadas com o uso dos pré-tratamentos. E essa degradação teve maior influência com o processo de secagem, portanto essas

tecnologias são indicadas para minimizar as perdas de vitaminas B1, B2, B3, B5 e C, assim como os pigmentos carotenoides e β -caroteno, diferente das vitaminas B6, A, D e E, as quais obtiveram perdas com o uso de sonicação e radiação com a luz UV-p. Com o uso desses pré-tratamentos a quantidade de peróxido de hidrogênio foi aumentada, e com isso a capacidade antioxidante e os fenólicos também apresentaram aumento para algumas condições de processo.

Palavras-chave: Ultrassom. Luz Ultravioleta. Manga. Secagem. Qualidade.

ABSTRACT

Brazil is a country that stands out in fruit production, mainly in the export of some fruits, such as mango, which is appreciated by consumers for their sensory and nutritional characteristics. However so conservation methods are used to increase the shelf life of the product and add value, such as drying, along with pre-treatments that can act in preserving nutritional quality and aid in water loss (using osmotic dehydration) to reduce the drying time. Ultrasound and pulsed ultraviolet light are technologies that can affect the composition of foods either positively or negatively. On the context, the aim of this study was to evaluate the effect of pretreatment (dehydration using ultrasound and pulsed ultraviolet light) on the drying and preservation of quality of nutrients of dehydrated mango cubes. The samples were dried in an oven at 60 ° C, separated in control samples (in natural mango), but without dehydrated sample pre-treatments and specimens were subjected to ultrasound five times and four different concentrations of osmotic solutions. For the pulsed ultraviolet light, the samples were submitted to five radiation dosages. Color parameter assessments were performed, moisture variation, solid variation, water diffusivity, time to 90% reduction of water, electrolyte leakage, enzyme activity (PPO, POD, PME and PAX), hydrogen peroxide, vitamins water soluble (B1, B2, B3, B5, B6, and C) and soluble (A, D and E), pigments (carotenoids and β -carotene), phenolics and antioxidant activity (DPPH method). The use of ultrasound and pulsed ultraviolet light was effective in the inactivation of polyphenol oxidase and ascorbate oxidase enzyme treatments used in most conditions. Using these pre-treatments the amount of hydrogen peroxide was increased, and thus the antioxidant capacity and phenolics also showed an increase for some process conditions. Vitamins B and C were degraded with the use of pre-treatments, but this degradation had a greater influence on the drying process, and therefore these technologies are set to minimize the loss of vitamins B1, B2, B3, B5 and C, as well as carotenoids β -carotene, and pigments. Other B6 vitamins A, D and E. which losses obtained with the use of sonication and p UV-radiation. For the color parameters of the samples subjected to pre-treatments on study, decreased only when compared with the sample in nature. Ultrasound and ultraviolet light does not influence the color change of the sleeve as heat treatment. Osmotic dehydration is indicated as pre-drying treatment with ultrasound, since it helps in further loss of water, as well as ultraviolet light. What are not thermal technologies which favor an increase in water diffusivity, and thus can

be suitable for reducing the drying time.

Keywords: Ultrasound. UV light. Mango. Drying. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Curva padrão de secagem.....	35
Figura 2- Fenômeno da Cavitação.....	39
Figura 3- Espectro da luz ultravioleta.....	41
Figura 4- Fluxograma geral do experimento.....	61
Figura 5- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima polifenoloxidase (PPO) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 5(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima polifenoloxidase (PPO) em diferentes intensidades de energia (pulsos)	80
Figura 6- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima peroxidase (POD) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 6(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima peroxidase (POD) em diferentes intensidades de energia (pulsos)	83
Figura 7- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima Ascorbato oxidase (PAX) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 7(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima Ascorbato oxidase (PAX) em diferentes intensidades de energia (pulsos).....	85
Figura 8- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima Pectinametilesterase (PME) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 8(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima Pectinametilesterase (PME) em diferentes intensidades de energia (pulsos).....	87
Figura 9 – 9 (A) Quantidade Relativa* de Vitaminas B1 e B2 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 9(B) Quantidade Relativa de Vitaminas B1 e B2 tendo como referência a amostra desidratada	

e sem ultrassom. 9(C) Quantidade Relativa de Vitaminas B1 e B2 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 9(D) Quantidade Relativa de Vitaminas B1 e B2 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....93

Figura 10 – 10(A) Quantidade Relativa* de Vitamina B3 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 10 (B) Quantidade Relativa de Vitamina B3 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 10(C) Quantidade Relativa de Vitamina B3 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 10(D) Quantidade Relativa de Vitamina B3 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....94

Figura 11 – 11 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina B5 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 11(B) Quantidade Relativa de Vitamina B5 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 11(C) Quantidade Relativa de Vitamina B5 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 11(D) Quantidade Relativa de Vitamina B5 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....95

Figura 12 – 12 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina B6 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 12(B) Quantidade Relativa de Vitamina B6 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 12(C) Quantidade Relativa de Vitamina B6 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 12(D) Quantidade Relativa de Vitamina B6 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina100

Figura 13 – 13 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina C de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 13 (B)

Quantidade Relativa de Vitamina C tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 13 (C) Quantidade Relativa de Vitamina C de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 13 (D) Quantidade Relativa de Vitamina C com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....104

Figura 14 – 14 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina A de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 14(B) Quantidade Relativa de Vitamina C tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....107

Figura 15 – 15 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina D de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 15(B) Quantidade Relativa de Vitamina D tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....108

Figura 16 – 16 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina E de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 16(B) Quantidade Relativa de Vitamina E tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....109

Figura 17 – 17 (A) Quantidade Relativa* de Carotenoides de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 17(B) Quantidade Relativa de Carotenoides tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 17(C) Quantidade Relativa de Carotenoides de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 17(D) Quantidade Relativa de Carotenoides com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....114

Figura 18 – 18 (A) Quantidade Relativa* de β -Caroteno de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 18(B) Quantidade Relativa de β -Caroteno tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 18(C) Quantidade Relativa de β -Caroteno de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 18(D) Quantidade Relativa de β -Caroteno com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.....117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química da manga.....	33
Tabela 2 - Efeito do ultrassom em diferentes tempos e desidratação osmótica na variação de umidade e variação de sólidos.....	62
Tabela 3 - Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na variação de umidade de cubos de manga desidratados.....	63
Tabela 4 - Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na variação de sólidos de cubos de manga desidratados.....	66
Tabela 5 - Efeito da luz ultravioleta pulsada com diferentes doses de radiação na variação de umidade e variação de sólidos.....	68
Tabela 6 - Parâmetros do modelo da difusividade de acordo com a equação de Page.....	69
Tabela 7- Tempo (minutos) necessário para remover 90% do teor de água da manga inicial quando submetida ao pré-tratamento de Ultrassom e desidratação osmótica.....	72
Tabela 8 - Tempo (minutos) necessário para remover 90% do teor de água da manga inicial quando submetida ao pré-tratamento da luz ultravioleta pulsada.....	73
Tabela 9 - Efeito da aplicação de ultrassom, em diferentes tempos e soluções osmóticas, sobre a cor da manga ao final da secagem	74

Tabela 10 - Efeito da aplicação da luz ultravioleta pulsada, em diferentes tempos e soluções osmóticas, sobre a cor da manga ao final da secagem.....	76
Tabela 11 - Extravasamento de eletrólitos de amostras submetidas a tempos de ultrassom em diferentes soluções osmóticas.....	77
Tabela 12 - Extravasamento de eletrólitos de amostras submetidas a luz ultravioleta pulsada.....	78
Tabela 13 - Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom no extravasamento de eletrólitos de cubos de manga desidratados.....	79
Tabela 14 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima polifenoloxidase (PPO) de cubos de manga desidratados.....	80
Tabela 15 – Análise estatística da enzima Polifenoloxidase (PPO) de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	81
Tabela 16 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima peroxidase (POD) de cubos de manga desidratados.....	83
Tabela 17– Análise estatística da enzima Peroxidase de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	84
Tabela 18 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima ascorbato oxidase (PAX) de cubos de manga desidratados.....	86
Tabela 19 – Análise estatística da enzima Ascorbato Oxidase de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	86
Tabela 20 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima pectinametilesterase (PME) de cubos de manga desidratados.....	87

Tabela 21 – Análise estatística da enzima Pectinametilesterase de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	88
Tabela 22 – Peróxido de Hidrogênio de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento com ultrassom e desidratação osmótica.....	89
Tabela 23 – Peróxido de Hidrogênio de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	91
Tabela 24 - Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom no peróxido de hidrogênio de cubos de manga desidratados.....	91
Tabela 25 - Análise estatística do peróxido de hidrogênio de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	92
Tabela 26 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B1 e B2 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	96
Tabela 27 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B3 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	97
Tabela 28 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B1 e B2 (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	97
Tabela 29 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B3 (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	98

Tabela 30 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B5 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	99
Tabela 31 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B5 (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	99
Tabela 32 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B6 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	101
Tabela 33 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B6 (amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	102
Tabela 34 – Análise estatística da quantidade relativa de vitaminas B1, B2, B3, B4, B5 e B6 tendo como referência manga in natura de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	102
Tabela 35 – Análise estatística da quantidade relativa de vitaminas B1, B2, B3, B4, B5 e B6 tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de manga submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	103
Tabela 36 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina C (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	105
Tabela 37 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina C (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	105

Tabela 38 – Análise estatística da quantidade relativa de vitamina C tendo como referência manga in natura de cubos de manga submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.	106
Tabela 39 – Análise estatística da quantidade relativa de vitamina C tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de manga submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.	106
Tabela 40 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina A (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	110
Tabela 41– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina A (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	110
Tabela 42 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina D (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	111
Tabela 43 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina D (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	111
Tabela 44 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina E (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	112
Tabela 45 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina E (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	112

Tabela 46 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de carotenoides (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	115
Tabela 47 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de carotenoides (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	116
Tabela 48 – Análise estatística da quantidade relativa de carotenoides tendo como referência manga in natura de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	116
Tabela 49 – Análise estatística da quantidade relativa de carotenoides tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de manga submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	116
Tabela 50 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de β -caroteno (referência in natura) de cubos de manga desidratados.....	118
Tabela 51 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de β -caroteno (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.....	119
Tabela 52 – Análise estatística da quantidade relativa de β -caroteno tendo como referência manga in natura de cubos de manga submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.	119
Tabela 53 – Análise estatística da quantidade relativa de β -caroteno tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de manga submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.	120

Tabela 54 - Compostos Fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS e DPPH de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento com ultrassom e desidratação osmótica.....	121
Tabela 55 – Compostos Fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS e DPPH de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento de luz ultravioleta pulsada.....	122
Tabela 56 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom nos compostos fenólicos de cubos de manga desidratados.....	124
Tabela 57 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom nos antioxidantes (método DPPH) de cubos de manga desidratados.....	124
Tabela 58 – Análise estatística de compostos fenólicos de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	125
Tabela 59 – Análise estatística da capacidade antioxidante (método DPPH) de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Min Minutos

% Por cento

US Ultrassom

UV Ultravioleta

UV-p Ultravioleta Pulsada

PPO Polifenoloxidase

POD Peroxidase

PAX Ascorbato Oxidase

PME Pectinametilesterase

Vit Vitamina

Abs absorvância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	28
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	32
2.1	Manga.....	32
2.2	Secagem Convectiva.....	33
2.3	Pré-tratamentos.....	36
2.3.1	<i>Desidratação Osmótica</i>	36
2.3.2	<i>Ultrassom</i>	37
2.3.3	<i>Luz Ultravioleta Pulsada</i>	39
2.4	Colorimetria.....	41
2.5	Atividade Enzimática.....	42
2.5.1	<i>Polifenoloxidase</i>	42
2.5.2	<i>Peroxidase</i>	43
2.5.3	<i>Pectinametilesterase</i>	43
2.6	Vitaminas.....	45
2.6.1	<i>Vitaminas Lipossolúveis A, E, D</i>	47
2.6.2	<i>Vitaminas Hidrossolúveis B1, B2, B3, B5, B6</i>	48
2.7	Antioxidantes.....	49
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
3.1	Preparação das amostras.....	52
3.2	Desidratação Osmótica.....	52
3.3	Pré-tratamento com o Ultrassom.....	52
3.4	Pré-tratamento com Luz Ultravioleta Pulsada.....	53
3.5	Secagem	53
3.6	Determinação da Cor	54

3.7	Extravasamento de Eletrólitos.....	55
3.8	Análises de Atividade Enzimática.....	55
3.8.1	<i>Enzima Polifenoloxidase (PPO)</i>	55
3.8.2	<i>Enzima Peroxidase (POD)</i>	56
3.8.3	<i>Enzima Ascorbato Oxidase (PAX)</i>	56
3.8.4	<i>Enzima Pectinametilesterase (PME).....</i>	56
3.9	Peróxido de Hidrogênio.....	57
3.10	Vitaminas.....	57
3.10.1	<i>Vitaminas B.....</i>	57
3.10.2	<i>Vitamina C.....</i>	58
3.10.3	<i>Vitaminas A, D e E.....</i>	58
3.11	Pigmentos (Carotenoides e β-caroteno).....	59
3.12	Antioxidantes.....	59
3.12.1	<i>Compostos Fenólicos.....</i>	59
3.12.2	<i>Capacidade Antioxidante (método DPPH)</i>	60
3.13	Análise Estatística.....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4.1	Secagem.....	62
4.1.1	<i>Variação de umidade.....</i>	62
4.1.2	<i>Variação de Sólidos.....</i>	65
4.1.3	<i>Difusividade.....</i>	68
4.1.4	<i>Tempo para redução de 90% de água.....</i>	72
4.2	Colorimetria.....	74
4.3	Extravasamento de Eletrólitos.....	77
4.4	Atividade Enzimática.....	79
4.4.1	<i>Polifenoloxidase (PPO)</i>	79

4.4.2	<i>Peroxidase (POD)</i>	81
4.4.3	<i>Ascorbato Oxidase (PAX)</i>	84
4.4.4	<i>Pectinametilesterase (PME)</i>	86
4.5	Peróxido de Hidrogênio	89
4.6	Vitaminas	92
4.6.1	<i>Vitaminas do complexo B</i>	92
4.6.2	<i>Vitamina C</i>	103
4.6.3	<i>Vitaminas lipossolúveis (A, D, E)</i>	107
4.7	Pigmentos	113
4.7.1	<i>Carotenoides</i>	117
4.7.2	<i>β-Caroteno</i>	117
4.8	Antioxidantes	120
5	CONCLUSÃO	126
	REFERÊNCIAS	127

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de frutas frescas tem apresentado um crescimento devido uma maior demanda por produtos de qualidade (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2013). Os principais fatores que podem ter contribuído estão relacionados com a urbanização, a elevação da renda dos consumidores e melhores níveis de educação (AZEVEDO *et al.*, 2008). Segundo o Anuário Brasileiro da Fruticultura (2015) o mundo produz mais de 800 milhões de toneladas de frutas e o Brasil é o terceiro colocado no ranking de produção, perdendo apenas para China e Índia.

A fruticultura neste país se destaca na economia do setor do agronegócio nacional, sendo gerador de fonte de renda, emprego e desenvolvimento rural. Dentre as principais frutas produzidas estão banana, maçã, uva, melão, manga e abacaxi, e para contribuir com o aumento nos níveis de produção, para todas as variedades há uma expansão de áreas e melhorias no sistema de produção (OCDEFAO, 2015).

De acordo com a tabela do volume de exportações brasileiras de frutas frescas em 2014, o primeiro lugar ficou com o melão (196 milhões e 850 mil toneladas) e em segundo lugar, a manga (133 milhões e 33 mil toneladas), mas em relação ao valor da receita, a manga obteve US\$ 163 milhões e 727mil, superando o melão com US\$ 151 milhões e 815 mil (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

A manga é um fruto climatérico, fonte de carboidratos, fibras, antioxidantes, tendo assim importância na alimentação e comercialização em muitos países (PÉREZ *et al.*, 2011), também apresenta cor brilhante, sabor agradável e valor nutritivo considerando as vitaminas (BERNARDI *et al.*, 2009; TOREZAN *et al.*, 2007). De acordo com o último levantamento do IBGE, a banana é a fruta mais consumida no país, além dela a laranja, uva e manga são também requisitadas (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Porém, ocorrem grandes perdas da manga durante o período pós-colheita, que vai desde o campo até a chegada ao consumidor final, devido a falta de manuseio e processamento adequado, apresentando índices de perdas cerca de 28 % por ano, dados do Anuário Brasileiro da Fruticultura (2015).

A maioria dos frutos além de frágeis, são perecíveis, podendo apresentar mecanismos de degradação em poucos dias causando assim rejeição e dificultando a comercialização, por isso a desidratação de frutas é um mercado promissor, podendo minimizar as perdas do fruto in natura, melhorar a renda dos produtores e agregar valor aos produtos elaborados (MACHADO, 2008). Então a industrialização surge como alternativa para reduzir as perdas, em algumas situações como: no pico da safra quando alcançam menores preços devido o excesso de oferta, por uma grande disponibilidade de frutos no mercado devido a alta produção, fazendo com que seja desperdiçado e também pela concorrência de outras frutas (ANDRADE *et al.*, 2003).

Uma das técnicas mais antigas que pode ser empregada na preservação de frutas, é a secagem, na qual reduz a atividade de água e o teor de umidade e a vida de prateleira pode ser aumentada, já que há inibição de crescimento microbiano e redução da atividade enzimática e oxidativa (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004; FELLOWS, 2000; RATTI, 2001; VAN ARSDEL, 1963). Algumas vantagens também são consideradas por Park *et al.* (2001); Femenia *et al.* (2009) como: aumentar a conservação do produto, ter o peso reduzido e ter uma maior disponibilidade no mercado em qualquer período do ano.

Neste contexto, a indústria de alimentos possui um setor importante que é o de alimentos desidratados, por serem produtos de rápido preparo e consumo, como também de alta qualidade (RAMOS *et al.*, 2008). Como por exemplo as frutas desidratadas que vem ganhando espaço nesse mercado já que podem estar disponíveis durante um bom período, diferente de frutos sazonais que tem disponibilidade menor no mercado, no primeiro semestre de 2010 o Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital) iniciou vários projetos para instalação de indústrias de pequeno e médio porte para a produção de culturas típicas de cada região (ITAL, 2010).

Esses produtos podem ser utilizados para consumo imediato, como também na formulação de produtos de confeitaria, sorvetes, iogurtes, etc. (TORREGIANNI; BERTOLO, 2001). São produtos compactos e mais fáceis de transportar, apresentam também maior estabilidade no armazenamento já que a água é retirada do produto através da evaporação, e com isso se tem um controle eficaz contra o desenvolvimento microbiano (PANI *et al.*, 2008).

Porém, os frutos secos sofrem danos devido ao aquecimento, como modificações na textura, nas propriedades nutricionais e sensoriais (FELLOWS, 2000; LOUKA *et al.*,

2004; LEWICKI, 2006). Alguns fatores como: atividade de água, pH, luz, temperatura de secagem, tempo de exposição, podem influenciar na degradação de vitaminas causando perdas, por isso novas tecnologias estão se concentrando em desenvolver produtos que retêm ou que possa aumentar a biodisponibilidade de compostos, como por exemplo as vitaminas (BALL, 2006). Segundo Oliveira *et al.* (2002) é importante fazer um estudo e análise da curva de secagem para determinar o teor de água e visualizar melhor o processo de secagem, e assim escolher o tratamento, equipamento, temperatura, ou seja, parâmetros de desidratação que possa atender uma melhor qualidade sensorial e tecnológica para o produto em estudo.

A desidratação osmótica é um processo que pode ser usado como pré-tratamento à secagem de frutas, com intuito de remover a água e economizar energia, pela redução do tempo de processo (PALOU *et al.*, 1994; TAIWO *et al.*, 2003). Alguns pesquisadores como Bernardi *et al.* (2009); Nunes e Moreira (2009); Torezan *et al.* (2004), tem trabalhado com desidratação osmótica como um passo preliminar ao processamento de manga.

As frutas e hortaliças são imersas em solução hipertônica que pode ser açúcar, sal, sorbitol, etc. Podendo ocorrer assim duas transferências de massa, que é a transferência da água do produto para a solução e a transferência do soluto da solução para o produto (EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007; SABLANI; RAHMAN, 2003; WANG *et al.*, 2010).

No entanto, devido as limitações (como modificações nas características sensoriais) da técnica de secagem convencional, algumas tecnologias emergentes estão sendo utilizadas, como por exemplo a aplicação de ondas de ultrassom de alta potência, considerada uma alternativa não térmica promissora, pois os microcanais formados entre as células tornam mais fácil a transferência de massa, influenciando assim a cinética de desidratação, com isso reduzindo o tempo de processamento (ORTUÑO *et al.*, 2012; OZUNA *et al.*, 2011).

Os métodos de processamento não-térmicos como sonicação e luz ultravioleta, estão em desenvolvimento, por serem tecnologias que mantêm a qualidade e garantem a segurança alimentar (FDA, 2000; SALLEH-MACK; ROBERTS, 2007). As ondas ultrassônicas têm um importante papel na inativação microbiana, mostrado no trabalho de Lopez-Malo, Guerrero e Alzamora (1999), em que seu uso foi suficiente para inativar microrganismos deterioradores em sucos de frutas.

O Ultrassom (US) pode ser definido como ondas que possuem frequência de 20 kHz ou mais (BUTZ; TAUSCHER, 2002), as quais provocam o chamado efeito esponja, com

séries rápidas e alternadas de compressão e expansão (FUENTE-BLANCO *et al.*, 2006; TARLETON; WAKEMAN, 1998; TARLETON, 1992). O equipamento de alta potência e baixa frequência é o mais utilizado em análise de alimentos já que tem capacidade de formar bolhas de cavitação (MASON *et al.*, 2005; PIYASENA *et al.*, 2003).

Sua aplicação foi iniciada com o intuito de evitar deterioração no processamento de alimentos, reações químicas, alterações microbiológicas e físicas (AZEREDO, 2012) e seu uso está envolvido com limpeza de superfícies, catalisar reações químicas, acelerar a extração de compostos de frutas e legumes (MASON; CORDMAS, 1996). O ultrassom pode ser empregado também na desidratação osmótica de frutas (FERNANDES; RODRIGUES, 2008c) e na inativação de enzimas (O'DONNELL *et al.*, 2010). Um benefício da sua utilização é que o tempo de secagem pode ser reduzido, consumindo assim menos energia (MASON *et al.*, 2005; TIWARI *et al.*, 2008).

Portanto, o ultrassom pode ser considerado um pré-tratamento para a secagem, devido ao aumento que causa na difusividade efetiva de água do fruto, por causa da formação de microcanais os quais se tornam uma via preferencial para moléculas de água se difundir e acelerar o processo de secagem (FERNANDES; RODRIGUES, 2007a).

Como essa tecnologia é emergente, estudos aprofundados são necessários para uma melhor utilização e padronização (FERNANDES *et al.*, 2006a, FERNANDES *et al.*, 2006b; JUSTUS, 2012; SILVA, 2012). Cao *et al.* (2010) afirmam que apesar de muitos trabalhos terem sido realizados com aplicação de ultrassom para preservação de alimentos, existem poucos resultados referentes ao efeito do ultrassom na qualidade de frutas e hortaliças após a colheita.

Outra tecnologia também que pode ser utilizada como pré-tratamento para a secagem é a luz ultravioleta. Essa tecnologia entrou em evidência quando o consumidor passou a se preocupar com alimentos seguros e com maior vida de prateleira, sendo utilizada para a descontaminação de frutas, já que possui um efeito letal em bactérias, leveduras e fungos (BHAT *et al.*, 2011a) preservando a qualidade dos nutrientes e aumentando a vida útil.

Existem duas maneiras para a aplicação desse tratamento: a luz contínua e a luz pulsada. A primeira é a convencional, na qual a luz está sendo emitida de forma contínua, e a pulsada a luz vai sendo liberada através de flashes intermitentes, tendo maior intensidade de energia (ELMASSER *et al.*, 2007).

A radiação com luz pulsada apresenta maior vantagem já que os flashes intermitentes de luz são liberados aos poucos e aumenta instantaneamente a intensidade de energia, com isso se torna mais rápido e efetivo na inativação de microrganismos, podendo causar rompimento da membrana do mesmo devido a frequência de microssegundos que causa uma diferença de temperatura entre a parte interna e externa da célula (MCDONALD *et al.*, 2000).

Diante do contexto de aplicação dessas tecnologias, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de pré-tratamentos (desidratação osmótica assistida com ultrassom e luz ultravioleta pulsada) na secagem e qualidade dos nutrientes da manga.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manga

De acordo com o Anuário Brasileiro da Fruticultura (2013), o Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de exportação de frutas, perdendo apenas para Índia e China, e o destaque dentre as principais frutas produzidas e comercializadas é a manga. Uma das variedades de manga mais produzidas no país é a Tommy Atkins, e está disponível durante todo o ano (FONSECA, 2014), é uma fruta que possui uma boa aceitabilidade devido a coloração atrativa, sabor, polpa firme e suculenta (SILVA; CALISTO, 2013).

A manga (*Mangifera indica L.*) é considerada uma fruta nativa da Índia, na qual se espalhou pelo mundo no século XVI, através do comércio marítimo devido condições climáticas favoráveis, alcançando as regiões do Brasil (SOUZA *et al.*, 2002), é uma das mais importantes frutas tropicais, devido alguns atributos de qualidade, como sabor, cor brilhante, valor nutritivo (BERNARDI *et al.*, 2009; TOREZAN *et al.*, 2007), apresenta polpa adocicada, com pouca acidez, sendo comumente comercializada in natura, sendo assim bastante apreciada. Quando industrializada, pode ser transformada em suco integral, polpa congelada, assim como a fruta desidratada pode ser adicionada dentre outros produtos como: doces, néctares, geleias, sorvete, sucos, etc. (CORREIA; ARAUJO, 2010; CAVALCANTI *et al.*, 2011; DAMIANI *et al.*, 2011).

Estudos sobre a secagem de frutas estão sendo realizados para aumentar a vida de prateleira, já que o consumo está se tornando mais elevado. Assim, a desidratação da manga através de secadores, liofilizadores, entre outros, estão ganhando destaque (SILVA; CALISTO, 2013).

A composição química varia de acordo com a cultura, variedade, estágio de maturação (MARTIM, 2006). A tabela 1 mostra o estudo de Charoensiri *et al.* (2009) que apresenta a composição química das vitaminas da manga.

Tabela 1- Composição química da manga (*Mangifera indica*)

Vitaminas	Composição
A	54 UI/100g
B1 (Tiamina)	0,03 mg/100g
B2 (Riboflavina)	0,04 mg/100g
B3 (Niacina)	0,67 mg/100g
B5 (ácido pantotênico)	0,20 mg/100g
B6 (Pirodoxina)	0,12 mg/100g
C	36,4 mg/100g
D	-
E	0,88 mg/100g

Fonte: Charoensiri *et al.* (2009)

2.2 Secagem Convectiva

A secagem é um dos procedimentos mais importantes na conservação de alimentos para diminuir a atividade de água, já que a remoção parcial ou total de água de um alimento poderá evitar que ocorra as reações bioquímicas. Essas reações são responsáveis pela deterioração, inibição do crescimento de microrganismos e redução dos custos com transporte, embalagem e estocagem, fazendo com que tenham diversos produtos com vida útil prolongada (PARK *et al.*, 2002).

É um processo industrial utilizado para preservar os alimentos e de operação simples, quando comparado a outros métodos preservativos como a centrifugação, enlatamento, tratamentos químicos, irradiação etc. (GARCIA *et al.*, 2004). Portanto, a temperatura e o tempo de remoção da água são importantes para o processo, já que uma secagem mal conduzida pode acelerar a deterioração do produto no decorrer do armazenamento (SOUSA *et al.*, 2006).

Segundo Ferreira e Pena (2003), esse processo pode envolver simultaneamente a transferência de calor e massa podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento. O fenômeno da secagem leva em consideração o conteúdo inicial e final da umidade do material e da relação do transporte da água do interior do material até sua superfície (KARATHANOS, 1999; MARTINS; PORTO; PINTO, 2004).

As diversas condições de secagem são de acordo com as características específicas de cada produto, que estão associadas com propriedades do ar de secagem e meio de transferência de calor utilizado, sendo que o processo geral de secagem pode ser considerado comum em qualquer condição, conforme a figura 1, na qual apresenta três curvas com as seguintes definições: a curva (a) representa a redução do teor de água do produto durante a secagem, o conteúdo de umidade é em base seca (X) em relação a evolução do tempo de secagem (t); a curva (b) representa a velocidade de secagem do produto, mostrando a variação da umidade em relação a evolução do tempo e a curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem em relação à evolução do tempo (PARK *et al.*, 2007).

As curvas podem ser divididas em três períodos de acordo com o comportamento em função do tempo. O primeiro período (0) representa o início da secagem, no qual ocorre elevação da temperatura do produto e da pressão de vapor da água, o segundo período (1) representa a taxa da secagem constante, no qual a transferência de massa e calor são equivalentes e no terceiro período (2) a taxa de secagem é decrescente, tem menor teor de água e a taxa de transferência de massa é reduzida. Quando o produto atinge a umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (HAWLADER *et al.*, 1991).

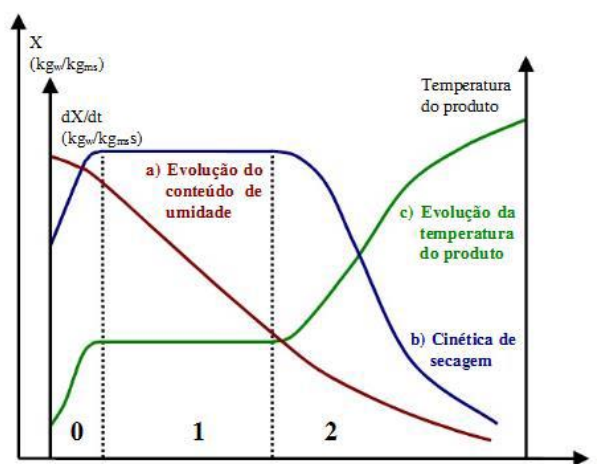


Figura 1- Curva padrão de secagem.
 Fonte: Park *et al.* (2007)

As informações contidas nas curvas de secagem são importantes para o desenvolvimento de processos e para dimensionar equipamentos, podendo estimar o tempo de secagem, e assim estimar o gasto que reflete no custo do processamento (VILELA; ARTUR, 2008).

As propriedades de texturas de alguns frutos secos, devido a diminuição da matriz sólida e degradação térmica, podem ser danificadas, ocorrendo assim o encolhimento no fruto, afetando a textura e a capacidade de reidratação, e esse efeito do encolhimento poderá danificar as propriedades sensoriais e nutricionais do produto final (FELLOWS, 2000; LOUKA *et al.*, 2004; LEWICKI, 2006).

Por isso para a obtenção de produtos de qualidade, a fim de agregar valor, é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para a preservação de frutas, tendo em vista alguns parâmetros importantes como: pré-tratamentos aplicados a matéria-prima até a otimização das condições de secagem (BOUDHRIOUA; GIAMPAOLI; BONAZZI, 2003; DEMIREL; TURHAN, 2003; LEITE; MANCINI; BORGES, 2007; MOTA, 2005; QUEIROZ; NEBRA, 2001; FERNANDES *et al.*, 2006; TOREZAN *et al.*, 2007). Nesse contexto, pré-tratamentos estão sendo utilizados para reduzir o teor de água inicial do fruto ou para modificar a sua estrutura de maneira que aumente a difusividade da água (MADAMBA; LOPEZ, 2002; FERNANDES; GALLÃO; RODRIGUES, 2008).

Para explicar a complexidade de fenômenos que ocorrem durante a secagem, pesquisadores propõe várias teorias e fórmulas empíricas para predizer a taxa de secagem, dentre as teorias destaca-se a teoria difusional baseada na Lei de Fick, que representa o fluxo de massa por área e proporcional ao gradiente de concentração da água (AKGUN; DOYMAZ, 2005; PARK *et al.*, 2003). Alguns modelos semiteóricos são derivados a partir da simplificação da lei de Fick, conforme condições específicas, seja da secagem ou do produto, para otimizar o processo, como por exemplo o modelo de Page que foi elaborado a partir do comportamento das curvas de secagem de produtos agrícolas, mostrando mudanças de razão da umidade (PAGE, 1949).

2.3 Pré-tratamentos

2.3.1 Desidratação Osmótica

É uma técnica usada principalmente como pré-tratamento de alguns processos como secagem a vácuo, secagem por ar, liofilização, na qual reduz custos energéticos, interfere na qualidade final ou no desenvolvimento de novos produtos. Trabalhos mostraram a utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento à secagem (FERNANDES *et al.*, 2006a, FERNANDES *et al.*, 2006b; LOMBARD *et al.*, 2008; RODRIGUES; FERNANDES, 2007b).

As frutas são imersas em solução hipertônica, como açúcar, sal e sorbitol. Nesse processo ocorrem três transferências de massa simultâneas: transferências de água do produto para a solução, transferências de soluto da solução para o produto, e há uma lixiviação (eliminação) de solutos próprios do produto como açúcares, vitaminas e minerais (EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007; SABLANI; RAHMAN, 2003; VAN-ARSDEL *et al.*, 2010).

Alguns fatores interferem na taxa de perda de água e na incorporação de solutos, como por exemplo em relação ao material: a variedade, a espécie, o tamanho, a forma, o grau de maturação, já os fatores relacionados ao processo são: composição, temperatura da solução osmótica, tempo de contato e nível de agitação da solução (NIETO; CASTRO; ALZAMORA, 2001; SERENO; MOREIRA; MARTINEZ, 2001; TELIS; MURARI; YAMASHITA, 2004).

A desidratação osmótica assistida com ultrassom está sendo utilizada como um pré-tratamento associado aos processos de secagem, na qual algumas vantagens são obtidas, como redução do tempo de secagem, e com isso uma redução de custos, mostrados em estudos com vegetais (FUENTE-BLANCO *et al.*, 2006; FERNANDES *et al.*, 2006a). Como por exemplo nos estudos de Fernandes e Rodrigues (2007) que encontrou maior difusividade no processo de secagem de bananas quando foram submetidas ao ultrassom.

Em trabalhos reportados por Fernandes, Gallão e Rodrigues (2009) com desidratação osmótica assistida com ultrassom em abacaxis submetidos à secagem, apresentaram um aumento na perda de água quando aumentava o tempo de ultrassom e o teor de sólidos solúveis da solução osmótica, o ganho de sólidos foi maior na solução de 70° Brix e nos tempos de 10 e 20 minutos.

Assim como no abacaxi, onde a solução de 35° Brix apresentou de 5,1 a 8,3% de perda de água e 13,5 % de ganho de sólidos e na solução de 70° Brix, 9,8 a 14% de perda de água e 34,1% de ganho de sólidos, com isso a difusividade efetiva é aumentada devido a quebra das células pelo ultrassom, e assim a água se difunde com mais facilidade (FERNANDES; LINHARES; RODRIGUES, 2008b).

Em pesquisas com banana, quando se utilizou o US e desidratação osmótica a difusividade efetiva ($1,37 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{min}$) foi superior a difusividade ($1,28 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{min}$) da fruta in natura (FERNANDES *et al.*, 2006a).

Fernandes e Rodrigues (2008) estudaram o efeito do ultrassom na desidratação de jambo, mamão, abacaxi e sapoti, tendo como meio líquido a solução osmótica. Nesses estudos foi observado que a perda de água era mais elevada do que quando o meio líquido era apenas água destilada, já que o soluto auxilia em uma maior eliminação de água. Almeida *et al.* (2005) mostraram que o aumento da temperatura (intervalo de 30 a 50°C) e da concentração da solução osmótica (intervalo de 40 a 60° Brix) foram dominantes para a desidrataação da manga, e que podem afetar a perda de água.

2.3.2 Ultrassom

O Ultrassom é uma frequência de som superior a 20KHz, acima do limiar do ouvido humano. O de alta frequência, tem baixo consumo de energia, e é usado em

monitoramento da qualidade dos alimentos, já o de baixa frequência, tem alta energia e pode ser utilizado para modificar a estrutura de alimentos em seu processamento (JAMBRAK *et al.*, 2010; MASON; CORDMAS, 1996).

Sua classificação no processamento de alimentos é de acordo com a intensidade das ondas ultrassônicas, em ultrassom de baixa intensidade ($< 1 \text{ W/cm}^2$) e ultrassom de alta intensidade (geralmente na faixa de $10 - 1000 \text{ W/cm}^2$) (SORIA; VILLAMIEL, 2010).

Neste mecanismo são envolvidas forças maiores que a tensão superficial que mantêm a umidade dentro dos capilares do alimento, e a remoção da água é facilitada devido a criação de canais microscópicos e também devido uma cavidade produzida pelo ultrassom, no qual remove a água fortemente ligada presente no material (FUENTE-BLANCO *et al.*, 2006; TARLETON; WAKEMAN, 1998; TARLETON, 1992).

Segundo Fernandes e Rodrigues (2007a) os canais microscópicos facilitam a difusão da água e dos sólidos solúveis, dentro e fora do fruto, essa difusão pode ser afetada pelo número, tamanho e largura dos microcanais, e assim aumentar a taxa de transferência de massa, variando de acordo com a fruta.

A aplicação em sistemas líquidos é baseada nos efeitos de ondas mecânicas que se formam a partir do fenômeno da cavitação (figura 2), as quais fazem rápidas compressões e expansões, produzindo bolhas que entram em colapso com intensidades diferentes, fazendo com que contribua para o rompimento celular (BRENNAN, 2006).

O ultrassom aplicado como pré-tratamento aumenta a difusividade efetiva de água do fruto. Este efeito pode ser explicado pela formação de microcanais quando o ultrassom é utilizado. Portanto, é uma metodologia complementar a ser utilizada com a secagem de frutos (FERNANDES; RODRIGUES, 2007a).

Através de micrografias, Fernandes, Gallão e Rodrigues (2008a) relataram que com a aplicação de ultrassom em melões houve formação de microcanais e que a influência desse processo não térmico, pode mudar com as propriedades do tecido. O trabalho de Fernandes, Gallão e Rodrigues (2009) com abacaxi desidratado em estufa de circulação de ar quente (60° C) mostrou que com a aplicação do pré-tratamento de ultrassom, houve um aumento da difusividade efetiva, e com isso o tempo de secagem foi reduzido, mostrando que com 30 minutos de processamento o tempo de secagem reduziu de 249 minutos para 202 minutos.

Outros estudos mostraram que em 20 minutos de ultrassom a banana teve um ganho de água de 11,1% e quando o tempo foi aumentado para 30 minutos, o ganho de água foi reduzido para 7,2%, mostrando que o tempo de processamento influencia na perda de água. Em relação a difusividade de água do fruto, observou-se um aumento de 14,4% no tempo de 20 minutos (FERNANDES; RODRIGUES, 2007a), podendo afirmar que em relação a fruta in natura, a amostra tratada terá uma secagem mais rápida confirmando os conceitos de Fuente-Blanco *et al.* (2006), no qual afirmam que o ultrassom afeta as estruturas da fruta e assim a água pode se difundir durante a secagem através de canais microscópicos.

Rodrigues e Fernandes (2007b) estudando algumas frutas, observaram que durante o pré-tratamento com ultrassom, melões e abacaxi perdiam água, banana e mamão ganhavam água, e o ganho de sólidos foi negativo para as frutas estudadas, indicando que houve perda de sólidos.

Estudos reportados por Carcél *et al.* (2007) avaliando efeito do ultrassom com desidratação osmótica na maçã, foi observado que em 45 minutos de tratamento, a perda de água era menor do que sem o ultrassom.

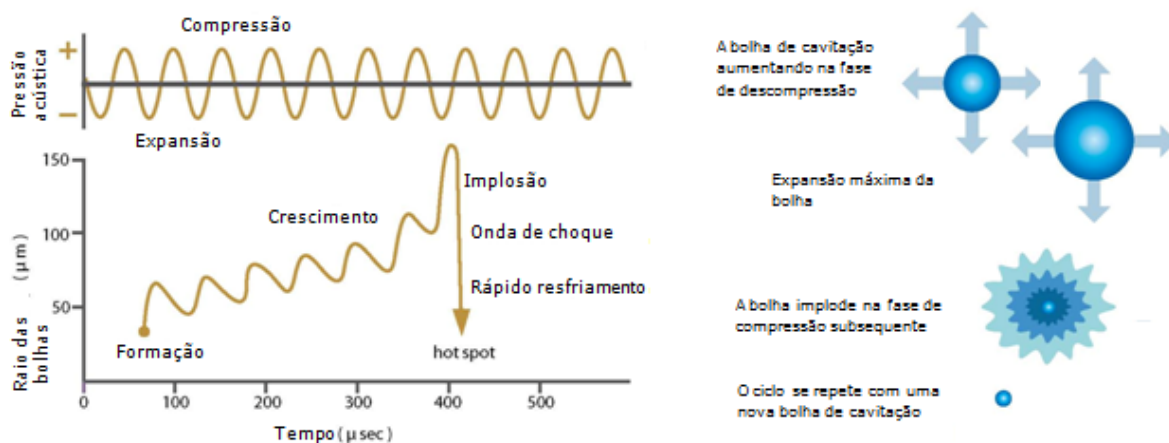


Figura 2- Fenômeno da Cavitação.

Fonte: www.bioinfo.ufc.br

2.3.3 Luz Ultravioleta Pulsada

A radiação UV é uma tecnologia emergente utilizada para a descontaminação de frutas, através de ondas curtas na região do ultravioleta (ALLENDE *et al.*, 2006; KRISHNAMURTHY *et al.*, 2007).

De acordo com Bintsis *et al.* (2000), a região do espectro do ultravioleta é na faixa de 200 a 400 nm (figura 3), particularmente a radiação emitida entre 200 e 280nm apresenta maior efeito germicida. A radiação ultravioleta atua causando rupturas nas moléculas de DNA do micro-organismo impedindo a sua reprodução e síntese de proteínas.

Existem duas formas de aplicação da luz ultravioleta, a contínua (UV-c) ou pulsada (UV-p). O primeiro modelo é o convencional, já que a luz é aplicada de forma contínua. No modelo pulsado, flashes intermitentes são liberados, os quais aumentam instantaneamente a intensidade de energia, assim o ultravioleta pulsado se torna mais rápido e efetivo na inativação de microrganismos (FDA, 2000).

Alguns trabalhos mostram as vantagens da utilização da luz ultravioleta pulsada comparando com a luz contínua, como o trabalho de Elmasser *et al.* (2007) o qual concluíram que a intensidade de energia liberada é maior e torna mais efetiva e rápida a inativação de microrganismos. Rice e Ewell (2001) observaram que a luz UV pulsada necessita de tempo de exposição bem mais reduzido que a luz contínua. Outros estudos mostram que o suco fresco de laranja tratado com radiação ultravioleta apresentou inativação na maioria de microrganismos testados (TRAN; FARID, 2004). Sanhueza e Maia (2001) verificaram o potencial do uso de UV- c para o controle de podridões em maçãs causadas por *P. expansum*, e observaram redução de 37 a 70% da incidência dessa doença.

Pesquisas são escassas em relação a influência do uso da luz ultravioleta como pré-tratamento à secagem e qualidade de frutos, tornando-se necessários mais estudos a respeito dessa técnica.

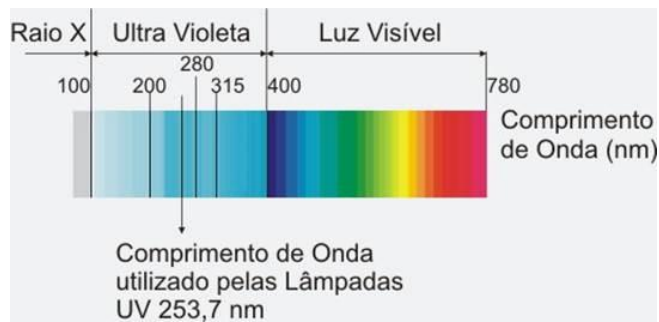


Figura 3 – Espectro da luz ultravioleta.

Fonte: <http://www.snatural.com.br>

2.4 Colorimetria

A cor dos alimentos é expressa por parâmetros de colorimetria, que indica o índice de transformação dos alimentos frescos, como as mudanças de cor que podem ter ocorrido durante o processo industrial (PINHEIRO; VILAS BOAS, 2005).

O modelo de cor CIE LCH é semelhante ao modelo de cor CIE LAB, sendo que o primeiro utiliza coordenadas cilíndricas, e o segundo utiliza coordenadas retangulares. O L indica a luminosidade, o C representa o croma, e o h representa a tonalidade (MINOLTA, 2007).

Alguns estudos como os de López-Malo *et al.* (1999), Palou *et al.* (1999) e Boyton *et al.* (2002) mostram que é importante a preservação da cor, já que mudanças durante a secagem podem influenciar na aceitação ou rejeição de produtos. Sabendo que a secagem altera algumas características do alimento, como cor, pigmentos (clorofila e carotenoides), devido a ação do calor, o controle da temperatura e do tempo são importantes para a qualidade do produto final (VEGA, 2012).

No trabalho de Silva (2012) com abacaxi submetido a secagem e tendo o ultrassom como pré-tratamento, foi observado que o parâmetro L (luminosidade) caiu no final da secagem. Ahmed, Shivhare e Kaur (2002) explicam que esse comportamento é esperado devido a concentração dos compostos e redução do teor de água, assim como o decréscimo do parâmetro L* em jambos tratados com ultrassom e submetidos a solução osmótica de sacarose 0, 25 e 50°Brix (OLIVEIRA, 2010).

Adekunte *et al.* (2010) perceberam que após a aplicação de ultrassom, os parâmetros L*(luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b*(componente amarelo-azul) do suco de tomate foram reduzidos, e houve um aumento do ΔE (perda de cor entre a fruta in natura e a processada), indicando degradação de carotenoides.

Chen *et al.* (2007) trabalhando com dois tipos de processos: liofilização e secagem por ar quente, observaram que a manga submetida a liofilização apresentou cor amarela pálida e quando submetida a secagem por ar quente apresentou uma cor mais escura devido as reações de escurecimento, podendo ser considerada uma cor desejável para mangas desidratadas.

2.5 Atividade Enzimática

2.5.1 Polifenoloxidase

Uma das enzimas encontradas em grande parte dos vegetais é a polifenoloxidase, podendo variar de acordo com a espécie, variedade, maturação, cultivo, armazenamento. A maioria das perdas em frutos tropicais é porque a atividade da enzima forma compostos escuros e com isso mudanças indesejáveis nas características dos produtos (FENEMA, 1993; WHITAKER, 1994).

O escurecimento é um processo que pode ocorrer com os alimentos desidratados, através de enzimas que estão envolvidas com o mecanismo de defesa e desordens fisiológicas, como: a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD), envolvendo também o oxigênio. Esse processo ocorre a partir do momento que tem o rompimento da estrutura celular, como em operações de corte e descasque, danos físicos, ataque de patógenos, com isso a enzima se liga ao substrato ocorrendo uma catalização da PPO a hidroxilação de monofenóis e oxidação de o-difenóis a o-quinonas, que se polimeriza e forma pigmentos marrons (melanoidinas) que são indesejáveis (ESPIN *et al.*, 1998).

A inativação das enzimas PPO e POD foi mais pronunciada em sucos de maçã tratados com ultrassom de sonda do que os tratados com ultrassom de banho, no qual a maior redução da atividade enzimática foi com maior temperatura de tratamento (ABID *et al.*, 2014). De acordo com Villamiel e Jong (2000) o tratamento com ultrassom desativa as

enzimas em combinação com calor e/ ou pressão, e complementando Rithmane e Intipunya (2012) afirmam que a inativação de PPO e POD aumenta com o aumento do tempo de tratamento.

2.5.2 Peroxidase

Chisari, Barbagallo e Spagna (2007); Mdluli (2005); Richard-Forget, Gaillard (1997); Valderrama e Clemente (2004) relataram que a peroxidase é considerada um indicador da qualidade e tem envolvimento no escurecimento de várias frutas durante o processamento e conservação, como também a presença de peróxido de hidrogênio.

As peroxidases tem capacidade de oxidar diferentes compostos, na presença de peróxidos, como também catalisam oxidação de substratos com a presença do oxigênio e são encontradas em paredes celulares, vacúolos e citoplasma. Possui algumas funções biológicas como: maturação, senescência de frutos, defesa contra infecções, como também algumas características importantes: a termoestabilidade e capacidade de se regenerar após destruição térmica, características incomuns entre as enzimas por causa da reincorporação do grupo prostético à apoenzima após o tratamento térmico. Sua influência nos alimentos é devido o desaparecimento do aroma, formação de off flavors em produtos vegetais, alteração de cor e destruição de nutrientes (KOBLOITZ, 2015).

Assim como outras enzimas, a peroxidase atua sobre as espécies reativas de oxigênio, evitando afeito deletérios nas células (CAVALCANTI *et al.*, 2005; LABANCA, 2002). Essa enzima tem como objetivo controlar os peróxidos formados nos compartimentos celulares, e sendo um doador de hidrogênio ausente, a peroxidase converte o peróxido de hidrogênio em H₂O e O₂ (TIJSKENS *et al.*, 1997).

2.5.3 Pectinametilesterase

Duas enzimas estão presentes na parede celular de vegetais e a perda de firmeza de frutas durante o amadurecimento é devido a ação das pectinases: a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG) (CAMARGO, 2000).

A PME atua removendo grupos metoxílicos das substâncias pécticas, reduzindo o grau de metoxilação, liberando metanol e H⁺ (CHITARRA, 2005). No trabalho realizado sobre as características pós colheita de bananas, Vilas Boas *et al.* (2001) afirmam que a enzima PME tem ação nas pectinas promovendo a desmetilação parcial dos estéres dos ácidos poligalacturônicos, e assim facilita o acesso da PG que determina a despolimerização e solubilização das substâncias pécticas.

Estudos reportados por Krebbers *et al.* (2003) mostram que a inativação parcial ou completa da PME deve ocorrer durante o processamento do tomate, através de tratamentos térmicos utilizados na indústria, a fim de manter o produto de qualidade. Assim como vários métodos do processamento de alimentos inovadores podem inativar a PME e/ou a PG, dentre eles, tratamentos com alta pressão, ultrassom e calor (LOPEZ *et al.*, 1994; SALA *et al.*, 1994).

O tratamento de termossonificação foi considerado mais eficaz na inativação de enzimas incluindo a PME e PG (LEIGHTON, 1998; SALA *et al.*, 1994), podendo ser explicado pela cavitação, na qual há formação de bolhas e alterações físicas (LOPEZ *et al.*, 1998). Raviyan, Zhang e Feng (2005) trabalhando com o efeito do ultrassom na inativação da PME em tomates, observaram que o ultrassom foi eficaz quando comparado a um tratamento térmico a mesma temperatura.

Mason e Paniwnyk (2003) mostram a importância do uso do ultrassom na inativação enzimática quando o seu uso é combinado com outros processos como pressão, calor. O potencial do ultrassom para inativar a enzima, é devido a energia produzida que causa vibração e produz bolhas de cavitação gerando uma pressão elevada (MORRIS; BRODY; VIME, 2007).

A utilização de ultrassom mostrou resultados positivos em relação a inativação de enzimas como peroxidase e pectinametilesterase em cenoura (GAMBOA-SANTOS *et al.*, 2012); tomate (ERCAN; SOYSAL, 2011); polifenoloxidase, peroxidase e pectinametilesterase em suco de maçã (ABID *et al.*, 2014) e em suco de abacaxi (COSTA *et al.*, 2013).

Nos trabalhos reportados por Wu *et al.* (2008) com suco de tomate, utilizando ultrassom a temperatura de 60°C foi observada uma baixa atividade residual de PME. Porém, existem algumas situações como em baixa potência de ultrassom que pode induzir a

estimulação de enzimas (O'DONNELL *et al.*, 2010) e Costa *et al.* (2013) com suco de abacaxi onde no início do tratamento a enzima foi liberada devido o rompimento celular, e depois de elevadas intensidades e exposição de onda ultrassônicas, houve uma redução da enzima PPO. Assim, a inativação da enzima foi alcançada quando a taxa da liberação da enzima foi superada pela taxa de desnaturação.

Para que os alimentos possam ser considerados mais estáveis, um dos requisitos é a inativação enzimática, mesmo que possa ser realizada com o uso de tratamento de calor, podendo resultar em alguns problemas como nas propriedades de sabor, cor, etc., portanto uma alternativa para a inativação é o uso de ultrassom (VERCET *et al.*, 2000).

2.6 Vitaminas

Nosso metabolismo necessita de substâncias essenciais, as vitaminas, que contribuem para o crescimento, funcionamento do corpo e manutenção da saúde. As deficiências dessas substâncias podem causar o mau funcionamento do organismo, podendo causar doenças, como: anemia, anorexia, cegueira noturna, etc. (BIANCHINI; PENTEADO, 1999).

As perdas das vitaminas podem ocorrer durante a distribuição de fruta, com possibilidade de perdas por meios químicos (substâncias químicas oxidativas) ou físicos (ar, luz, pH), como também durante o tratamento térmico, podendo ocorrer alterações no teor de vitaminas, pois no caso de temperaturas elevadas, as reações de escurecimentos são aceleradas. As perdas induzidas termicamente dependem do seu ambiente químico como: o pH, umidade relativa do ar, compostos reativos, oxigênio dissolvido, como também da estabilidade das vitaminas e de possível lixiviação no processo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Fatores exercem influências significativas sobre a estabilidade de vitaminas, um deles é a composição química, de maneira que agentes oxidativos podem degradar diretamente ácido ascórbico, vitamina A, carotenoides, vitamina E, e essa degradação pode ser de acordo com a concentração do oxidante. Alimentos que possuem umidade intermediária, a estabilidade sofre influência da atividade da água e em alimentos secos em excesso, perdas de vitaminas sensíveis à oxidação podem ocorrer e em muitos alimentos, a

inativação de enzimas apresenta efeitos benéficos sobre a estabilidade das vitaminas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Durante o processamento a composição qualitativa e quantitativa dos nutrientes pode ser alterada, mesmo tornando os produtos mais atraentes e com maior vida de prateleira (SILVA *et al.*, 2006), por isso os processos desenvolvidos devem tentar reter as vitaminas naturalmente presentes e aumentar a biodisponibilidade, já que alguns fatores podem afetar o produto causando degradação, como: ar, luz, pH, umidade, atividade de água. Outro fator que também influencia é a temperatura na qual o alimento fica exposto, como também o tempo de exposição, congelamento, podendo ocasionar perdas de nutrientes (BALL, 2006). Portanto os pré-tratamentos utilizados, como o ultrassom, otimizam o processo em relação ao tempo de exposição e a temperatura de secagem, já que são fatores que podem favorecer a perda de vitaminas, e para a luz ultravioleta pulsada, estudos são escassos em relação ao efeito desse pré-tratamento na degradação de vitaminas.

Assim as novas tecnologias estão sendo desenvolvidas com objetivo de reduzir o tempo de secagem, como um pré-tratamento com ultrassom, microondas (CÁRCEL *et al.*, 2007; DELGADO *et al.*, 2009; FERNANDES *et al.*, 2010; GARCIA-PEREZ *et al.*, 2006).

Fernandes *et al.* (2015) citam que a tecnologia utilizada para o processamento de alimentos poderia focar no aumento nutricional do produto, havendo conversão da forma ligada para livre e com isso aumentando a biodisponibilidade, complementando, Damodaran, Parkin e Fennema (2010) afirmam que a biodisponibilidade está relacionada como o nutriente ingerido é absorvido no intestino, assim como a sua utilização e função dentro do organismo.

Um fator que influencia na biodisponibilidade de uma vitamina é a forma química e estado físico dentro da matriz alimentar, então quando as vitaminas formam complexos ligados com outro material, tem absorção e digestão menor comparadas a forma livre (BALL, 2006).

Alguns produtos secos podem ter sua qualidade reduzida porque alguns nutrientes são sensíveis ao calor e também pode ocorrer algumas mudanças adversas nas propriedades físico-químicas de frutas e hortaliças, como na capacidade de reidratação, perda de cor original, perda de vitamina C. Desta forma, a técnica de secagem é desafiadora e por isso estudos dos fatores que mais influenciam devem ser considerados (VEGA-MERCADO *et al.*, 2001).

2.6.1 Vitaminas Lipossolúveis A, E, D

A vitamina A faz parte de grupo de hidrocarbonetos insaturados que possuem atividade nutricional, como retinol e outros compostos relacionados. A vitamina A pré-formada não ocorre em plantas e fungos, e sua atividade vitamínica está associada a alguns carotenoides. A degradação dessa vitamina, geralmente é paralela à degradação oxidativa de lipídeos insaturados, e os fatores que influenciam a oxidação aumentam a degradação, que pode ser por oxidação direta ou efeitos indiretos dos radicais livres (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Os carotenos podem ser transformados em vitamina A (retinol) no organismo, são considerados precursores dessa vitamina e com base nas estruturas químicas o principal é o β -caroteno que tem atividade pró-vitamínica (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008). O β -caroteno e outros carotenoides podem agir como antioxidantes em condições de concentração reduzida de oxigênio e assim desativar o oxigênio singlete, radical e superóxido, e reagir com radical peroxil, podendo ocasionar a redução da perda total de atividade de vitamina A, sem levar em consideração o mecanismo de iniciação dos radicais livres (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A vitamina E (tocoferol) é uma vitamina antioxidante lipossolúvel componente de membranas celulares (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008). O α -tocoferol é a principal forma de vitamina E, encontrada na maioria dos produtos de origem animal, e os outros tocoferóis e tocotrienóis ocorrem em produtos vegetais, substâncias que tem capacidade de agir como antioxidantes, desativando radicais livres, devido essa capacidade antioxidante, eles contribuem para a estabilidade da membrana, como também são constituintes naturais das membranas biológicas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Os compostos da vitamina E possuem estabilidade razoável na ausência de oxigênio e lipídeos oxidantes, a degradação aumenta quando radicais livres estão presentes (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A vitamina D nos alimentos está associada a análogos de esteróis solúveis em lipídeos, o colecalciferol (vitamina D₃) de fontes animais e o ergocalciferol (vitamina D₂), produzido sinteticamente, a qual é formado pela irradiação comercial do fitoesterol (um esterol vegetal), com luz ultravioleta (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

2.6.2 Vitaminas Hidrossolúveis B1, B2, B3, B5, B6

A vitamina B1 (Tiamina), desempenha função como coenzima em diferentes ciclos metabólicos e possui ampla distribuição em tecidos animais e vegetais. Tem algumas condições que podem influenciar as perdas dessa vitamina, quando: a lixiviação é favorecida no meio aquoso, possui pH neutro ou maior, e sua estabilidade é favorecida em baixa atividade de água à temperatura ambiente. Alguns estudos observaram que a Tiamina tem capacidade de reagir com açúcares, em certas condições, porém, os açúcares podem aumentar a estabilidade dessa vitamina (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Já a vitamina B2 (Riboflavina) é derivada da D-glicose, parte das moléculas dos nucleotídeos que funcionam como grupo prostético de enzimas que atuam na oxidação de ácido pirúvico (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008). A estabilidade é maior em meio ácido, é considerada menos estável em pH neutro e pode ser rapidamente degradada em ambientes alcalinos. Durante o processamento térmico convencional, manipulação e preparação, a retenção dessa vitamina ocorre de forma moderada a boa. As perdas de Riboflavina no armazenamento de alimentos desidratados costumam ser poucas, ao menos quando as temperaturas estão acima da temperatura ambiente (DENNISSON *et al.*, 1977).

A vitamina B3 (Niacina) é amplamente distribuída em vegetais e alimentos de origem animal, não é afetada pela luz, não ocorrendo perdas térmicas durante o processamento de alimentos, essas perdas podem acontecer por lixiviação em algumas etapas como na lavagem, branqueamento, etc. (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). O ácido pantotênico (vitamina B5) funciona com um componente da coenzima A e como grupo prostético, é uma vitamina essencial que pode ser encontrada em uma variedade de alimentos como carnes, cereais, leite e em vegetais frescos, dependendo da proporção do tratamento e extensão da lixiviação, as perdas podem ocorrer na cocção e processamento térmico (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A vitamina B6 (pirodoxina) atua como coenzimas envolvidas no metabolismo de aminoácidos (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008). Assim como acontece com outras vitaminas hidrossolúveis, a exposição à água pode causar lixiviação e perdas na vitamina B6, durante o processamento térmico e processamento dos alimentos. Os compostos vitamínicos B6, são

sensíveis à degradação pela luz, podendo causar problemas durante a preparação, armazenamento e análise de alimentos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O ácido ascórbico (vitamina C) está presente em frutas e hortaliças, mas nos tecidos animais estão em menor quantidade. É uma vitamina muito suscetível à oxidação, acelerando esse processo a presença de luz e calor, apresenta alta solubilidade em soluções aquosas, podendo ocorrer perdas por lixiviação a partir do corte ou descascamento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O ácido ascórbico pode ser reduzido com a maturação e armazenamento devido a atuação da enzima ascorbato oxidase e peroxidases. A ação funcional das vitaminas antioxidantes, como a vitamina C e E, é através do sequestro dos radicais livres nos sistemas biológicos, no caso da vitamina C, ela extingue o O₂ singlete evitando peroxidação lipídica, regenera a vitamina E de sua forma oxidada para a reduzida (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008).

Em relação as reações químicas que podem ocorrer prejudicando a qualidade do produto, destaca-se a degradação da vitamina C. Em trabalhos realizados por Böhm *et al.* (2006); Wojdylo, Figiel e Oszmianski (2009) durante a secagem (65°C) de morangos tendo como pré-tratamento microondas, observou-se perda de 40 % de vitamina C comparando ao teor inicial, diferente dos morangos liofilizados que não apresentaram perdas. Existem também outras reações associadas com a perda de qualidade de frutas e hortaliças, como as reações que envolvem aminoácidos essenciais, além da reação de Maillard, as quais são favorecidas em baixa atividade de água e na condição de alta temperatura (CORZO-MARTÍNEZ *et al.*, 2012; KEUTGEN; PAWELZIK, 2008).

2.7 Antioxidantes

Frutas e hortaliças são ricas em antioxidantes, que são substâncias que podem atrasar ou impedir a oxidação de células, e exercem efeito de combater ou até impedir espécies reativas de oxigênio. Estudos mostram que os radicais livres causam danos a várias moléculas e podem estar envolvidos com muitas doenças degenerativas (HALLIWELL, 1996).

Por isso o consumo desses vegetais traz benefícios para saúde humana, pois possuem substâncias chamadas fitoquímicos que são por exemplo: carotenoides, flavonoides, compostos fenólicos que atuam na prevenção de doenças devido a sua capacidade antioxidante (ARAB; STECK, 2000; EBERHARDT *et al.*, 2000).

A partir do momento que os frutos passam por algum tipo de processamento, os compostos bioativos sofrem impactos devido as mudanças que ocorrem em suas propriedades antioxidantes, em seus componentes como vitamina C, E, carotenoides e polifenóis, os quais causam benefícios a saúde e estão presentes quando o fruto se encontra intacto (ROBLES-SANCHEZ *et al.*, 2007).

Os polifenóis são produtos secundários formados do metabolismo vegetal, e são constituídos de complexos grupos de fitoquímicos que podem ser divididos em várias classes, sendo os principais: os flavonóides e os ácidos fenólicos (BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000). De acordo com Leong e Shui (2002) o tipo e quantidade de fitoquímico vai variar de acordo com a fruta, variedade, grau de maturação, condições climáticas e cultivo. Conforme Chitarra (2005), os compostos fenólicos têm participação na coloração, no flavor e na vida de prateleira e a sua concentração pode estar correlacionada com a capacidade antioxidante.

Alguns autores demonstraram através de correlações, que existe relação positiva entre o teor de fenólicos com a capacidade antioxidantes de frutas e hortaliças (ABDILLE *et al.*, 2005; KAUR; KAPOOR, 2002; VISON *et al.*, 1998; VELIOGLU *et al.*, 1998). O que pode influenciar a quantidade de antioxidantes natural é a estrutura química do componente ativo, já que a posição e números de hidroxilas são fatores relevantes para essa atividade (HEINONEN, LEHTONEN; HOPIA, 1998).

Para medir a capacidade antioxidante de alimentos são adotados alguns métodos, um deles é o método de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) conforme (KIM *et al.*, 2002; OU *et al.*, 2002; THAIPOONG *et al.*, 2006; VAN DEN BERG *et al.*, 2001), este método consiste na capacidade do DPPH reagir com doadores de Hidrogênio, quando está na presença de substâncias antioxidantes o mesmo recebe H⁺ que será reduzido, o radical é estável, com coloração púrpura e quando é reduzido passa a ter coloração amarela (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995; BONDET *et al.*, 1997)

A maioria desses métodos se baseiam no mesmo princípio de que um radical colorido é formado e a capacidade de uma amostra para eliminar o radical ou para reduzir esse composto é monitorado por espectrofotometria devido a intensa absorção na região visível (DUDONNE *et al.*, 2009; RODRIGUEZ-AMAYA, 2010). A capacidade da amostra de reduzir o DPPH (evitar oxidação) é evidenciada pela porcentagem de radical restante no sistema, sendo assim, essa porcentagem é a concentração de antioxidantes (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995; BONDET *et al.*, 1997).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Preparação das amostras

Mangas (*Mangifera Indica L.*) da variedade Tommy Atkins foram adquiridas no comércio de Fortaleza - CE e levadas para o laboratório de Análises e Desenvolvimento de Produtos no departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará. Os frutos foram lavados em água corrente para a remoção de impurezas e cortados em cubos de aproximadamente 1 cm de aresta, abaixo segue os valores de umidade inicial das mangas.

Umidade inicial (g H₂O/ g s.s) da manga Tommy Atkins.

Desidratação osmótica/potencial osmótico	Sem pré-tratamento (US)	5 min US	10 min US	20 min US	30 min US	40 min US
0°Brix	6,81	8,49	11,49	9,34	9,49	9,77
12°Brix (ϕ 0,4 MPa)	6,21	5,63	5,95	5,62	5,65	5,90
25°Brix (ϕ 0,8 MPa)	7,01	4,68	4,61	4,39	4,42	4,29
50°Brix (ϕ 1,6 MPa)	5,79	3,97	3,70	3,73	3,40	3,30

Sem pré-tratamento (UV)	10 pulsos	20 pulsos	30 pulsos	40 pulsos	50 pulsos
5,35	5,26	4,94	4,65	4,55	4,26

3.2 Desidratação osmótica assistida com Ultrassom

Os experimentos de Desidratação osmótica com Ultrassom de banho foram conduzidos com três concentrações de soluções osmóticas (12°, 25° e 50° Brix), que equivalem aos seguintes potenciais osmóticos (ϕ 0,4 MPa, ϕ 0,8 MPa e ϕ 1,6 MPa) como também a solução 0° Brix (apenas água destilada). Foram utilizadas para solução, água destilada e sacarose, a concentração foi determinada com auxílio do refratômetro (HI 96801 Refractometer - HANNA).

3.3 Pré-tratamento com o Ultrassom

Os cubos de manga (aproximadamente 35g) foram imersos separadamente em 150 ml de solução osmótica na proporção de 1:4 de água: fruta (p/p) dentro de um bécker, e submetidas as ondas de ultrassom durante 5, 10, 20, 30 e 40 minutos. Após essa etapa, as amostras foram colocadas sobre papel absorvente para a retirada do excesso de água superficial e em seguida as amostras foram pesadas.

O equipamento utilizado foi o ultrassom de banho (UNIQUE UltraSonic Cleaner, com capacidade de 9L) sem agitação mecânica, com frequência de 25 kHz e intensidade de energia (potência 60W/L). A temperatura da água para os experimentos foi de $25^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$.

3.4 Pré-tratamento com Luz Ultravioleta Pulsada

O pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada foi realizado com o equipamento (Steri Beam, modelo Xe matric A – 2LCL) que se encontrava nas instalações da Embrapa. Os cubos de manga foram submetidos a 10, 20, 30, 40 e 50 pulsos (a aplicação durava em torno de um minuto entre um pulso e outro), com as respectivas densidades energéticas: 3,6; 7,2; 10,8; 14,4 e 18 J/cm², e depois foram desidratados em estufa de circulação de ar quente.

3.5 Secagem

Todos os cubos de manga foram levados a estufa (TECNAL TE-394/I) com circulação de ar ($v= 0,5\text{m/s}^{-1}$) a 60° C durante 24 horas, sendo realizada uma pesagem a cada meia hora, no decorrer das primeiras cinco horas. Após 24h terminado os experimentos os frutos foram novamente pesados para o cálculo da variação da umidade (VU), variação de sólidos (VS) e umidade em base seca, fazendo o uso das seguintes equações:

(1) Fração de Sólidos (Xi):

$$x_i = \frac{P_f}{P_i}$$

(2) Fração de Líquidos (X_w):

$$X_w = 1 - X_i$$

(3) Variação de Umidade (VU):

$$VU = \frac{-P_{wf} + P_{wi}}{P_{wi}} * 100$$

(4) Variação de Sólidos (VS):

$$VS = \frac{P_{24h} - (P_i * X_i)}{P_i * X_i} * 100$$

Onde:

P_i – Peso inicial da manga (antes da secagem)

P_f – Peso final da manga (após a secagem)

P_{24h} – Peso após 24 horas em estufa

P_{wi} – Peso da manga antes do pré-tratamento com Ultrassom

P_{wf} – Peso da manga após uso do Ultrassom

Foi elaborada uma tabela com tempos necessários para remover 90% do teor de água da manga inicial para cada pré-tratamento avaliado, sabendo que quando 90% da água é reduzida, cai a atividade de água e com isso inibe o desenvolvimento microbiano. Para o estudo da cinética de secagem foi realizado a partir de dados da umidade em função do tempo (tabela 7), utilizando o modelo de Page com a equação 1:

$$\text{Equação 1: } RU = (U_t - U_{eq}) / (U_0 - U_{eq}) = \exp(-kt^n)$$

Onde RU - razão de umidade, U_t - umidade em determinado tempo t (min.); U_{eq} - umidade de equilíbrio; U_0 - umidade inicial das amostras; k - constante de secagem (min.^{-1}) e t- tempo (min.), n- constante igual a 1, conforme Ertekin e Yaldiz (2004) para a determinação dos parâmetros de difusividade (m^2/min), utilizando o programa OriginPro 8.5.

3.6 Determinação da cor

A análise colorimétrica das amostras da manga in natura e dos cubos após 24 horas de secagem foi determinada pelo sistema L*, C*, h°, com o equipamento colorímetro (Konica Minolta). Foram realizadas cinco leituras de cada amostra. O L* indica a luminosidade, o C* representa o croma e o h° representa a tonalidade (ABNT, 1992; OLIVEIRA *et al.*, 2003).

3.7 Extravasamento de Eletrólitos

Foram retirados três discos das duas regiões medianas de cada fruto, por meio de um extrator de polpas. Os discos foram lavados em água destilada e secados superficialmente em papel absorvente, foram colocados em frascos de vidro escuro que permanecem em repouso por um período de duas horas contendo 15 ml de água destilada. Após o repouso, foi realizada a primeira leitura da condutividade elétrica da água com um condutivímetro, em seguida foi armazenada em freezer até o dia seguinte. No dia seguinte, foi retirado para descongelamento e em seguida foi realizada a segunda leitura. Os resultados foram expressos como a razão entre o valor obtido na segunda medição (L2) menos o valor da primeira medição (L1), dividido pelo valor da segunda medição (L2), multiplicados por 100, conforme equação mostrada abaixo (SEREK *et al.*, 1995).

$$EE = \frac{L2 - L1}{L2} * 100$$

3.8 Análises de Atividades Enzimáticas

3.8.1 Enzima Polifenoloxidase (PPO)

Pesou-se 2 g da fruta, adicionou-se 10 ml de tampão fosfato pH 7.0 com PVP (polivinilpirrolidona) para ser homogeneizado em Ultra-Turrax (Synth IKA T25) e depois centrifugado em centrífuga refrigerada (10.000 rpm/4° C/20 min SIGMA), em seguida ficou mantido em geladeira 4°C por 30 minutos. Para cada leitura adicionou-se 0,3 ml de amostra e 1,85 ml de tampão fosfato (0,10M) pH 6,0 com catecol, agitou-se rapidamente para transferir para cubeta. A absorbância de 395 nm foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201) a cada 1

minuto por 10 minutos (WISSEMAN; LEE, 1980) adaptada por Fernandes (2012). Os resultados foram expressos em Unidade de atividade enzimática (UAE/min/g de fruta).

3.8.2 Enzima Peroxidase (POD)

Pesou-se 2g da fruta, adicionou-se 10 ml de tampão fosfato (0,05M) pH 7.0 com PVP (polivinilpirrolidona) para ser homogeneizado em Ultra-Turrax (Synth IKA T25) e depois centrifugado em centrífuga refrigerada (10.000 rpm/4° C/20 min SIGMA), em seguida ficou mantido em geladeira 4°C por 30 minutos. Para cada leitura adicionou-se 0,6 ml de amostra, 1 ml de tampão fosfato pH 5,0 com guaiacol e 0,1 ml de H₂O₂ 0,3%, agitou-se rapidamente e transferiu-se para cubeta. A absorbância de 470 nm foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201) a cada 1 minuto por 10 minutos (MATSUNO; URITANI, 1972) adaptada por Fernandes (2012). Os resultados foram expressos em UAE/min/g de fruta.

3.8.3 Enzima Ascorbato Oxidase (PAX)

Dois gramas da fruta foram pesados, adicionou-se 10ml de tampão fosfato (0,10M) pH 7.0 com EDTA para serem homogeneizados em Ultra-Turrax (Synth IKA T25) e depois centrifugado em centrífuga refrigerada (10.000 rpm/4° C/20 min SIGMA), em seguida ficou mantido em geladeira 4°C por 30 minutos. Para cada leitura foi adicionado 0,3 ml de amostra, 1,10 ml de tampão fosfato pH 7,0, 0,05ml solução de H₂O₂ e 0,05 ml de solução de ácido ascórbico, agitou-se rapidamente e transferiu-se para cubeta. A absorbância de 265nm foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201) a cada 30 segundos por 5 minutos (NAKANO; ASADA, 1980) adaptada por Fernandes (2012). Os resultados foram expressos em UAE/min/g de fruta.

3.8.4 Enzima Pectinametilesterase (PME)

Dois gramas da fruta foram pesados, adicionou-se 10ml de tampão fosfato (0,05M) pH 7.5 com NaCl, homogeneizou-se em Ultra-Turrax (Synth IKA T25) e depois centrifugado em centrífuga refrigerada (10.000 rpm/4° C/20 min SIGMA), em seguida ficou

mantido em geladeira 4°C por 30 minutos. Para cada leitura adicionou-se 0,25ml de amostra, 1ml de tampão fosfato pH 7,5 com bromotimol e 0,5 ml de pectina, agitou-se rapidamente e transferiu-se para cubeta. A absorbância de 620nm em espectrofotômetro (Evolution 201) foi lida a cada 1 minuto por 10 minutos. Os resultados foram expressos em UAE/min/mL de fruta. O ensaio de atividade da PME foi realizado como descrito por Hangermann e Austin (1986), com modificações de Fernandes (2012).

3.9 Peróxido de Hidrogênio

Pesou-se 1g da fruta, adicionou-se 6 ml de água destilada, para homogeneizar em Ultra-Turrax (Synth IKA T25), em seguida foi centrifugado (5min) e transferido para tubo de ensaio, agitou-se. Para a leitura foi adicionado 0,5 ml da amostra e 1 ml de Iodeto de Potássio (1,0M), e lida em espectrofotômetro (Evolution 201) em 390nm, seguindo metodologia de Ovenston e Rees (1950) com modificações de Fernandes (2012).

Os valores foram expressos em $\mu\text{mol/L}$ a partir de uma curva de calibração com 5 pontos (mínimo 100 $\mu\text{mol/L}$ e máximo 500 $\mu\text{mol/L}$), elaborada com solução de Peróxido de Hidrogênio (100 $\mu\text{mol/L}$) e solução de iodeto de potássio.

3.10 Vitaminas

3.10.1 Vitaminas B

Segundo a metodologia proposta por Jedličk e Klimeš (2005), adaptada por Fernandes (2012). Pesou-se 1g da fruta, adicionou-se 6 ml de água destilada, para homogeneizar em Ultra-Turrax (Synth IKA T25), em seguida foi transferido para tubo de ensaio. Adicionou-se 1ml de solução 0,25M de H_2SO_4 para a digestão (decompor) interferentes das vitaminas, em seguida foi levado para banho maria a 70° C por 30 minutos, resfriou-se em banho de gelo (temperatura 0°C), em seguida filtrou-se a amostra. A leitura da absorbância foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201) com os seguintes comprimentos de onda: para a vitamina B1 e B2 (254nm), para a B3 (265nm), para a B5 (215nm) e B6 (716nm).

Os valores foram expressos em quantidade relativa (FERNANDES *et al.* 2015) conforme o ganho e perda de vitaminas B, usando a fruta in natura como referência, como também usando outra referência a fruta desidratada, mas sem tratamento, de acordo com a equação:

$$QuantidadeRelativa = \frac{abs\ amostra}{abs\ referência} * 100$$

3.10.2 Vitamina C

Segundo a metodologia proposta por Selimović e Salkić (2011), adaptada por Fernandes (2012). Pesou-se 1g da fruta, adicionou-se 10 ml de oxalato de sódio ($Na_2C_2O_4$) e foi homogeneizado em Ultra-Turrax (Synth IKA T25), em seguida filtrou-se, retirou-se 1mL do filtrado e adicionou-se 9 mL de oxalato de sódio, a amostra foi agitada para leitura em espectrofotômetro (Evolution 201) em 266 nm. Os valores foram expressos em mg/g a partir de uma curva de calibração de 5 pontos preparada com solução padrão de ácido ascórbico, e em seguida os valores finais foram expressos em quantidade relativa (FERNANDES *et al.* 2015) conforme o ganho e perda de vitamina C, usando a fruta in natura como referência, como também usando outra referência a fruta desidratada, mas sem tratamento, de acordo com a equação:

$$QuantidadeRelativa = \frac{abs\ amostra}{abs\ referência} * 100$$

3.10.3 Vitaminas A, D e E

Pesou-se 1g da fruta, adicionou-se 6 ml de água destilada, para homogeneizar em Ultra-Turrax (Synth IKA T25), em seguida foi transferido para tubo de ensaio. Adicionou-se 1mL de solução de 0,50M de NaOH, permaneceu em banho maria 70°C por 30min, em seguida resfriou-se em banho de gelo. Depois foi adicionado 5ml de Hexano, agitou-se por 30 segundos e ficou descansando por 10 minutos, e agitou-se novamente por mais 30 segundos, em seguida a amostra foi centrifugada por 5 minutos. A leitura da absorbância foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201) com os seguintes comprimentos de onda: Para vitamina A

(325nm), Vitamina D (254nm) e Vitamina E (215nm) (RIZZOLO; POLESELLO, 1992; adaptada por Fernandes (2012).

Os valores foram expressos em quantidade relativa (FERNANDES *et al.* 2015) conforme o ganho e perda de vitaminas lipossolúveis, usando a fruta in natura como referência, como também usando outra referência a fruta desidratada, mas sem tratamento, de acordo com a equação:

$$QuantidadeRelativa = \frac{abs\ amostra}{abs\ refer\ência} * 100$$

3.11 Pigmentos (Carotenoides e β -caroteno)

Pesou-se 1g da fruta, adicionou-se 6 ml de água destilada para homogeneizar em Ultra-Turrax (Synth IKA T25), em seguida foi transferido para tubo de ensaio, depois foi adicionado 5mL de Hexano, agitou-se por 30 segundos e ficou descansando por 10 minutos e agitou-se novamente por mais 30 segundos. A leitura da absorbância foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201) com os seguintes comprimentos de onda: Para carotenoides totais (452nm) e β -caroteno (475nm) conforme metodologia de RIZZOLO; POLESELLO, 1992; adaptada por Fernandes (2012).

Os valores foram expressos em quantidade relativa (FERNANDES *et al.* 2015) conforme o ganho e perda de pigmentos, usando a fruta in natura como referência, como também usando outra referência a fruta desidratada, mas sem pré-tratamento, de acordo com a equação:

$$QuantidadeRelativa = \frac{abs\ amostra}{abs\ refer\ência} * 100$$

3.12 Antioxidantes

3.12.1 Compostos fenólicos

Pesou-se 3g da fruta, adicionou-se 10ml de etanol 96% e foi homogeneizado em Ultra-Turrax (Synth IKA T25 por 2 minutos), filtrou-se a amostra para transferir para o tubo de ensaio. Para cada leitura, adicionou-se 0,1 mL de extrato, 0,2 mL de solução Folin e 0,2ml

de água. Esperou-se por 3 minutos para reação e adicionou-se 1 ml de carbonato de sódio, foi agitado rapidamente e transferido para cubeta. A absorbância de 765 nm foi lida em espectrofotômetro (Evolution 201). A quantidade de fenólicos totais foi expressa em miligramas de ácido gálico/L a partir de uma curva de calibração com solução de ácido gálico (armazenado sob refrigeração, conforme a metodologia de Folin e Ciocalteau (1927), com adaptações de Fernandes (2012).

3.12.2 Capacidade Antioxidante (método DPPH)

Pesou-se 3g da fruta in natura, adicionou-se 10ml de etanol 96% e foi homogeneizado em Ultra-Turrax (Synth IKA T25 por 2 minutos), filtrou-se a amostra para transferir para o tubo de ensaio. Para cada leitura adicionou-se 0,030 mL de extrato e 1,2 mL de solução de DPPH (0,1 mM). A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Evolution 201) em 515 nm, a cada 1 minuto por 15 minutos (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSSET, 1995), adaptado por Fernandes (2012). O valor final encontrado será a taxa de decomposição do radical DPPH, através da constante cinética de $\mu\text{mol}/\text{min}$.

3.13. Análise Estatística

Os dados de ultrassom foram submetidos a análise de variância ao nível de 95% de confiança, utilizando o programa estatístico Statistica (Statsoft) versão 10 e os dados de luz ultravioleta foram submetidos ao programa estatístico Assistat 7.7 (SILVA, 2002) com teste de Tukey em nível também de 95% de confiança. As análises foram realizadas em triplicata, sendo calculadas a média e o desvio padrão de cada uma delas.

Abaixo (FIGURA 4) segue o fluxograma de todo o processamento.

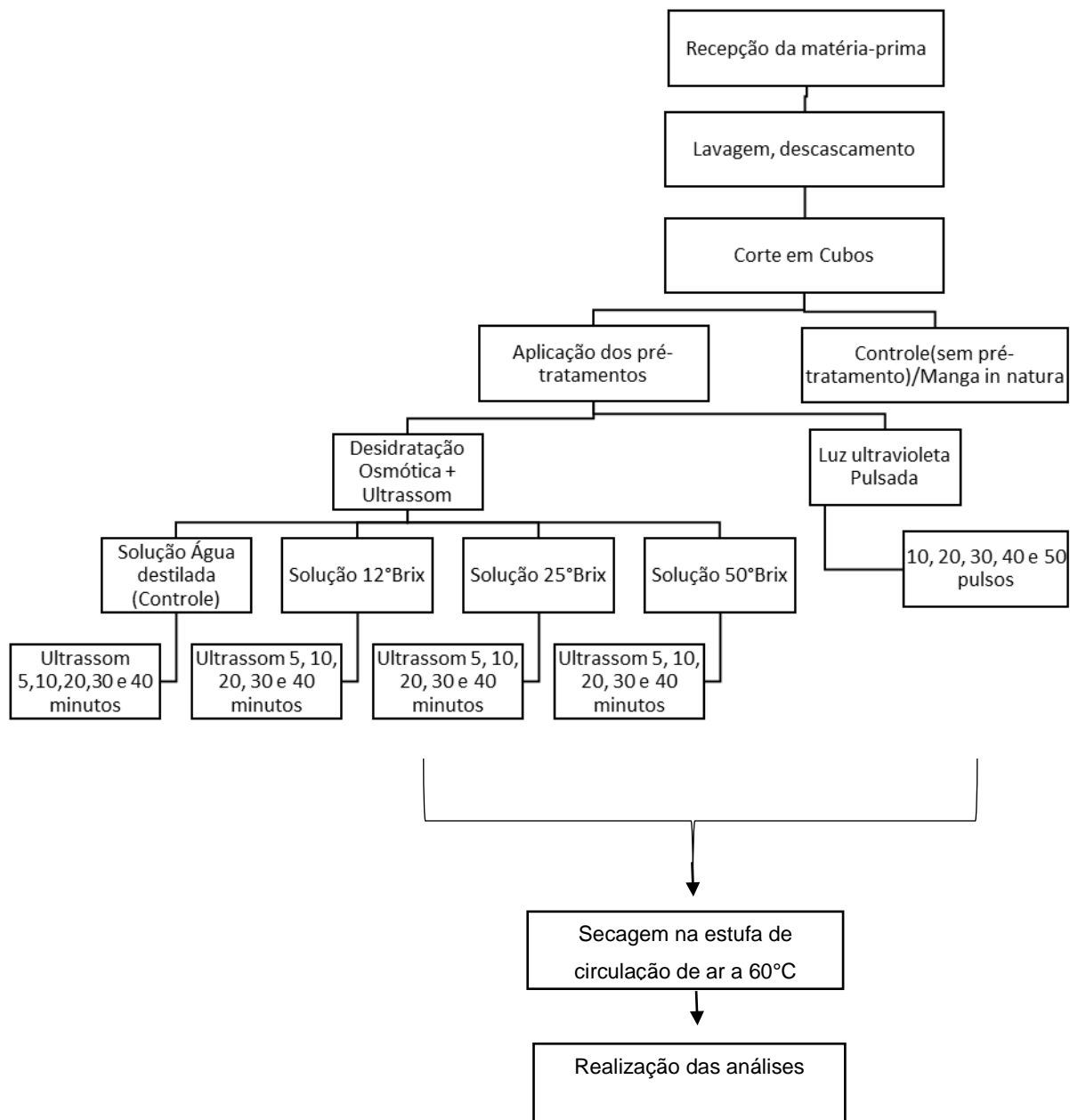


Figura 4- Fluxograma geral do experimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Secagem

4.1.1 Variação de umidade

Observa-se na tabela 2 que quando a maior concentração de solução osmótica foi utilizada, houve uma maior perda de água, já quando a solução 0°Brix foi utilizada houve ganho de água na amostra, fazendo com que dificulte a secagem e tornando viável a utilização do ultrassom juntamente com a solução osmótica para facilitar a remoção da água.

Tabela 2- Efeito do ultrassom em diferentes tempos e desidratação osmótica na variação de umidade e variação de sólidos.

Solução osmótica/ Condição Operacional	Tempo (minutos)	Variação de umidade % *	Variação de sólidos % **
0° Brix + US	5	0,14	-13,20
0° Brix + US	10	-0,85	-14,34
0° Brix + US	20	-2,70	-22,49
0° Brix + US	30	-1,73	-24,24
0° Brix + US	40	-2,30	-25,91
12° Brix + US	5	2,39	5,91
12° Brix + US	10	2,45	1,15
12° Brix + US	20	0,25	8,47
12° Brix + US	30	-0,22	8,78
12° Brix + US	40	-1,50	5,73
25° Brix + US	5	2,36	32,03
25° Brix + US	10	1,94	34,25

25° Brix + US	20	3,77	37,71
25° Brix + US	30	5,35	34,94
25° Brix + US	40	1,73	43,97
50° Brix + US	5	5,60	27,51
50° Brix + US	10	5,61	34,66
50° Brix + US	20	8,11	30,78
50° Brix + US	30	8,72	39,95
50° Brix + US	40	9,63	43,33

*Valores negativos indicam ganho de água

** Valores negativos indicam perda de sólidos

Para a análise da resposta (variação de umidade) mostrada na tabela 3, a média, a variável solução osmótica (linear) com valor positivo e a interação do tempo e solução osmótica foram estatisticamente significativos. Considerando a variável solução osmótica linear com valor positivo, com o aumento da concentração da solução osmótica (°Brix) há uma maior perda de água, para a interação B x t, significa que com o aumento da solução osmótica e do tempo, a perda de água será maior.

Tabela 3– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na variação de umidade de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	3,2365	0,5246	0,0000
B	8,8052	0,6785	0,0000
B ²	-0,0081	1,1336	0,9943
t	0,2567	0,4369	0,5661
t ²	-0,2703	0,4020	0,5122
B x t	2,1933	0,5246	0,0009

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Em trabalhos realizados por Azoubel *et al.* (2010), com mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com ultrassom utilizando a solução de água destilada, observou-se que a amostra ganhou água e perdeu sólidos, resultados também encontrados por Fernandes e Rodrigues (2007a) trabalhando com banana cultivar Nanica e o ultrassom como pré-tratamento. Esse comportamento pode ocorrer devido o gradiente de concentração, no qual favoreceu a transferência de sólidos da amostra para o meio líquido e a transferência de água do meio para a fruta, por isso amostras com maior teor de água (AZOUBEL *et al.*, 2010).

Alguns estudos foram realizados com diferentes frutas para verificar o efeito do ultrassom na perda de água, difusividade e ganho de sólidos, de acordo com Rodrigues e Fernandes (2007b), a difusividade efetiva da água teve efeito positivo para melões e bananas, mas já para mamão e sapotas o efeito foi negativo, esse efeito depende da estrutura celular da fruta e também da umidade. Em outro trabalho com secagem de bananas submetidas ao US, Fernandes e Rodrigues (2007a) observaram que o pré-tratamento com US aumentou a difusividade de água durante a secagem cerca de 14,4%, com isso o fruto poderá secar mais rápido do que a fruta in natura sem pré-tratamento, tornando mais fácil para a água se difundir durante a secagem (FUENTE-BLANCO *et al.*, 2006).

Resultados obtidos por Oliveira (2014) com desidratação osmótica na secagem de mamão, os resultados mostraram oscilações na perda de água, em diferentes tempos e quantidade de açúcar utilizada para solução osmótica. As oscilações podem ter sido causadas pela distorção das células devido aos efeitos do ultrassom, como a cavitação, o efeito esponja e os microcanais que facilitam a transferência de água do material para o meio líquido. De acordo com seus resultados a maior perda de água ocorreu quando o fruto foi submetido a 25° Brix em 10 minutos e 50° Brix por 30 minutos. Complementando Fuente-Blanco *et al.* (2006); Tarleton e Wakeman (1998) afirmaram que o ultrassom provoca compressão e expansão, que podem ser mais elevadas do que a tensão superficial que mantêm a umidade dentro do fruto e assim microcanais são formados, podendo remover a umidade mais facilmente.

Rodrigues e Fernandes (2007b) consideram que a desidratação osmótica apresenta taxa elevada de perda de água, podendo ser usada para redução do teor de água inicial e

redução do tempo de secagem e assim contribuir para diminuir as perdas dos nutrientes causadas pelo calor.

A equação 2 mostra as variáveis codificadas dos coeficientes de regressão para análise de perda de água com diferentes tempos de ultrassom (codificação 0: tempo mínimo de 5 min e codificação 1: tempo máximo de 40 min) e soluções osmóticas (codificação 0: concentração da solução osmótica menor de 0°brix e codificação 1: concentração da solução osmótica maior de 50°brix). Esta equação é utilizada como uma ferramenta matemática para através dos dados experimentais prever o comportamento da perda de água variando o tempo de ultrassom e a solução osmótica (° Brix).

Equação 2.

Variação de umidade: $3,2365 + 8,8052*B - 0,0081*B^2 + 0,2567*t - 0,2703*t^2 + 2,1933*B*t$

4.1.2 Variação de sólidos

Os dados da variação de sólidos podem ser observados na tabela 2, quando a solução (0°Brix) apenas com água destilada foi utilizada não houve ganho de sólidos, mas sim perda, já que nenhuma solução de desidratação osmótica foi utilizada, diferente de quando as soluções com concentração de Brix de 25° e 50° foram utilizadas e apresentaram maior ganho de sólidos, principalmente durante 40 minutos o maior tempo de processamento com US. Na tabela 4, tendo como resposta a variação de sólidos em amostras tratadas com ultrassom, verifica-se que a média apresentou 95% de significância ($p < 0,05$) como também o termo linear e quadrático da variável solução osmótica. Considerando a variável solução osmótica linear com valor positivo, com o aumento da concentração da solução osmótica (°Brix) houve um aumento no ganho de sólidos e para variável solução osmótica quadrática negativa, significa que com o aumento da solução osmótica, houve também um aumento na resposta, sendo que em um certo momento esse aumento não faz mais efeito.

Tabela 4– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na variação de sólidos de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	0,3200	0,0271	0,0000
B	0,5994	0,0351	0,0000
B²	-0,5626	0,0587	0,0000
t	0,0340	0,0226	0,1544
t ²	0,0105	0,0208	0,6221
B x t	0,0501	0,0271	0,0864

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Prothom *et al.* (2001); Torreggiani e Bertolo, (2001); Khin *et al.* (2007); Mayor *et al.* (2007), reportaram em seus trabalhos que a desidratação osmótica muda a textura dos frutos devido a dissolução da pectina e quebra do tecido celular, esse efeito pode ser demonstrado no trabalho de Prinzivalli *et al.* (2006) a partir de exposição de morangos a solução osmótica. Segundo Fernandes e Rodrigues (2008c) o ganho de açúcar ocorre devido a um gradiente (pressão osmótica) entre a fruta e a solução osmótica, ocorrendo a transferência de massa do açúcar da solução osmótica para a fruta e a transferência de massa da água a partir do fruto para a solução osmótica.

Rastogi *et al.* (2004) afirmam que para uma maior remoção de água necessita-se de maior concentração de solução osmótica, mesmo havendo ganho de sólidos para a amostra, a desvantagem desse ganho é que como a membrana responsável pelo transporte osmótico não é perfeitamente seletiva, outros solutos que estão presentes nas células como as vitaminas, minerais, açúcares e ácidos orgânicos, também podem se difundir para a solução osmótica e acabar tendo perdas de nutrientes (RASTOGI *et al.*, 2004).

Fernandes, Galão e Rodrigues (2009) trabalhando com secagem em abacaxi obtiveram resultado similar ao presente trabalho, no qual a perda de água aumentava com o tempo de processamento e com o aumento da concentração de °Brix da solução osmótica, como também houve ganho de sólidos, a partir do aumento do teor de sólidos solúveis da solução osmótica, podendo ser explicado uma maior pressão osmótica e também alterações no

tecido celular que podem favorecer ao ganho de sólidos já que a resistência ao fluxo de moléculas grandes como a sacarose será menor.

A equação 3 é utilizada como uma ferramenta matemática para através dos dados experimentais das variáveis codificadas para predizer o comportamento da variação de sólidos variando o tempo de ultrassom (codificação 0: tempo mínimo de 5 min e codificação 1: tempo máximo de 40 min) e a soluções osmóticas (codificação 0: concentração da solução osmótica menor de 0°brix e codificação 1: concentração da solução osmótica maior de 50°brix).

Varição de sólidos: $0,3200 + 0,5994*B - 0,5626*B^2 + 0,0340 *t + 0,0105*t^2 + 0,0501*B*t$

Equação 3.

A tabela 5 apresenta os dados da variação de umidade e variação de sólidos em amostras tratadas com diferentes doses de luz ultravioleta pulsada, observou-se que a perda de água é maior conforme aumentava a quantidade de pulsos e para o ganho de sólidos nas diferentes doses de radiação, três não tiveram ganho, mas sim perda. De maneira geral a luz ultravioleta apresentou pouco ganho de sólidos para a manga, portanto a radiação UV-p é indicada para aumentar a remoção de água da manga e com isso reduzir o tempo de secagem, podendo ser considerado um pré-tratamento ainda mais eficaz que o Ultrassom já que apresentou maiores taxas de perda de água.

Tabela 5- Efeito da luz ultravioleta pulsada com diferentes doses de radiação na variação de umidade e variação de sólidos.

Condição Operacional	Quantidade de Pulsos da radiação UV	Variação de umidade % *	Variação de sólidos %**
Luz Ultravioleta pulsada	10	4,32	-3,54
	20	4,96	-0,04
	30	8,36	1,98
	40	13,12	-1,64
	50	15,97	0,28

*Valores negativos indicam ganho de água

** Valores negativos indicam perda de sólidos

4.1.3 *Difusividade*

A tabela 6 mostra os parâmetros do modelo de Page utilizado para representar o processo de secagem de cubos de manga. Observou-se que o ultrassom e a luz ultravioleta pulsada não exercem influência para o aumento da difusividade da água, já que valores da amostra sem pré-tratamento estão um pouco acima. Em trabalhos realizados por Fernandes, Linhares e Rodrigues (2008b) e por Fernandes, Oliveira e Rodrigues (2007b), foi observado que o aumento do tempo do uso do ultrassom apresentou aumento na difusividade em abacaxi e banana, respectivamente. Estudos afirmam que as diferenças do efeito do ultrassom dependem da estrutura da fruta.

Tabela 6- Parâmetros do modelo da difusividade de acordo com a equação de Page*, de amostras submetidas ao Ultrassom e Luz Ultravioleta pulsada.

Solução Osmótica/ Condição Operacional	Tempo (min)	A (umidade final)	k (difusividade) m²/min	R² (coeficiente de determinação)
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		0,99	0,013	0,99
0° Brix + US	5	1,03	0,011	0,99
	10	1,05	0,010	0,99
	20	1,07	0,009	0,99
	30	1,07	0,009	0,99
	40	1,06	0,009	0,99
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		0,997	0,015	0,98
12° Brix + US	5	1,05	0,011	0,99
	10	1,05	0,009	0,99
	20	1,05	0,010	0,99
	30	1,07	0,010	0,99
	40	1,07	0,009	0,98
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		0,98	0,013	0,99
25° Brix + US	5	1,09	0,009	0,99
	10	1,04	0,010	0,99
	20	1,00	0,011	0,99
	30	1,03	0,010	0,99
	40	1,01	0,010	0,99
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		0,97	0,014	0,99
50° Brix + US	5	1,05	0,009	0,99

	10	1,01	0,009	0,99
	20	0,97	0,011	0,99
	30	0,97	0,010	0,99
	40	0,99	0,010	0,99

Condição Operacional	Quantidade de Pulsos	A	k	R ²
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		1,00	0,013	0,99
Ultravioleta Pulsado	10	1,04	0,010	0,99
	20	1,06	0,009	0,99
	30	1,01	0,011	0,99
	40	1,04	0,010	0,99
	50	1,02	0,011	0,99

*Equação do modelo de Page $RU = (U_t - U_{eq}) / (U_0 - U_{eq}) = \exp(-kt^n)$

A desidratação osmótica também não contribuiu, devido ao aumento do tempo em contato com o açúcar, os microcanais podem ter ficado saturados e com isso dificultando a saída da água. Conforme citam os autores (Fernandes, Linhares e Rodrigues, 2008b; Rodrigues e Fernandes, 2007a; Nieto *et al.* 2001) a desidratação osmótica pode diminuir a difusividade da água por conta da saturação da camada exterior da fruta com o açúcar, já que a velocidade de difusão da sacarose para o interior da fruta é maior de que a difusão da água.

Ferrari *et al.* (2005) trabalhando com desidratação osmótica de melão mostrou que com o uso de solução osmótica com maior concentração, houve diminuição dos coeficientes de difusividade da água, mesmo que a perda de água tenha sido maior nas soluções com maior concentração, considerando que o cálculo da difusividade se refere a uma média das taxas de difusão ao longo do processo, e com o tempo a tendência da velocidade é diminuir para se aproximar de um sistema em equilíbrio. Telis; Murari e Yamashita (2004) observaram

comportamento similar com desidratação osmótica de tomates, com solução de 50°Brix encontrou uma difusividade menor devido ao ganho de sólidos. Fernandes, Linhares e Rodrigues (2008b) afirmam que como a solução osmótica pode aumentar o ganho de sólidos, o processo de secagem tem de remover a umidade fortemente ligada ao açúcar incorporado no fruto.

No entanto, outras teorias mostram a importância da desidratação osmótica já que a sacarose é considerada um ótimo agente desidratante que pode ser utilizada na desidratação osmótica como etapa preliminar a secagem favorecendo assim a difusividade da água (FORNI *et al.*, 1997; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006). Durante a desidratação osmótica uma camada superficial se forma no produto e tem influência sobre a transferência de massa, favorecendo assim a perda de água (RASTOGI *et al.*, 2002). Silva (2012) apresentou aumento da difusividade efetiva da água após 20 min com aplicação do US, onde esse pré-tratamento favoreceu a formação de microcanais, criando assim fluxo livre para a eliminação da água e como consequência o tempo necessário para remover 90% da água inicial do abacaxi também foi menor. O efeito do ultrassom como pré-tratamento pode ser considerado positivo, levando ao aumento da difusividade da água do fruto e com isso acelerando a secagem (FERNANDES; RODRIGUES, 2007a).

Observou-se que o modelo teve uma boa representação para todas as condições de processamento já que o R^2 teve valor próximo a 1. Em estudos realizados por Costa *et al.* (2015) secagem de frutos de crumbe, em todas as condições de secagem utilizadas os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram superiores a 98% para dois modelos, dentre eles o de Page, apresentando um bom ajuste na representação da razão da umidade em função do tempo, comportamento similar ao presente trabalho, assim como o encontrado no estudo de Santos *et al.* (2010) com carambola.

Para fundamentar o processo de secagem é importante saber o teor inicial e final (equilíbrio) de água do material (fruto em estudo) e o transporte da água do interior do material até a superfície (FANG *et al.*, 2009). De acordo com Oliveira *et al.* (2002) estudos e análises da curva de secagem que representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, através do conteúdo de umidade em relação ao tempo, devem ser realizados para determinar um melhor processo de secagem e obter um produto de qualidade.

4.1.4 Tempo para redução de 90% de água inicial da manga

A tabela 7 mostra o tempo total necessário para remover 90% do teor de água inicial dos frutos submetidos ao pré-tratamento do Ultrassom e secagem. Observa-se que quando as amostras foram tratadas com desidratação osmótica (12°, 25° e 50° Brix), o tempo de processo foi reduzido quando comparadas as amostras que não passaram por desidratação osmótica (0°Brix), as quais apresentaram tempos de secagem ainda maiores de que as amostras que foram desidratadas sem o uso do ultrassom. Mostrando assim que para uma maior taxa de remoção de água a desidratação osmótica é necessária, juntamente com o ultrassom.

O menor tempo de secagem foi obtido a partir da condição utilizando a solução osmótica com 50°Brix assistida com ultrassom com tempo de 40 min, com essa condição o tempo para secar a amostra foi de 99 min, conseguindo alcançar uma redução de 43% no tempo de secagem (uma hora e quinze minutos) quando comparada a condição sem o uso de pré-tratamento que levou 174 minutos para secar o cubo da manga.

Tabela 7- Tempo (minutos) necessário para remover 90% do teor de água inicial da manga quando submetida ao pré-tratamento de Ultrassom + desidratação osmótica e secagem.

Solução Osmótica/ Condição Operacional	Tempo (min)	Tempo (min) para remover 90% da água inicial
Sem US		166
0° Brix + US	5	207
0° Brix + US	10	280
0° Brix + US	20	278
0° Brix + US	30	231
0° Brix + US	40	238
Sem US		153
12° Brix + US	5	139
12° Brix + US	10	147
12° Brix + US	20	138
12° Brix + US	30	139
12° Brix + US	40	145
Sem US		177
25° Brix + US	5	118

25° Brix + US	10	116
25° Brix + US	20	111
25° Brix + US	30	111
25° Brix + US	40	108
Sem US		174
50° Brix + US	5	119
50° Brix + US	10	111
50° Brix + US	20	112
50° Brix + US	30	102
50° Brix + US	40	99

Para o pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada (tabela 8) observa-se que sem o uso da radiação o tempo de processo foi de 171 minutos, e quando os cubos de manga foram tratados com luz UV-p, conforme aumentava a quantidade de pulsos emitidos, o tempo era reduzido (136 min para 50 pulsos emitidos), tendo assim uma redução de meia hora (20%) no tempo de secagem.

Os efeitos mecânicos e físicos das ondas ultrassônicas podem ser usados para melhorar processos de transferência de massa, já que microcanais são formados facilitando assim a remoção da água (FERNANDES; RODRIGUES, 2008c). Com isso, os pré-tratamentos estudados (desidratação osmótica assistida com Ultrassom e Luz ultravioleta pulsada) são tecnologias que podem ser utilizadas para reduzir o tempo de secagem.

Tabela 8- Tempo (minutos) necessário para remover 90% do teor de água inicial da manga quando submetida ao pré-tratamento da luz ultravioleta pulsada e secagem.

Solução Osmótica/ Condição Operacional	Quantidade de Pulsos	Tempo (min) para remover 90% da água inicial
Sem UV		171
Luz Ultravioleta Pulsada	10	168
	20	158
	30	148
	40	145
	50	136

4.2 Colorimetria

As tabelas 9 e 10 mostraram o efeito da aplicação do ultrassom e da luz ultravioleta pulsada sobre a cor da manga ao final da secagem. Comparando com os parâmetros da manga in natura, observou-se que o L*(Luminosidade), C*(Croma - intensidade ou saturação da cor) e h° (ângulo que indica a tonalidade) foram todos reduzidos quando foram submetidos aos pré-tratamentos (US e UV), o parâmetro com maior redução foi o Croma, possivelmente devido a formação de compostos escuros (melanoidinas) e destruição de pigmentos durante o processamento. Nas mesmas tabelas, observando as mangas que foram desidratadas, mas sem os pré-tratamentos, os valores não se diferenciaram, mostrando que o uso dos pré-tratamentos não afetou os parâmetros da cor, mas sim quando submetidos a secagem. Shamaei (2011), trabalhando com desidratação osmótica de Cranberries submetidas ao ultrassom de baixa frequência, observou degradação dos parâmetros de cor que ocorreu devido o contato com ar quente da secagem (70° C) que degradou os pigmentos.

Esses parâmetros são importantes já que indicam as mudanças que ocorreram durante o processamento, sabendo que o L da luminosidade quanto mais próximo ao valor de 100, mais clara é amostra, no caso são as mangas in natura, e quando são submetidas ao processamento o valor é reduzido, se tornando assim mais escura, característica de produtos desidratados.

Tabela 9- Efeito da aplicação de ultrassom, em diferentes tempos e soluções osmóticas, sobre a cor da manga ao final da secagem.

Solução osmótica/Condição operacional	Tempo (minutos)	L*	C*	h
Manga in natura		66,24 ±0,60	67,50±1,52	84,78±0,44
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		60,36±2,04	42,73±8,85	76,9±0,52
0° Brix + US	5	58,32±0,64	42,71±3,86	78,05±0,31
	10	58,49±2,33	41,48±5,29	77,34±0,14
	20	59,71±0,79	45,58±4,09	77,43±0,27

	30	58,59±1,41	43,63±6,11	77,77±0,44
	40	60,36±1,09	42,98±7,35	78,25±0,25
Manga in natura		72,74 ±3,50	71,37± 0,80	85,18 ±0,29
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		61,78±4,37	51,02±4,87	81,90±0,15
12° Brix + US	5	61,52±1,17	49,28±5,10	79,42±0,20
	10	62,91±1,49	51,81±2,38	81,14±0,29
	20	63,34±1,02	51,29±3,44	81,66±0,34
	30	63,47±2,12	47,98±5,06	81,73±0,44
	40	62,7±2,02	54,21±2,15	81,96±0,21
Manga in natura		67,88 ±1,25	68,84±1,38	84,78 ±0,44
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		60,55±1,64	51,51±4,66	76,84±0,32
Solução Osmótica 25° Brix + US	5	61,89±0,77	53,17±3,65	78,34±0,43
	10	63,48±1,04	51,39±3,73	78,82±0,08
	20	62,61±1,08	51,54±4,54	78,95±0,19
	30	62,64±1,34	51,45±2,67	78,47±0,20
	40	62,26±1,94	52,14±2,67	79,59±0,20
Manga in natura		72,68 ±0,92	67,50±2,69	88,93±0,24
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		66,19±0,79	54,94±4,31	81,67±0,06
50° Brix + US	5	63,76±1,94	50,32±4,51	81,97±0,39
	10	63,81±1,64	49,99±2,89	82,5±0,57
	20	65,98±2,57	56,18±5,60	83,15±0,34
	30	64,26±0,73	51,43±2,44	82,96±0,37
	40	64,37±0,86	52,94±1,85	82,17±0,35

Tabela 10- Efeito da aplicação da luz ultravioleta pulsada, em diferentes tempos e soluções osmóticas, sobre a cor da manga ao final da secagem.

Condição Operacional	Quantidade de Pulsos da radiação UV	L*	C*	h
Manga in natura		70,51± 0,86	64,36± 2,13	89,19± 0,23
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		64,79±2,39	51,57±3,75	80,91±0,10
Ultravioleta Pulsada	10	64,36±1,39	48,80±2,75	80,47±0,16
	20	63,98±1,86	49,87±3,45	80,28±0,22
	30	63,14±0,81	50,31±3,18	80,31±0,26
	40	64,00±1,07	52,05±3,78	81,20±0,26
	50	64,75±1,45	50,44±4,31	81,11±0,37

O Croma é a saturação da cor, como também a pureza da amostra e quanto maior o valor, mais “pura” a amostra, ou seja, menos o fruto passou por processamento (manga in natura variou de 51 a 71, manga desidratada variou de 41 a 55). O ângulo Hue mede a tonalidade da cor, ou seja, define a cor propriamente dita (em torno de 90° é a cor amarela), os resultados mostraram que as mangas in natura se aproximaram mais desse valor e as amostras tratadas apresentaram menores valores devido efeito do processamento.

Sousa *et al.* (2003) observaram que o maior grau de escurecimento durante a secagem da banana ocorreu por causa da maior concentração de sólidos solúveis envolvidos na desidratação osmótica, assim pôde-se observar que quanto maior o ganho de sólidos, maior é o grau de escurecimento durante a secagem desta fruta. Macdougall (2002); Sato, Sanjinez-Argandoña e Cunha (2004) explicaram que o resultado pode ser devido a degradação e isomerização dos carotenoides pelo calor, a exposição a luz e o tempo de processamento. O presente trabalho não apresentou mudanças nos parâmetros de cor entre os diferentes tempos de processamento com o ultrassom.

Silva (2012) em sua pesquisa com secagem de abacaxi, observou que ao final da secagem a Luminosidade (L*) cai, comportamento similar ao presente trabalho, mostrado na tabela 2 e 3. Ahmed, Shivhare e Kaur (2002) citam que a concentração de compostos e redução do teor de água também está associado a formação de compostos escuros a partir de

reações de escurecimento, como na pesquisa de Adekunte *et al.* (2010) com suco de tomate submetido ao US, na qual a sonificação causou decréscimo nos parâmetros L*, a* e b*.

Os parâmetros de cor podem ter relação com a vitamina C e com os pigmentos carotenoides e β -caroteno, nos quais os resultados mostraram comportamentos similares, com o uso dos pré-tratamentos (US e UV-p) apresentando redução em comparação com a amostra in natura, mas quando a relação é com a amostra sem pré-tratamento, o uso do US e UV-p ameniza as perdas da cor, vitamina C e pigmentos (Carotenoides e β -caroteno).

4.3 Extravasamento de eletrólitos

Os valores apresentados nas tabelas 11 e 12 mostraram as porcentagens dos eletrólitos que extravasaram da célula do material em estudo, quanto mais eletrólitos extravasam, maiora a permeabilidade da membrana. Comparando com a amostra in natura, considera-se que as amostras tratadas com ultrassom e ultravioleta não foram afetadas em termo de membrana com esses processos. De acordo com Rastogi *et al.* (2002) a membrana pode mudar de permeabilidade parcial para total e assim causar mudanças significativas na estrutura do tecido.

Assim como no presente estudo, Sousa (2014) trabalhando com cubos de manga minimamente processados, não encontrou interação significativa entre as quantidades de doses de UV-p e tempo de armazenamento. Foi observado também que a aplicação de UV-p promove uma fina camada superficial no material, e essa superfície externa que fica ressecada pode dificultar o extravasamento de solutos.

Tabela 11- Extravasamento de eletrólitos de amostras submetidas a tempos de ultrassom em diferentes soluções osmóticas.

Solução Osmótica/ Condição Operacional	Tempo (min)	Extravasamento de eletrólitos
In natura		25,95
0° Brix + US	5	26,98
0° Brix + US	10	23,90
0° Brix + US	20	23,30
0° Brix + US	30	26,63
0° Brix + US	40	25,48
In natura		39,28

12° Brix + US	5	45,05
12° Brix + US	10	45,47
12° Brix + US	20	36,23
12° Brix + US	30	33,58
12° Brix + US	40	31,27
In natura		29,45
25° Brix + US	5	30,84
25° Brix + US	10	30,01
25° Brix + US	20	22,33
25° Brix + US	30	33,68
25° Brix + US	40	24,40
In natura		31,64
50° Brix + US	5	33,29
50° Brix + US	10	30,55
50° Brix + US	20	30,68
50° Brix + US	30	31,54
50° Brix + US	40	38,10

Tabela 12- Extravasamento de eletrólitos de amostras submetidas a luz ultravioleta pulsada.

Solução Osmótica/ Condição Operacional	Quantidade de Pulsos	Extravasamento de Eletrólitos
in natura		32,46
Luz Ultravioleta Pulsada	10	36,78
	20	37,70
	30	35,49
	40	32,84
	50	35,54

A tabela 13 representa os efeitos estimados para verificar a influência das variáveis de tempo e solução osmótica sobre a resposta (extravasamento de eletrólitos) de amostras submetidas ao US, observa-se que apenas a média teve 95% de significância ($p < 0,05$), portanto o tempo de ultrassom e solução osmótica não influenciam o extravasamento de eletrólitos.

Tabela 13– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom no extravasamento de eletrólitos de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	32,0793	3,1694	0,0000
B	3,6942	4,0993	0,3827
B ²	-6,6725	6,8489	0,3464
t	-2,3941	2,6397	0,3797
t ²	1,6478	2,4288	0,5085
B x t	2,7445	3,1693	0,4011

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

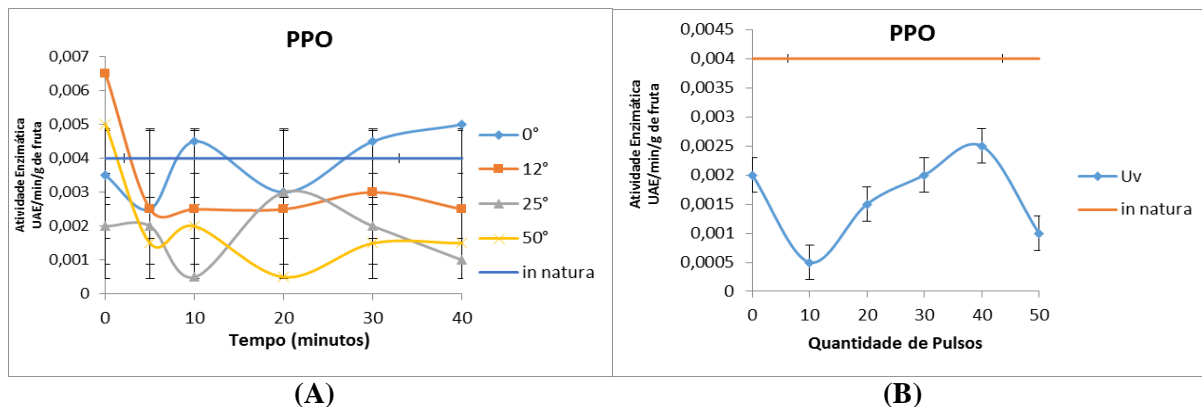
4.4 Atividade enzimática

4.4.1 Enzima Polifenoloxidase (PPO)

Na Figura 5A verifica-se que o pré-tratamento com ultrassom se mostrou eficaz nas condições que utilizava as soluções osmóticas de 12°, 25° e 50° Brix, já que a atividade enzimática apresentou valores menores que a amostra in natura. A melhor inativação da enzima PPO foi quando se utilizou solução de 25° e 50° Brix, conforme mostrado na tabela 14, a influência das soluções na variável resposta.

Como mostra a Figura 5B, o tratamento com luz ultravioleta pulsada foi eficaz na inativação da enzima PPO, já que em todas as diferentes intensidades de energia utilizadas, os valores de atividade foram menores que os da amostra in natura. Observa-se também que quando se utilizou 10 pulsos, a inativação da enzima foi melhor, sendo assim, não há a necessidade de aumentar mais o gasto de energia no processo. No trabalho realizado por Sousa (2014), a enzima PPO apresentou maiores valores conforme aumentava o tempo de exposição a luz UV em mangas minimamente processadas.

Figura 5- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima polifenoloxidase (PPO) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 5(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima polifenoloxidase (PPO) em diferentes intensidades de energia (pulsos).



A tabela 14 representa os efeitos estimados para verificar a influência das variáveis de tempo e solução osmótica sobre a resposta (enzima PPO). A análise mostrou efeito negativo da variável solução osmótica, portanto o aumento da concentração do valor do °Brix (solução osmótica), diminui a atividade enzimática, condição assim indicada para inativação da enzima do produto. O efeito positivo do termo quadrático indica que o efeito é maior para maiores concentrações de solução osmótica.

Tabela 14 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima polifenoloxidase (PPO) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	0,0017	0,0002	0,0000
B	-0,0024	0,0003	0,0000
B²	0,0017	0,0006	0,0089
t	0,0001	0,0002	0,5473
t ²	-0,0000	0,0002	0,8328
B x t	-0,0005	0,0002	0,0930

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

De acordo com a tabela 15, a amostra in natura apresentou diferença estatística entre as amostras que foram submetidas a luz ultravioleta pulsada, as quais apresentaram valores inferiores ao valor da amostra in natura, portanto o pré-tratamento utilizando diferentes quantidades de pulsos é eficaz na inativação da enzima PPO.

Ondas acústicas do processamento com ultrassom induzem a compressão e expansão do produto, podendo causar a desnaturação de proteínas, com isso reduzindo a atividade de algumas enzimas ou inativando-as (KNORR *et al.*, 2004; FERNANDES; RODRIGUES, 2007; RASTOGI, 2010). Outra explicação para a inativação enzimática pelo ultrassom, é devido a força mecânica pelo colapso de bolhas de cavitação (ERCAN; SOYSAL, 2011). Conforme O'Donnell *et al.* (2010), níveis baixos de potência podem influenciar a estimulação das enzimas, e quando os níveis se tornam mais elevados, as enzimas podem ser inativadas devido a desnaturação. Costa *et al.* (2013) trabalhando com sonicação em suco de abacaxi, observaram que no início do processo a atividade da enzima era maior devido o rompimento celular, onde a enzima é liberada, e depois de elevadas intensidade de US e tempo de exposição, a PPO é reduzida, com isso a inativação da enzima é considerada quando a taxa da liberação for superado pela taxa de desnaturação. O ultrassom tem um benefício que é permitir a inativação enzimática em menor temperatura e em tempo mais curto (VERCET *et al.*, 2002).

Tabela 15– Análise estatística da enzima Polifenoloxidase (PPO) de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

N° de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	0.0035 a
Sem Uv e desidratada	0.0020 ab
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	0.0010 b
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	0.0015 b
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	0.0021 ab
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	0.0025 ab
50 pulsos (18 J/cm ²)	0.0010 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.4.2 Enzima Peroxidase (POD)

De acordo com a Figura 6A, a manga in natura apresentou menores valores (0,018) de atividade enzimática quando comparada as mangas tratadas. As amostras desidratadas que não foram submetidas as ondas ultrassônicas apresentaram valores superiores quando comparadas as amostras que passaram por desidratação osmótica de 12, 25 e 50° Brix, que ao serem submetidas ao ultrassom em 5 minutos tiveram a atividade de peroxidase reduzida. A condição que pode ser considerada mais eficaz é a de 20 minutos de ondas de ultrassom com desidratação osmótica de 25 e 50° Brix, pois apresentaram valores de atividade enzimática menores que os valores da amostra in natura. Pequenas explosões devido ao uso do ultrassom causam fragmentação de grandes estruturas moleculares tornando-as mais disponível para o substrato, e assim a atividade enzimática pode aumentar (KNORR *et al.*, 2004; FERNANDES; RODRIGUES, 2007; RASTOGI, 2010).

Silva *et al.* (2015) trabalhando com suco de maçã, apresentaram um aumento da atividade da peroxidase após a aplicação de ultrassom, esse aumento pode estar relacionado com a formação de peróxido de hidrogênio e quando tem aumento desses compostos que são o principal substrato para peroxidases, a enzima é ativada. Comportamento da enzima similar ao presente trabalho, no qual foi observado aumento desta enzima, como também de peróxido de hidrogênio, quando é levado em consideração a amostra in natura.

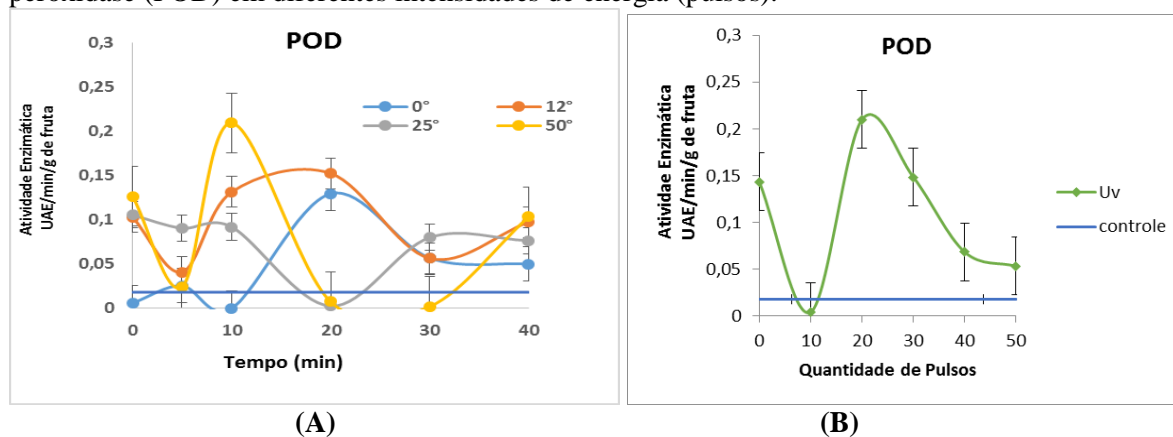
Devido aos estresses que frutas e hortaliças sofrem, espécies reativas de oxigênio (ERO's) são formadas e podem causar danos irreparáveis às membranas celulares (ALAMINO *et al.*, 2013), com isso há um aumento na produção de enzimas antioxidantes, como por exemplo a dismutase do superóxido e algumas peroxidases (ALSCHER *et al.*, 2002; MARCHESE *et al.*, 2008).

No trabalho de Vásquez-Caicedo *et al.* (2007) com purê de manga pasteurizado, a POD foi a enzima responsável pela perda de cor durante o armazenamento desse produto, provocando a oxidação de polifenóis e apresentando atividade de 0,4 a 2,6%. MacDonald e Schaschke (2000) relataram que a peroxidase é responsável pela mudança de cor, perda de textura e off-flavors, sendo necessário então cuidados para se obter um produto final de qualidade.

A Figura 6B mostra que na maioria das condições com diferentes quantidades de pulsos emitidas obtiveram atividade enzimática superior ao da manga in natura, sendo assim

esse pré-tratamento não é indicado para a inativação das peroxidases, com exceção a emissão de 10 pulsos que conseguiu inativar esta enzima.

Figura 6- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima peroxidase (POD) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 6(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima peroxidase (POD) em diferentes intensidades de energia (pulsos).



A tabela 16 representa os efeitos estimados para verificar a influência das variáveis de tempo e solução osmótica sobre a resposta (enzima POD). A análise mostrou que apenas a média apresentou 95% de significância ($p < 0,05$), sendo assim as condições de tempo e solução osmótica não alteram a atividade da enzima peroxidase.

Tabela 16– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima peroxidase (POD) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	0,083609	0,0202	0,0002
B	0,0085	0,0261	0,7462
B ²	-0,0384	0,0436	0,3846
T	-0,0019	0,0168	0,9100
t ²	-0,0008	0,0154	0,9572
B x t	-0,0187	0,0202	0,3589

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

A análise estatística (tabela 17) mostrou que as diferentes quantidades de pulsos emitidas, com exceção a de 10 pulsos, tiveram atividade enzimática superior a amostra in natura, mostrando que a emissão de luz ultravioleta pulsada não inativa a enzima peroxidase.

Tabela 17– Análise estatística da enzima Peroxidase de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	0.003 b
Sem UV e desidratada	0.143 ab
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	0.004 b
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	0.210 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	0.148 ab
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	0.068 ab
50 pulsos (18 J/cm ²)	0.053 ab

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.4.3 Enzima Ascorbato Oxidase (PAX)

De acordo com a Figura 7A, a atividade enzimática da amostra in natura foi superior a atividade dos demais tratamentos, mostrando que o ultrassom reduzia a atividade da enzima ascorbato oxidase. Porém, a amostra tratada com ultrassom em solução osmótica a 25°Brix apresentou maiores valores de atividade e nos tempos 20 e 40 minutos, apresentou valores similares a amostra in natura.

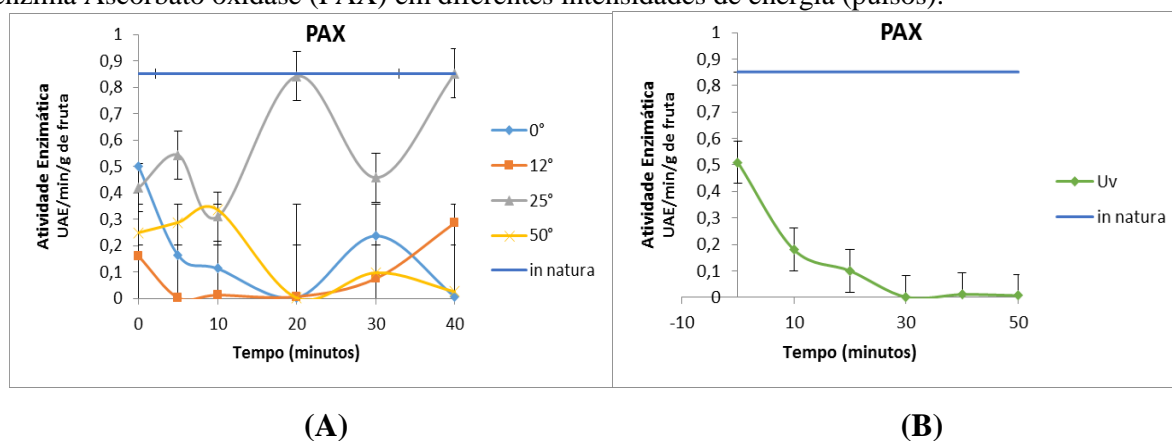
A enzima ascorbato oxidase é encontrada em vegetais e pode estar na forma solúvel ou ligada a parede celular (HALLAWAY *et al.*, 1970), e sua quantidade pode estar relacionada com a quantidade de ácido ascórbico presente na fruta. Cardelho *et al.* (1998) mostraram que a atividade da ascorbato oxidase aumentava, conforme diminuía a quantidade de ácido ascórbico durante o amadurecimento de manga, havendo uma correlação significativa.

Na Figura 7B observa-se o efeito da aplicação da luz ultravioleta pulsada nas mangas desidratadas com diferentes quantidades de pulsos, as amostras reduziram sua atividade enzimática em relação a amostra in natura, sendo assim um tratamento eficaz para a

inativação da ascorbato oxidase, principalmente quando se emite 30, 40 e 50 pulsos, já que são quantidades com maior energia e com maior potencial assim para inativar esta enzima.

Sousa (2014) trabalhando com mangas minimamente processadas submetidas a luz ultravioleta pulsada avaliou enzimas antioxidantes, e para a enzima PAX observou interação significativa entre as doses (densidades energéticas) utilizadas e o tempo de conservação (armazenamento). A atividade enzimática foi menor comparada a amostra in natura, quando se utilizou quatro densidades energéticas diferentes (3; 4,2; 5,7; 7,2 J/cm²), assim como no presente trabalho que também teve redução da atividade enzimática com a aplicação das diferentes densidades energéticas. Segundo Jiang *et al.* (2010) citam que quando se utiliza UV, as taxas das espécies reativas de oxigênio (ERO's) são aumentadas, e essas substâncias são controladas por sistemas antioxidantes.

Figura 7- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima Ascorbato oxidase (PAX) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 7(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima Ascorbato oxidase (PAX) em diferentes intensidades de energia (pulsos).



Na tabela 18 tendo como resposta a enzima PAX em amostras tratadas com ultrassom, verifica-se que a média apresentou 95% de significância ($p < 0,05$), como também o termo quadrático negativo, indicando que o aumento da solução osmótica, pode aumentar a inativação, sendo que em um certo momento, esse aumento não é tão significativo. Para as amostras tratadas com UV-p, observa-se que de acordo com a análise estatística (tabela 19), não houve diferença entre as amostras.

Tabela 18 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima ascorbato oxidase (PAX) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	0,4015	0,1231	0,0025
B	0,1709	0,1592	0,2906
B²	-0,6789	0,2661	0,0154
t	-0,0019	0,1025	0,9851
t ²	0,0426	0,0943	0,6541
B x t	-0,0864	0,1231	0,4875

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 19 – Análise estatística da enzima Ascorbato Oxidase de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

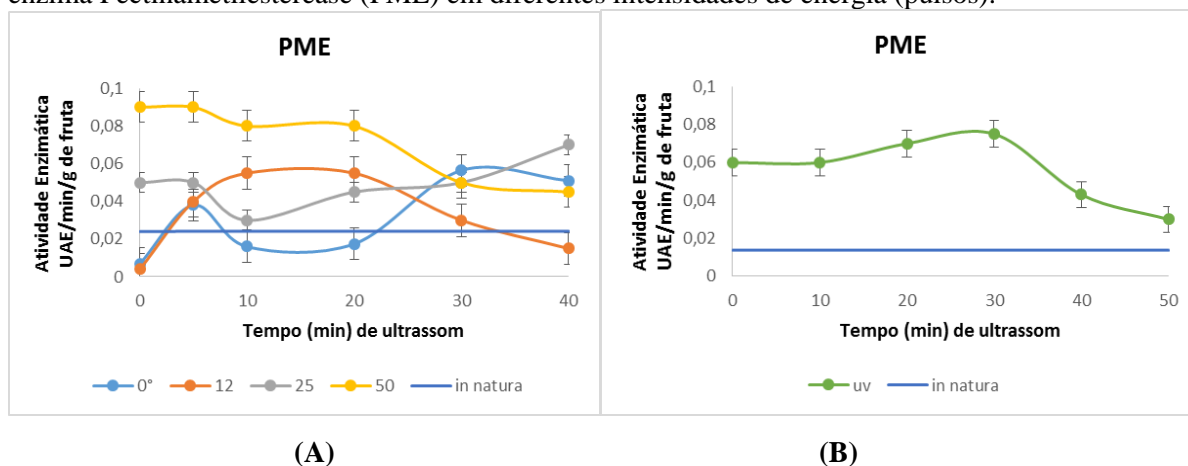
Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	1.038 a
Sem Uv e desidratada	0,207 a
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	0.595 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	0.682 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	0.002 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	0.011 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	0.016 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.4.4 Enzima Pectinametilesterase (PME)

Observou-se na figura 8A, que na maioria das condições estudadas os valores foram superiores ao da manga in natura e os maiores valores da enzima foram apresentados nas curvas das amostras tratadas com as soluções osmóticas. Por outro lado, Wu *et al.* (2008) trabalhando com sonicação em suco de tomate encontraram baixa atividade da PME (D valor em minutos 78,12 a 3,99) conforme aumentava a temperatura (maior com 70°C), assim como Tiwari *et al.* (2009) que conseguiram inativação da PME em torno de 62% em suco de laranja.

Figura 8- (A) Efeito do ultrassom na inativação da enzima Pectinametilesterase (PME) em diferentes tempos e condições de desidratação osmótica 8(B) Efeito da luz ultravioleta pulsada na inativação da enzima Pectinametilesterase (PME) em diferentes intensidades de energia (pulsos).



Para a análise da resposta (enzima PME) mostrado na tabela 20, a média, a variável solução osmótica (linear) e a interação do tempo e solução osmótica foram estatisticamente significativos. Considerando a variável solução osmótica linear com valor positivo, então com o aumento da concentração da solução osmótica ($^{\circ}$ Brix), houve um aumento no valor da atividade enzimática da PME. Também foi significativa a variável $B \times t$, com valor negativo, mostrando que o aumento da solução osmótica e redução do tempo, aumenta a atividade enzimática.

Tabela 20– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na enzima pectinametilesterase (PME) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	0,0473	0,0071	0,0000
B	0,0355	0,0092	0,0004
B^2	0,0083	0,0153	0,5884
t	-0,0060	0,0059	0,3162
t^2	0,0011	0,0054	0,8376
B x t	-0,0161	0,0071	0,0298

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Para o pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada conforme a tabela 21 da análise estatística, verificou-se que houve diferença estatística entre as diferentes quantidades de pulsos aplicados. Quando as amostras foram submetidas a luz UV-p os valores de PME foram superiores ao valor da amostra in natura, como mostrado na figura 5B.

Sousa (2014) trabalhando com mangas minimamente processadas submetidas a luz ultravioleta pulsada com as densidades energéticas de 1,5; 3; 4,2 e 5,7 J/cm², no 14º dia de armazenamento, os valores de PME foram superiores ao da amostra in natura, comportamento similar ao presente trabalho, apesar das diferentes condições submetidas. A PME é uma enzima responsável por catalisar a desmetilação da pectina da parede celular dos frutos, tornando-a susceptível a degradação pela PG (Brummell e Harpster, 2001), os pré-tratamentos (US e UV) utilizados fazem o papel da PG.

Manzocco *et al.* (2011) trabalhando com maçãs armazenadas a 6°C por 14 dias que foram submetidas a 2,4 J/cm² de radiação UV, observaram que esse tratamento causou rupturas nas membranas, um decréscimo no volume intracelular e também perda da turgidez das células.

Tabela 21– Análise estatística da enzima Pectinametilesterase de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	0.013 d
Sem Uv e desidratada	0.015 d
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	0.060 ab
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	0.070 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	0.075 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	0.042 bc
50 pulsos (18 J/cm ²)	0.030 c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.5 Peróxido de Hidrogênio

Observando o teor de peróxido de hidrogênio na amostra in natura com as tratadas, a tabela 22 mostrou que na maioria das condições de tempos e diferentes soluções osmóticas, as amostras submetidas a secagem e ultrassom apresentaram valores superiores a amostra in natura, mostrando que quando as frutas foram submetidas a esses processos, houve formação de peróxido de hidrogênio, comportamento similar ao ocorrido com a enzima peroxidase, na qual o seu aumento está relacionado com o aumento de peróxido.

Tabela 22- Concentração de Peróxido de Hidrogênio de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento com ultrassom e desidratação osmótica.

Solução osmótica/Condição operacional	Tempo (minutos)	Peróxido de Hidrogênio ($\mu\text{mol/L}$)
Manga in natura		38,75 \pm 12,64
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		121,04 \pm 3,79
0° Brix + US	5	122,54 \pm 15,17
0° Brix + US	10	63,80 \pm 2,52
0° Brix + US	20	139, 23 \pm 28,24
0° Brix + US	30	90,34 \pm 2,10
0° Brix + US	40	75,13 \pm 4,21
Manga in natura		46,21 \pm 5,48
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		161,59 \pm 5,90
12° Brix + US	5	158,02 \pm 20,23
12° Brix + US	10	77,52 \pm 12,64
12° Brix + US	20	90,93 \pm 5,48

12° Brix + US	30	77,52± 25,29
12° Brix + US	40	145,20 ±20,66
Manga in natura		97,49 ±18,97
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		105, 84± 7,16
25° Brix + US	5	71,85± 3,79
25° Brix + US	10	73,64 ±0,42
25° Brix + US	20	104, 65± 2,95
25° Brix + US	30	76, 92± 2,52
25° Brix + US	40	89,44 ±39,63
Manga in natura		68,57± 10,96
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		93,02 ±10,96
50° Brix + US	5	160,70± 24,03
50° Brix + US	10	93,02 ±10,96
50° Brix + US	20	102,56 ±5,05
50° Brix + US	30	72,75±10,11
50° Brix + US	40	137, 44 ±21,50

Tabela 23- Concentração de Peróxido de Hidrogênio de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Condição Operacional	Quantidade de pulsos da radiação UV	Peróxido de Hidrogênio (umol/L)
Manga in natura		94, 81± 16,02
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		86,16± 3,79
Luz Ultravioleta Pulsada	10	135,35 ±20,66
	20	117,17 ±9,69
	30	115,38 ±11,80
	40	98,68 ±7,58
	50	92,12 ±30,77

A tabela 24 representa os efeitos estimados para verificar a influência das variáveis de tempo e solução osmótica sobre a resposta (peróxido de Hidrogênio). Observou-se que apenas a média foi significativo a 95% ($p < 0,05$), portanto o tempo de ultrassom e a solução osmótica não influencia na formação de peróxido de hidrogênio.

Tabela 24– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom no peróxido de hidrogênio de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	83,3076	14,2587	0,0000
B	13,9516	18,4425	0,4618
B ²	38,9728	30,8125	0,2265
t	-12,1129	11,8759	0,3250
t ²	16,1844	10,9270	0,1607
B x t	-6,4972	14,2585	0,6556

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

O fenômeno da cavitação no qual forma bolha que sofre colapso, tem sua intensidade que pode ser medida pela formação de H₂O₂, que são compostos que assim como o superóxido, hidroxila, são considerados radicais livres ou espécies reativas de oxigênio que podem ser formados por sonólise de moléculas de água (divisão de ligações H-S) (KORN *et al.*, 2003; O'DONNELL *et al.*, 2010).

Para as amostras tratadas com diferentes quantidades de pulsos da radiação UV, a tabela 25 mostrou que não houve diferenças estatísticas, mas quando se compara com a amostra in natura na tabela 23 observou-se que os valores de peróxido foram maiores com as diferentes dosagens, com exceção a de 50 pulsos. Comportamento similar a atividade da enzima peroxidase, que apresentou valores superiores a amostra in natura também, devido uma relação entre essas duas variáveis, já que com a emissão da radiação UV, houve um aumento da atividade da enzima peroxidase e um aumento no peróxido de hidrogênio no meio.

Tabela 25– Análise estatística do peróxido de hidrogênio de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	94.810 a
Sem Uv e desidratada	86.160 a
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	135.357 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	117.171 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	115.382 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	98.686 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	92,127 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.6 Vitaminas

4.6.1 Vitaminas do Complexo B

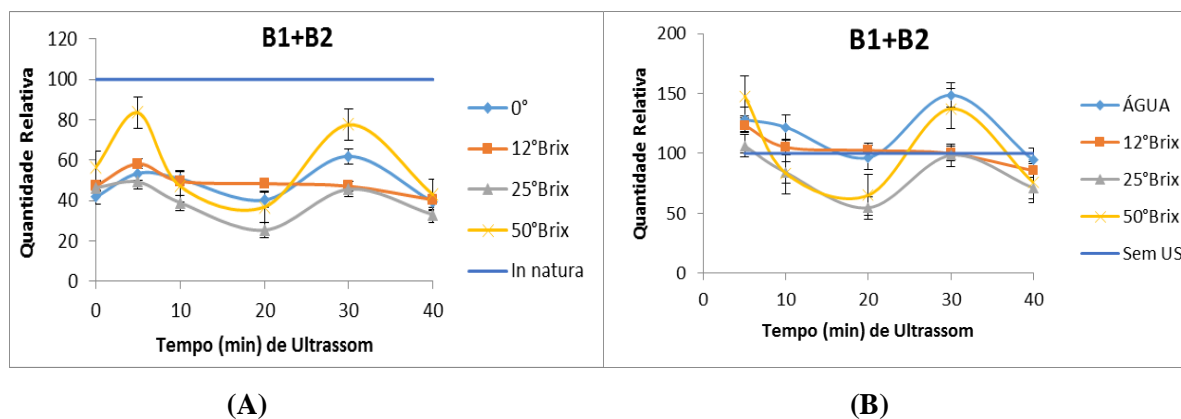
As figuras 9A, 10A e 11A mostraram que tendo como valor de referência (100) a amostra in natura, as vitaminas B1, B2, B3 e B5 respectivamente, foram reduzidas com o uso

do ultrassom, já nas figuras 9B, 10B e 11B, tendo como referência a amostra desidratada e sem pré-tratamento, observa-se que em algumas condições de processamento com o ultrassom, os valores das vitaminas em estudo se aproximam do valor de referência (100) chegando até a valores superiores, pois o ultrassom pode ter ajudado a vitamina se tornar biodisponível.

Para essas vitaminas estudadas, quando se utilizou o US por 5 e 30 min. na solução osmótica de 50°Brix, os valores foram os mais próximos ao valor 100 de referência in natura, e quando a referência é a amostra desidratada e sem US, os valores foram superiores ao da referência (100), na mesma condição de tempo e solução osmótica. Ou seja, a secagem degrada as vitaminas, porém com o uso do ultrassom essas perdas são minimizadas. Segundo Mason (1996) quando se utiliza a solução osmótica com maior concentração, há menor perda devido efeito menor da cavitação, já que o líquido é mais viscoso e tem ação de forças de coesão natural que atuam para reduzir a destruição.

Em trabalhos realizados por Fernandes *et al.* (2015) com maçãs desidratadas, a quantidade de vitamina B1 e B2 aumentou durante a secagem com e sem US, o aumento foi mais significativo com o uso do US que induziu o deslocamento de vitamina da apoenzima e com isso se transformando na forma livre e biodisponível.

Figura 9 – 9 (A) Quantidade Relativa* de Vitaminas B1 e B2 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 9(B) Quantidade Relativa de Vitaminas B1 e B2 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 9(C) Quantidade Relativa de Vitaminas B1 e B2 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 9(D) Quantidade Relativa de Vitaminas B1 e B2 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



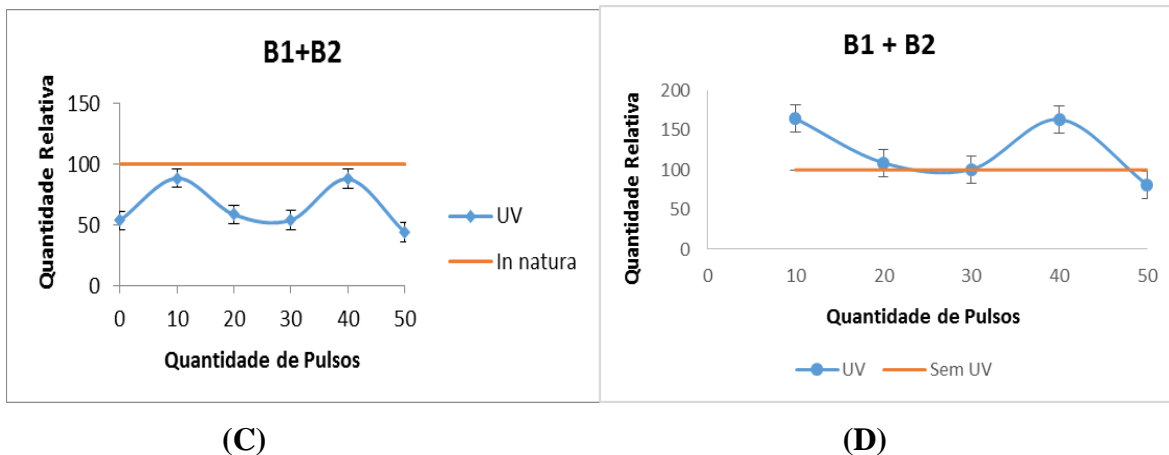
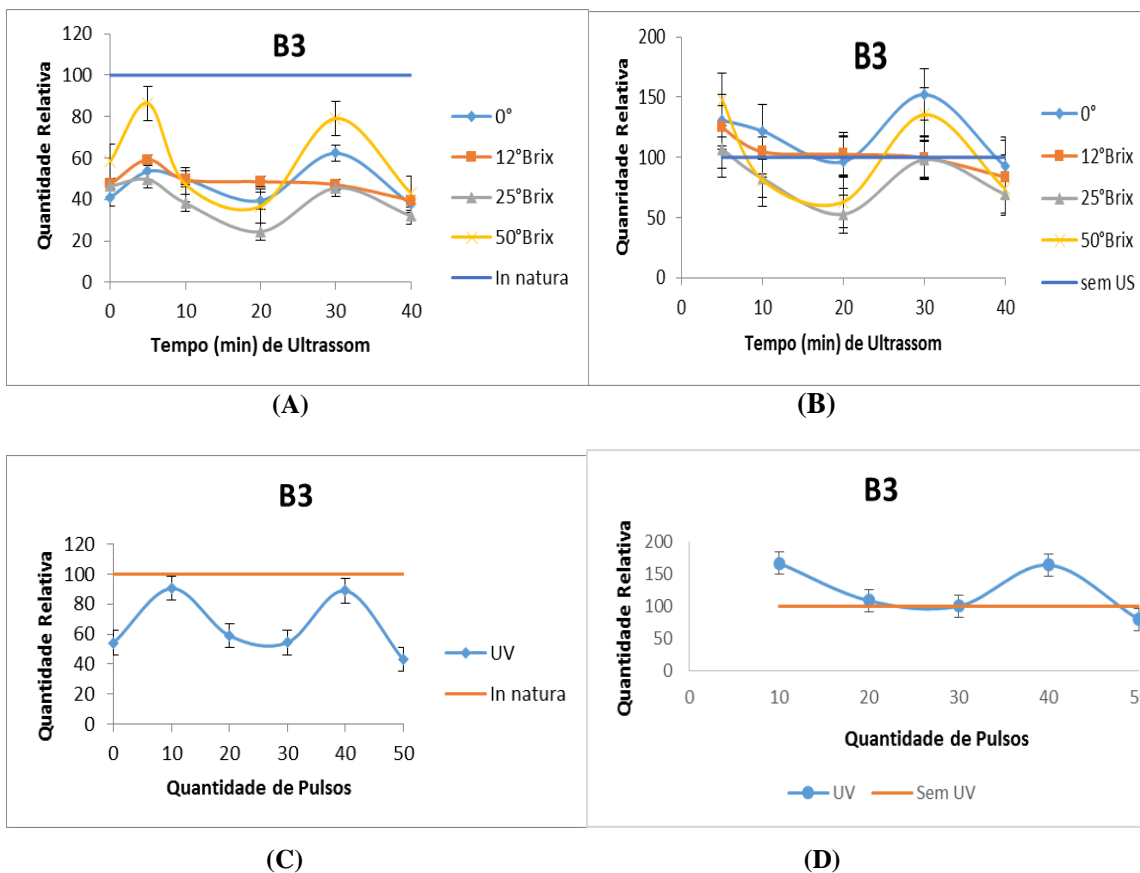


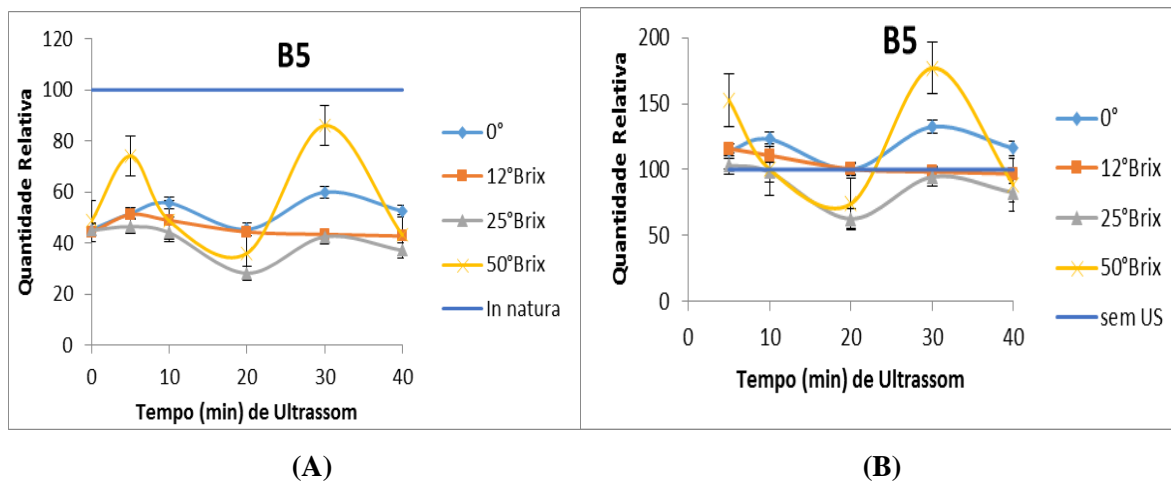
Figura 10 – 10(A) Quantidade Relativa* de Vitamina B3 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 10 (B) Quantidade Relativa de Vitamina B3 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 10(C) Quantidade Relativa de Vitamina B3 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 10(D) Quantidade Relativa de Vitamina B3 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.

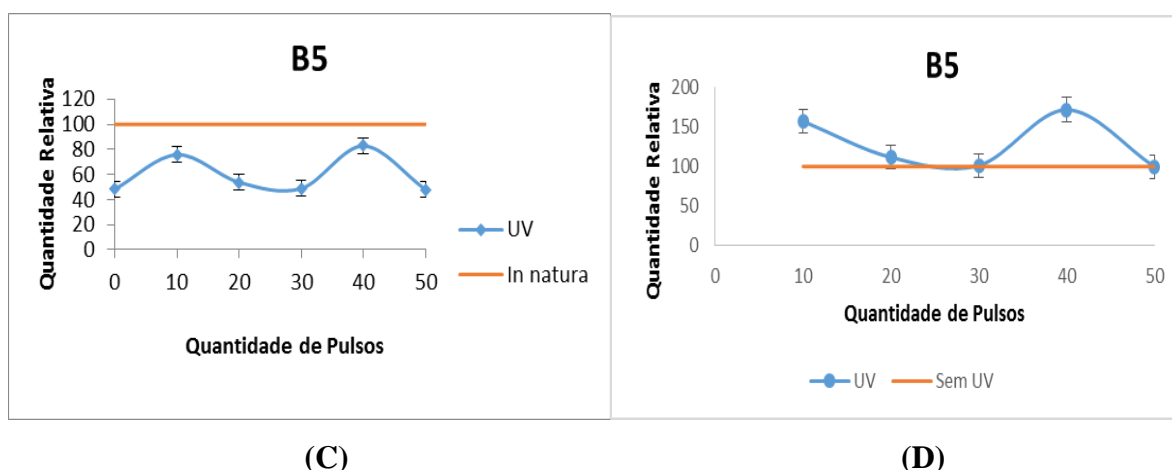


As figuras 9C, 10C e 11C, mostraram que as vitaminas respectivamente B1 + B2, B3 e B5 obtiveram o mesmo comportamento, no qual seus valores reduziram quando comparados ao valor da amostra in natura. Porém quando foram emitidos 10 e 40 pulsos os valores de vitaminas se aproximaram ao valor de referência (amostra in natura), já para a vitamina B6 (figura 12C) os teores foram reduzidos.

Quando se compara as figuras 9D, 10D e 11D com a quantidade de vitaminas em relação a manga desidratada sem o uso da luz UV, observou-se que quando diferentes quantidades de pulsos eram emitidas, com exceção de 50 pulsos, os teores de vitaminas B1 + B2, B3 e B5 eram maiores, então pôde-se afirmar que o uso da luz ultravioleta pulsada minimizou as perdas causadas pela secagem, menos para a vitamina B6 (figura 19D) na qual seus teores foram reduzidos.

Figura 11 – 11 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina B5 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 11(B) Quantidade Relativa de Vitamina B5 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 11(C) Quantidade Relativa de Vitamina B5 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 11(D) Quantidade Relativa de Vitamina B5 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.





De acordo com a análise de probabilidade com 95% de significância ($p < 0,05$) apenas a média foi significativa, mostrando que para a análise de vitamina B1, B2 e B3 (tabelas 26 e 27) tendo como referência a amostra in natura e também a amostra desidratada, mas sem pré-tratamento (tabelas 28 e 29), o ultrassom pode ser utilizado como pré-tratamento, com diferentes tempos e soluções osmóticas, que não irá influenciar na quantidade dessas vitaminas.

Tabela 26– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B1 e B2 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	40,250	6,3094	0,0000
B	6,0997	8,1607	0,4671
B ²	23,9894	13,6344	0,1003
t	-8,0074	5,2550	0,1498
t ²	2,6522	4,8351	0,5919
B x t	-2,1441	6,3093	0,7390

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom. Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 27– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B3 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	40,0868	6,6765	0,0000
B	7,3912	8,6355	0,4064
B ²	24,7592	14,4277	0,1081
t	-8,6522	5,5608	0,1420
t ²	2,8071	5,1165	0,5918
B x t	-2,2717	6,6764	0,7387

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 28– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B1 e B2 (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	83,4644	11,8372	0,0000
B	-18,5289	15,3104	0,2462
B ²	47,8288	25,5797	0,0825
t	-15,8755	9,8590	0,1296
t ²	4,9107	9,0713	0,5967
B x t	-2,4917	11,8370	0,8363

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom. Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 29– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B3 (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	82,3959	12,2991	0,0000
B	-20,9371	15,9079	0,2092
B ²	49,0279	26,5779	0,0863
t	-16,9012	10,2438	0,1212
t ²	5,0194	9,4253	0,6026
B x t	-2,2409	12,2989	0,8580

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

A análise de probabilidade para a vitamina B5 (tabela 30) mostrou que a variável quadrática para solução osmótica com valor positivo, apresentando efeito maior da resposta (vit B5) para a maior quantidade de concentração de °Brix. No trabalho de Fernandes *et al.* (2015) com maçãs desidratadas, a secagem (60°C) levou a redução da vitamina B5, não se sabe se o US ou o processamento térmico conseguiram romper a ligação entre vitamina e proteína. Ball (2006) cita que durante o processamento de legumes e carnes, algumas perdas de vitamina B5 foram relatadas, apesar do ácido pantotênico ter uma boa estabilidade em alimentos.

Tabela 30– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B5 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	39,4054	5,8010	0,0000
B	3,7196	7,5031	0,6277
B²	28,9172	12,5357	0,0368
t	-4,2373	4,8316	0,3952
t ²	2,3147	4,4455	0,6107
B x t	-1,9902	5,8009	0,7366

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom. Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 31– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B5 (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

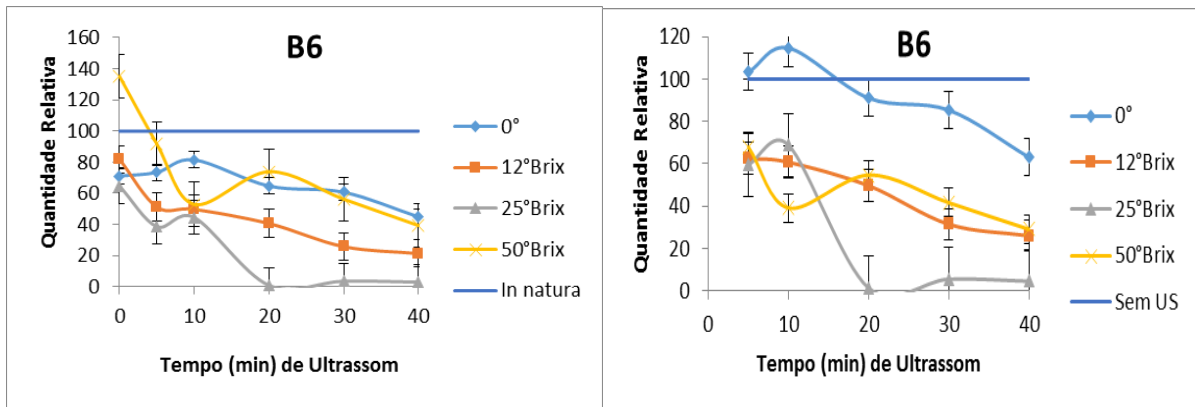
Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	88,1315	12,1231	0,0000
B	-0,9261	15,6803	0,9537
B ²	53,2295	26,1976	0,0615
t	-9,2376	10,0972	0,3757
t ²	5,0978	9,2904	0,5918
B x t	-4,0387	12,1229	0,7439

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

A figura 12A mostrou que os resultados para a vitamina B6 reduziram com o uso do US em relação a amostra in natura, os tratamentos que se aproximaram ao valor de referência foi com 5 e 10 min. de US, com a solução de água e 50°Brix. Comparando com a figura 12B que tem como referência a manga sem ultrassom, os valores foram reduzidos, com exceção utilizando 5 e 10 min, com solução de água destilada, mostrando assim que o processamento com US degrada a vitamina B6. Os efeitos do ultrassom podem resultar em deficiência de qualidade devido a formação de radicais em meio líquido, radicais como OH e H que foram notificados durante a cavitação, responsáveis por iniciar formação de produtos de degradação (CZECHOWSKA *et al.*, 2005).

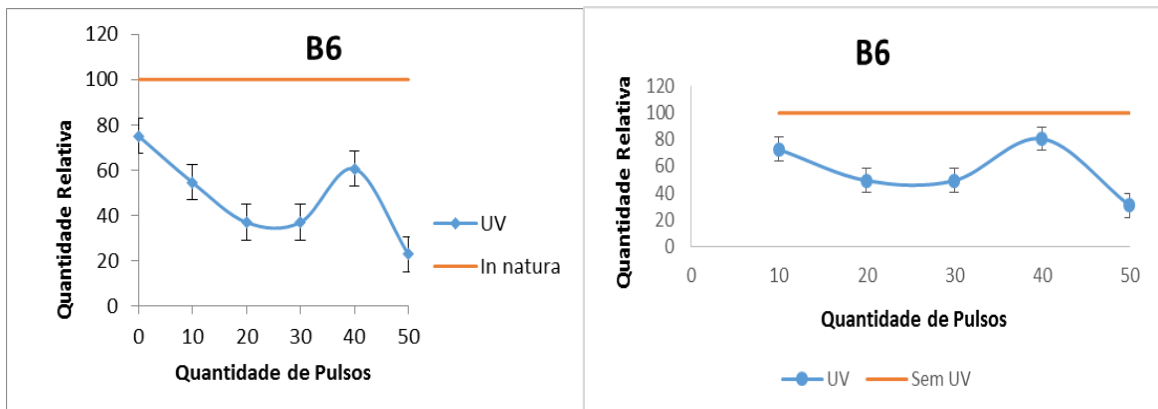
Gregory e Hiner (1983) afirmam que a vitamina B6 é ligada a uma apoenzima, mas esta vitamina pode ser dissociada facilmente da apoenzima. No trabalho de Fernandes *et al.* (2015) com maçã, a vitamina B6 teve sua quantidade aumentada mostrando efeito positivo para o ultrassom, diferente do resultado do presente trabalho que mostrou perdas dessa vitamina com os pré-tratamentos em estudo.

Figura 12 – 12 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina B6 de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 12(B) Quantidade Relativa de Vitamina B6 tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 12(C) Quantidade Relativa de Vitamina B6 de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 12(D) Quantidade Relativa de Vitamina B6 com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



(A)

(B)



(C)

(D)

A análise de probabilidade para a variável resposta (vitamina B6) com referência a amostra in natura (tabela 32) e com referência a amostra desidratada e sem US (tabela 33), mostrou significância ($p < 0,05$) para a média, para a variável solução osmótica quadrática com valor positivo, indicando que o efeito é maior, para maior concentração de °Brix e variável tempo linear com valor negativo, indicando que quanto maior tempo de ultrassom, menor valor de vitamina B6, com isso as condições de processo podem ser ajustadas para minimizar as perdas.

A equação 4 e 5 são ferramentas matemáticas que representam uma predição de dados das variáveis codificadas para porcentagem da variação de vitamina B6 variando soluções osmóticas (codificação 0: concentração da solução osmótica menor de 0°brix e codificação 1: concentração da solução osmótica maior de 50°brix) ou tempo de ultrassom (codificação 0: tempo mínimo de 5 min e codificação 1: tempo máximo de 40 min) as quais possuem coeficiente de correlação (R^2) $r > 0,80$.

Equação 4: $20,7167 - 4,0790*B + 87,0597*B^2 - 21,6923*t + 1,5794*t^2 - 1,9137*B*t$
(referência in natura)

Equação 5: $24,9464 - 43,9503*B + 85,2762*B^2 - 26,4328*t + 2,8501*t^2 + 3,7410*B*t$ (referência desidratada e sem US)

Tabela 32– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B6 (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	20,7167	5,0196	0,00102
B	-4,0790	6,49252	0,53994
B²	87,0597	10,8472	0,00000
t	-21,6923	4,1808	0,00013
t ²	1,5794	3,8467	0,68759
B x t	-1,9137	5,0195	0,70874

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 33– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina B6 (amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	24,9464	6,3292	0,00147
B	-43,9503	8,1863	0,00009
B²	85,2762	13,6771	0,00002
t	-26,4328	5,2715	0,00018
t ²	2,8501	4,8503	0,56615
B x t	3,7410	6,3291	0,56388

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Para a análise estatística das amostras tratadas com luz ultravioleta pulsada tendo como referência (100) a amostra in natura (tabela 34), observou-se que as amostras submetidas as diferentes doses de radiação apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos para a análise de vitamina B1 e B2, que quando submetidas a 20 e 30 pulsos apresentam redução de 50 % da vitamina, a B3 quando submetida a 10 pulsos, foi o tratamento que alcançou maior valor e a B5 que quando submetida a 50 pulsos, conseguiu maior redução dessa vitamina.

Tabela 34– Análise estatística da quantidade relativa de vitaminas B1, B2, B3, B5 e B6 tendo como referência manga in natura de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

N° de Pulsos	Médias de tratamentos B1 e B2	Médias de tratamentos B3	Médias de tratamentos B5	Médias de tratamentos B6
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	88.351 a	84.073 a	75.736 ab	72.704 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	58.432 ab	54.745 ab	53.747 bc	49.256 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	53.976 ab	50.542 ab	48.831 c	49.245 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	87.726 a	82.624 a	82.695 a	80.761 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	87.726 a	40.134 b	47.951 c	30.513 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tendo como referência a amostra desidratada e sem UV, a análise estatística mostrou que houve diferenças estatísticas para as vitaminas B1, B2, B5 (tabela 35) e quando

submetidas as quantidades de pulsos de 10, 20, 30 e 40 obtiveram valores superiores ao da referência (100) mostrando que a luz ultravioleta pode liberar essas vitaminas tornando as biodisponíveis. A vitamina B3 teve melhor resultado quando foi submetida com apenas 10 pulsos. A vitamina B6 não apresentou diferenças estatísticas quando se compara em relação as duas referências, e também entre as diferentes doses de radiação, seus teores são sempre reduzidos.

Tabela 35– Análise estatística da quantidade relativa de vitaminas B1, B2, B3, B5 e B6 tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos B1 e B2	Médias de tratamentos B3	Médias de tratamentos B5	Médias de tratamentos B6
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	164.748 a	90.441 a	157.052 ab	72.704 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	108.958 ab	58.892 ab	111.455 bc	49.256 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	100.649 ab	54.370 ab	101.261 c	49.245 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	163.582 a	88.882 a	171.484 a	80.761 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	81.414 b	43.174 b	99.436 c	30.513 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

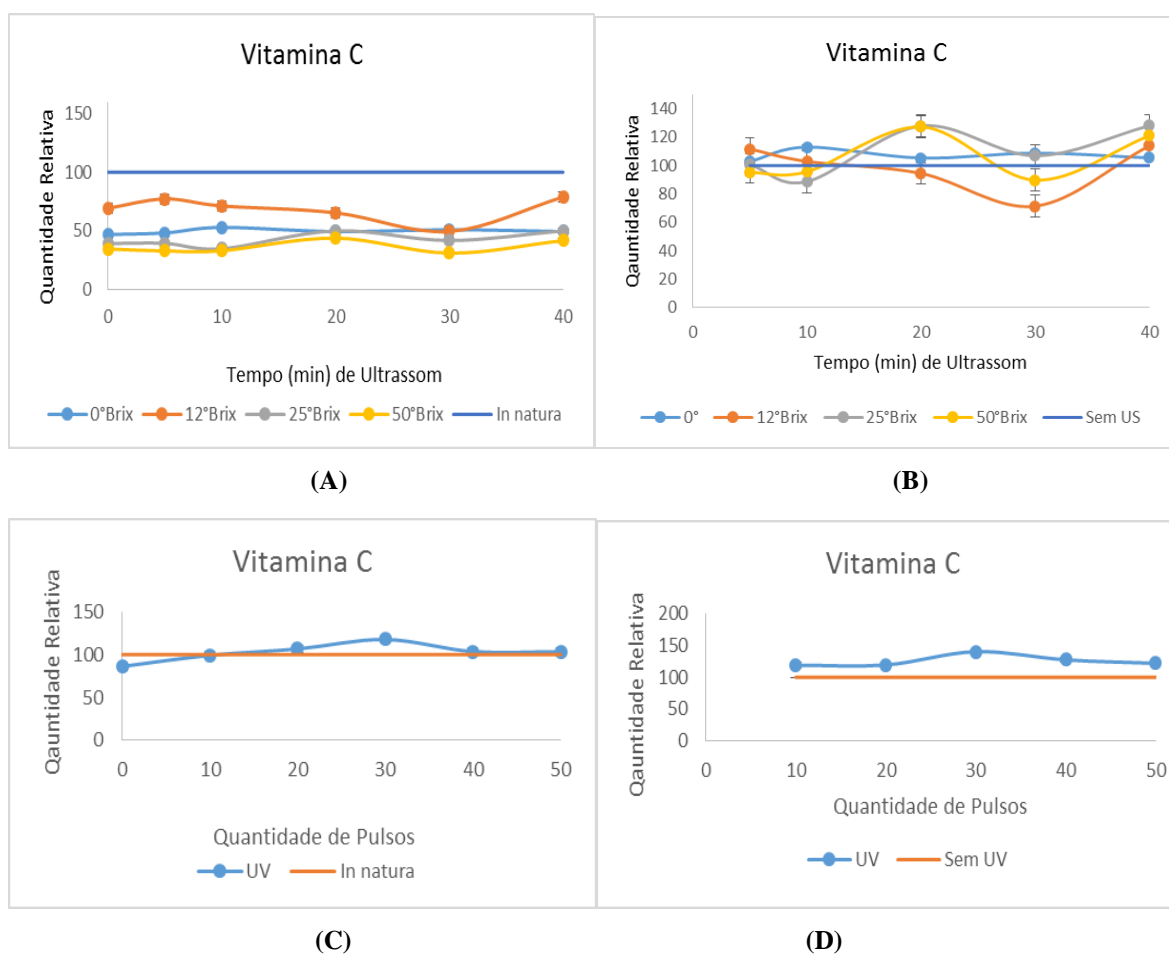
4.6.2 Vitamina C

A figura 13A mostra que em todas as condições de US e de desidratação osmótica, houve um decréscimo da vitamina C em relação a fruta in natura. Quando se tem como referência a amostra desidratada e sem US (figura 13B), na maioria das condições houve um aumento da vitamina C, mostrando que nesse caso o ultrassom pode ser utilizado para minimizar as perdas dessa vitamina causadas pela secagem.

O'Donnell *et al.* (2010) apresentaram redução de ácido ascórbico após o uso de ultrassom contínuo em suco de laranja, devido a formação de bolhas da cavitação que forma radicais livres. De acordo com Davey *et al.* (2000), as perdas da vitamina C são atribuídas devido a solubilidade em água e sua sensibilidade a altas temperaturas e algumas condições de oxidação (oxigênio, pH). No trabalho de Kek *et al.* (2013) com secagem de fatias de goiabas utilizando pré-tratamentos osmóticos com ultrassom, mostraram que as amostras

secas apresentaram menor conteúdo de vitamina devido a lixiviação de solutos para os meios líquidos.

Figura 13 – 13 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina C de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 13 (B) Quantidade Relativa de Vitamina C tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 13 (C) Quantidade Relativa de Vitamina C de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 13 (D) Quantidade Relativa de Vitamina C com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



A análise de probabilidade mostrou significância ($p < 0,05$) para a média e para variável linear da solução osmótica com valor negativo, indicando que conforme aumenta o valor da concentração de °Brix, reduz a quantidade de vitamina C, apenas quando se tem como referência a amostra in natura (tabela 36). Possivelmente a perda de solutos pode levar a

perda de nutrientes, no caso a vitamina C, como também durante a aplicação do ultrassom, em que esta vitamina pode ter reduzido devido a oxidação da molécula. De acordo com Robles-Sánchez *et al.* (2009) a oxidação do ácido ascórbico pode formar pigmentos de cor escura e com isso reduzir a cor do produto (no caso os cubos de manga), como foi observado nos resultados de colorimetria do presente trabalho, os quais mostraram redução nos parâmetros de cor estudados.

Tabela 36– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina C (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	50,0695	5,8578	0,0000
B	-20,6095	7,5766	0,0165
B ²	-14,9417	12,6584	0,2575
T	0,6611	4,8788	0,8941
t ²	2,7496	4,4890	0,5500
B x t	2,7990	5,8577	0,6401

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 37 – Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina C (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	102,8601	7,3494	0,0000
B	1,1506	9,5059	0,9053
B ²	-0,3186	15,8818	0,9842
T	4,7085	6,1212	0,4545
t ²	3,2474	5,6322	0,5733
B x t	7,0761	7,3493	0,3519

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

A análise estatística para as amostras submetidas a radiação UV mostrou que quando se tem a referência a amostra in natura (tabela 38) e também a amostra desidratada e sem o pré-tratamento (tabela 39), não observou-se diferenças entre as diferentes quantidades

de pulsos. As figuras 13C e 13D apresentam o comportamento da vitamina C, no qual sua quantidade em todos os pulsos aplicados foi próxima ao valor de referência do fruto in natura, e quando se aplicou 20, 30 e 40 pulsos, encontrou-se valores ainda superiores, podendo assim considerar que a luz UV é uma tecnologia que pode beneficiar produtos, com o aumento dos teores de ácido ascórbico. A perda desta vitamina pode ocorrer devido a formação de radicais hidroxila durante a geração de fótons e UV, e por implosão de bolhas formadas durante a sonicação (BHAT *et al.*, 2011b; HART; HENGLEIN, 1985).

Em suco de abacaxi submetido a luz ultravioleta, Goh *et al.* (2012) encontraram valores de ácido ascorbico superiores aos sucos tratados termicamente (97°C por 5 min), mostrando que o UV retém o ácido ascórbico que é mais sensível ao tratamento térmico, já que a luz ultravioleta é um processamento com ausência de calor.

Tabela 38– Análise estatística da quantidade relativa de vitamina C tendo como referência manga in natura de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	99.170 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	103.523 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	110.151 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	98.273 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	95.396 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 39– Análise estatística da quantidade relativa de vitamina C tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	117.252 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	122.399 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	130.236 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	116.193 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	112.791 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.6.3 Vitaminas Lipossolúveis (A, D, E)

Na figura 14 A observou-se que a vitamina A reduziu para a maioria das condições utilizadas no ultrassom, com exceção do tratamento com água destilada por 20 e 40 minutos e com solução de 25° Brix por 30 minutos. Para as vitaminas D e E observa-se nas figuras 15A e 16A respectivamente, que foram reduzidas com o uso do ultrassom, nas figuras 14B e 15B respectivamente, observou-se que o uso do ultrassom minimizou as perdas devido a secagem, onde a vitamina A e a vitamina D tiveram um aumento quando se utilizou o ultrassom por 10 e 30 minutos na solução de 50° Brix. Segundo Fernandes *et al.* (2015) trabalhando com maçãs desidratadas, a vitamina A teve um aumento quando foi utilizada temperatura de 60° C e maiores velocidade do ar, e efeito contrário, ou seja, com baixa velocidade houve perda de vitamina. Esta vitamina tem sensibilidade a baixa temperatura e pode ter contribuído para liberar gradualmente as vitaminas sem ter degradação térmica.

Figura 14 – 14 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina A de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 14(B) Quantidade Relativa de Vitamina C tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.

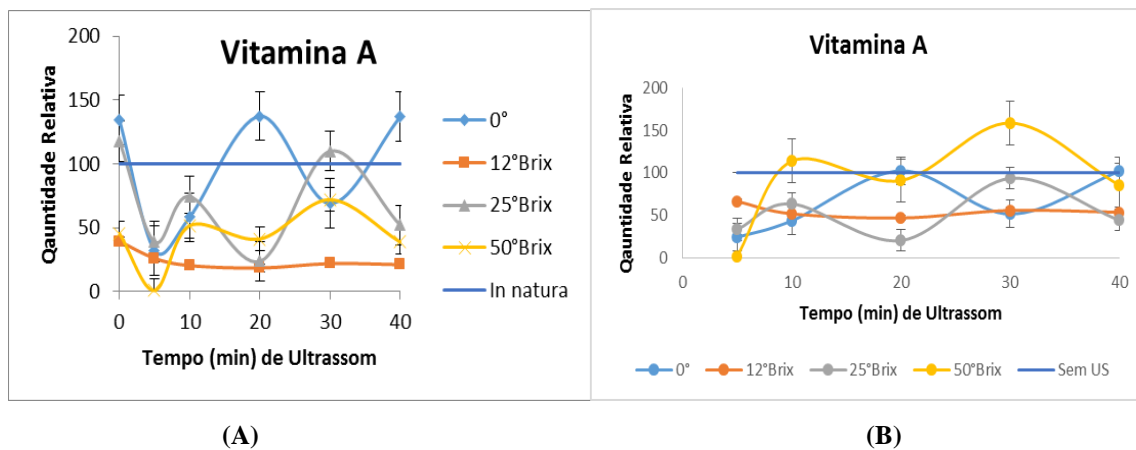
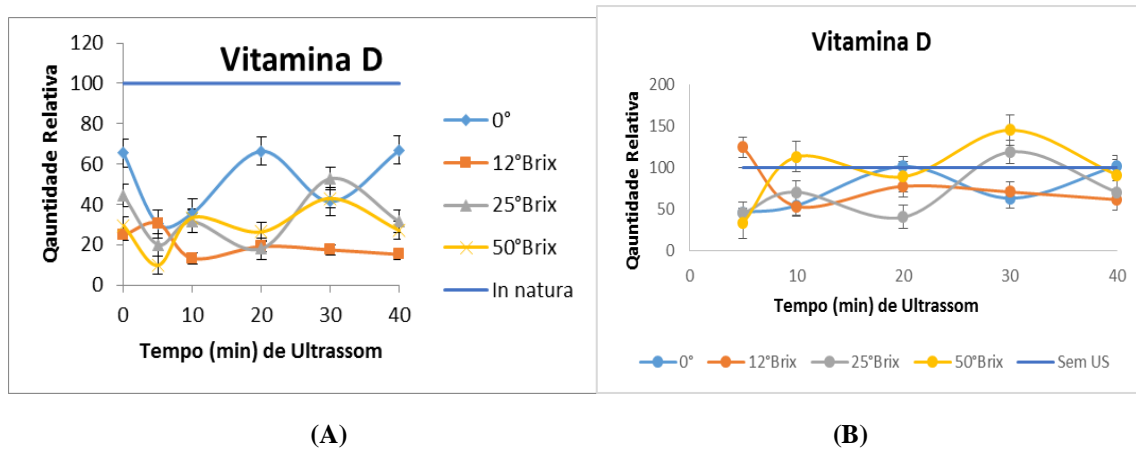


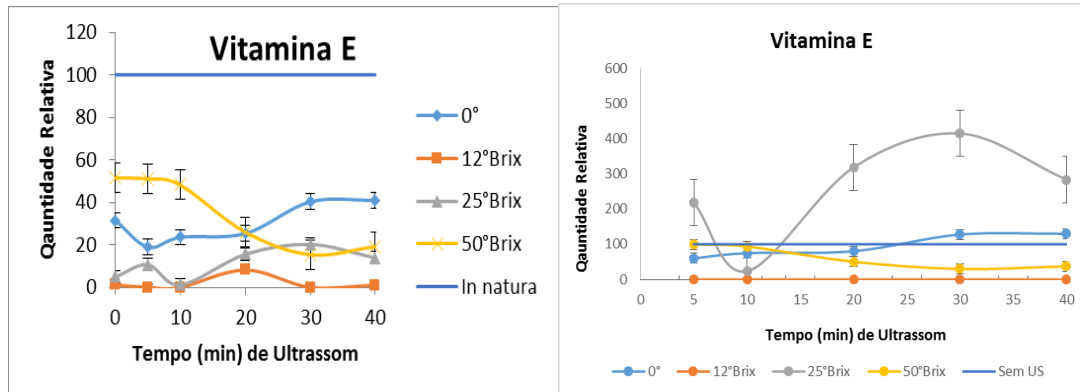
Figura 15 – 15 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina D de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 15(B) Quantidade Relativa de Vitamina D tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



A vitamina E (figura 16B) teve uma redução em quase todas as condições de tempo utilizadas, com exceção para o ultrassom na solução osmótica de 25° Brix que apresentou aumento. Fernandes *et al.* (2015) em seu estudo com secagem de maçã encontrou que para as vitaminas lipossolúveis (A e E), o uso do ultrassom apresentou efeito positivo quando o processo de secagem é curto, pois quando o tempo de secagem é aumentado, o efeito do US se torna negativo, levando a perda dessas vitaminas. A vitamina A é encontrada na membrana celular e lipoproteínas, com altas temperaturas de secagem, ocorre a liberação desta. Segundo Ball (2006) a vitamina A é protegida contra agentes oxidantes, através de antioxidantes presentes como também a vitamina E, e quando esta vitamina tem baixa retenção devido a exposição ao US ou temperatura, acaba não fornecendo a ação protetora. Para a vitamina E o trabalho encontrou baixa retenção, principalmente com a aplicação de US, já que durante esse tratamento há produção de pequena quantidade de radicais livres que são atacados pela vitamina E, resultados que corroboram aos obtidos no presente trabalho.

A quantidade relativa das vitaminas A, D e E analisadas em amostras submetidas a radiação UV, não foram detectadas para a determinação do valor de referência, mostrando que é um tratamento mais agressivo para essas vitaminas.

Figura 16 – 16 (A) Quantidade Relativa* de Vitamina E de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 16(B) Quantidade Relativa de Vitamina E tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



(A)

(B)

Tendo como referência a amostra in natura, conforme as tabelas 40 e 42 referentes a análise de probabilidade para a vitamina A e D respectivamente, a significância ($p < 0,05$) foi apenas para a média. A tabela 44 mostrou que além da média, também houve significância para a variável quadrática da solução osmótica com valor positivo, indicando que com o aumento do valor de °Brix, aumenta o valor da vitamina E.

Quando a referência é a amostra desidratada e sem US, a tabela 41 mostrou significância ($p < 0,05$) para média e para a variável tempo linear com valor positivo, indicando que conforme aumenta o tempo de ultrassom, aumenta o valor da vitamina A. Embora os valores de vitamina A e D sejam reduzidos com o uso desse pré-tratamento, a tabela 45 de probabilidade mostra que a variável quadrática da solução osmótica foi significativa e com valor negativo, indicando que há o aumento da vitamina E com o aumento do valor do °Brix, mas em um certo momento, esse aumento não é mais significativo.

Tabela 40– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina A (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	46,1096	17,7105	0,0208
B	-29,4154	22,9071	0,2199
B ²	43,7822	38,2717	0,2718
T	23,4231	14,7509	0,1346
t ²	-11,5123	13,5723	0,4105
B x t	-8,0394	17,7102	0,6568

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 41– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina A (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	64,2253	15,8013	0,0011
B	23,6057	20,4377	0,2674
B ²	50,6681	34,1459	0,1600
t	29,3594	13,1607	0,0425
t ²	-16,3796	12,1092	0,1976
B x t	8,5116	15,8010	0,5985

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 42– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina D (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	25,4983	7,1134	0,0029
B	-14,3288	9,2007	0,1416
B ²	27,6765	15,3719	0,0933
t	9,2057	5,9247	0,1425
t ²	-3,9615	5,4513	0,4793
B x t	-0,9058	7,1133	0,9004

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 43– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina D (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	80,2998	14,9100	0,0000
B	16,8555	19,2848	0,3968
B ²	22,6365	32,2198	0,4938
t	19,5248	12,4183	0,1382
t ²	-9,5977	11,4261	0,4150
B x t	9,3996	14,9097	0,5385

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 44– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina E (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	P
Média	5,6479	4,4866	0,2286
B	8,2799	5,8031	0,1755
B²	47,5618	9,6955	0,0002
t	-2,6488	3,7369	0,4900
t ²	0,4666	3,4383	0,8939
B x t	-15,9224	4,4866	0,0032

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom. Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 45– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de vitamina E (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	178,340	55,1610	0,0060
B	88,291	71,3462	0,2362
B²	-278,133	119,2004	0,0350
t	19,029	45,9429	0,6850
t ²	-9,906	42,2721	0,8181
B x t	-5,532	55,1601	0,9215

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom. Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

4.7 Pigmentos

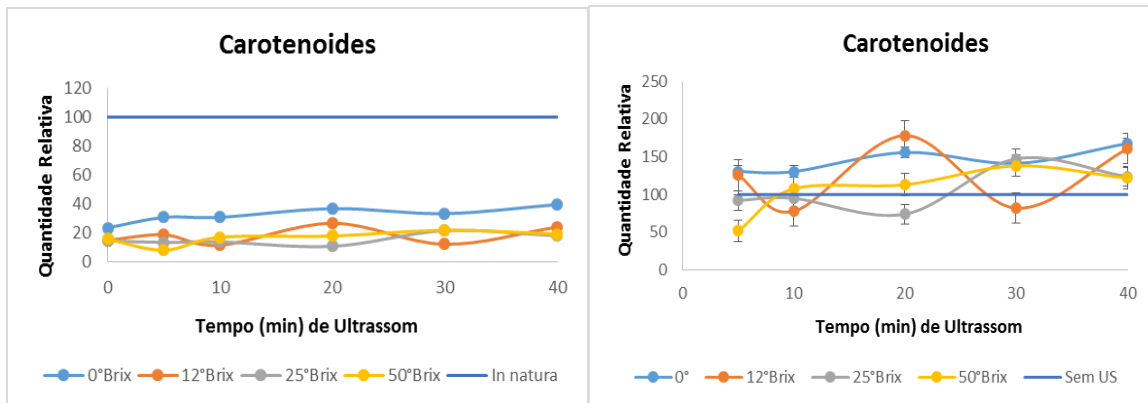
4.7.1 Carotenoides

A figura 17C mostra que quando a referência é amostra in natura, em todas as condições, o valor dos carotenoides é reduzido. Porém, quando compara-se com a amostra desidratada e sem UV (figura 17D), observa-se aumento nos teores deste pigmento, indicando assim que esse pré-tratamento ameniza as perdas dos carotenoides.

Não houve alterações significativas em carotenoides de tomates após tratamento pós colheita com UV (LIU *et al.*, 2009), diferente dos resultados obtidos por Bravo *et al.* (2012) no qual esse pigmento em tomates foi reduzido, conforme o presente trabalho com mangas. Costa *et al.* (2013), trabalhando com suco de abacaxi tratado com UV e com tratamento térmico, obtiveram teores de carotenoides menores do que a amostra in natura, já que é um composto sensível a luz e termolábil, mostrando também que as amostras submetidas ao tratamento térmico tiveram menor teor de carotenoides do que as submetidas a UV.

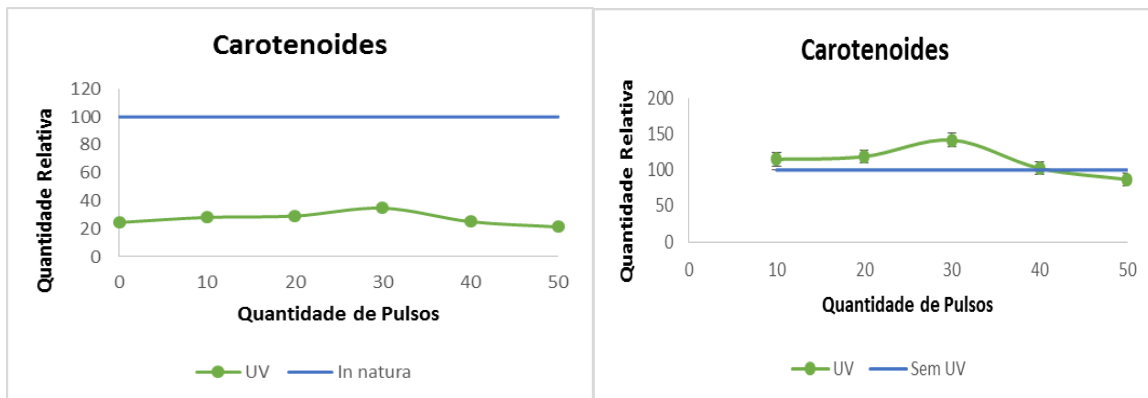
Os resultados encontrados de carotenoides estão relacionados com os dados dos parâmetros de cor, já que quando a amostra in natura é tida como referência, os valores de carotenoides e de cor foram menores após o uso dos pré-tratamentos em estudo, e quando a amostra desidratada e sem pré-tratamento foi considerada como referência, os valores foram similares ou ainda maiores, mostrando que os pré-tratamentos podem ser utilizados para minimizar as perdas devido a secagem.

Figura 17 – 17 (A) Quantidade Relativa* de Carotenoides de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 17(B) Quantidade Relativa de Carotenoides tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 17(C) Quantidade Relativa de Carotenoides de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 17(D) Quantidade Relativa de Carotenoides com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



(A)

(B)



(C)

(D)

A análise de probabilidade mostrou que para as amostras tratadas com Ultrassom e tendo como referência a amostra in natura (tabela 46), a significância ($p < 0,05$) foi para a variável linear solução osmótica com valor negativo, indicando que se aumenta a concentração de °Brix, diminui o valor de carotenoides, a variável quadrática solução

osmótica com valor positivo, indica que a resposta (carotenoides) diminui cada vez mais, caso aumente a concentração osmótica. E a variável tempo também foi significativa, com valor positivo, indicando que o aumento do tempo de US, aumenta o valor da resposta (carotenoides).

Tabela 46– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de carotenoides (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	14,1804	2,2754	0,0000
B	-16,2347	2,9431	0,0000
B²	22,8565	4,9171	0,0003
t	4,5536	1,8952	0,0307
t ²	-0,6003	1,7437	0,7357
B x t	0,8150	2,2754	0,7255

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tendo como referência a amostra sem Ultrassom (tabela 53), a significância apresentada foi para média, variável linear para solução osmótica com valor negativo e variável tempo linear com valor positivo. Indicando assim respectivamente que, conforme aumenta a solução osmótica, diminui o valor dos carotenoides e conforme aumenta o tempo, aumenta o valor desse pigmento. A figura 17B mostrou que o uso do ultrassom em diferentes condições sendo comparado com a amostra que não foi submetida as ondas, torna maior alguns teores de carotenoides. Para o pré-tratamento com a luz ultravioleta pulsada, observa-se nas tabelas 48 e 49 da análise estatística que não houve diferenças estatísticas entre as diferentes doses de radiação.

Tabela 47- Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de carotenoides (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	109,5126	13,4782	0,0000
B	-40,5397	17,4329	0,0355
B ²	36,5559	29,1257	0,2299
t	27,4666	11,2258	0,0282
t ²	-3,6928	10,3288	0,7260
B x t	8,7052	13,4779	0,5287

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 48– Análise estatística da quantidade relativa de carotenoides tendo como referência manga in natura de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

N° de Pulsos	Médias de tratamentos
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	28.160 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	29.104 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	34.758 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	25.100 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	21.301 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

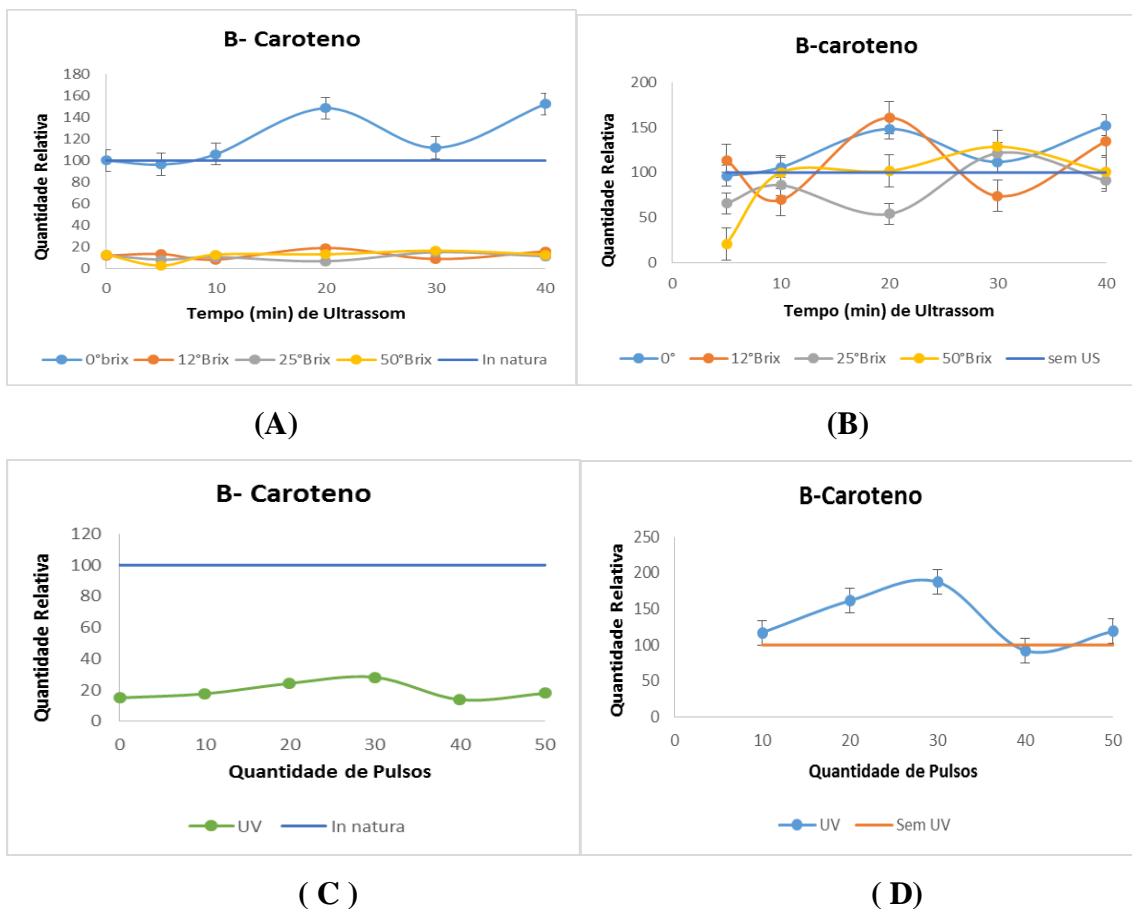
Tabela 49– Análise estatística da quantidade relativa de carotenoides tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem UV) de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

N° de Pulsos	Médias de tratamentos
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	114.865 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	118.716 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	141.781 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	102.383 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	86.890 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.2 β -Caroteno

Figura 18 – 18 (A) Quantidade Relativa* de β -Caroteno de amostras tratadas com diferentes tempos de Ultrassom e soluções osmóticas, tendo como referência o fruto in natura. 18(B) Quantidade Relativa de β -Caroteno tendo como referência a amostra desidratada e sem ultrassom. 18(C) Quantidade Relativa de β -Caroteno de amostras submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada com referência in natura. 18(D) Quantidade Relativa de β -Caroteno com referência a amostra sem UV. * Quantidade relativa acima de 100 indica liberação da vitamina e quando abaixo de 100 indica perda de vitamina.



De acordo com a tabela 50 de probabilidade, a significância ($p < 0,05$) foi para a variável linear solução osmótica com valor negativo e variável quadrática com valor positivo. Indicando respectivamente que com o aumento da concentração de $^{\circ}$ Brix, o valor de β caroteno é reduzido, sendo assim o efeito é maior para maior quantidade do valor de $^{\circ}$ Brix (tabela tendo como referência a amostra in natura). A figura 18A mostrou que na maioria das condições o valor desse pigmento foi reduzido, com exceção quando se utilizou apenas a água destilada (0° Brix). A tabela 51 apresenta o resultado da probabilidade tendo como referência

a amostra desidratada e sem US, a análise da probabilidade mostra que foi significativo a média e a variável tempo linear com valor positivo, indicando que conforme aumenta o tempo de US, o valor do β -caroteno também aumenta, a figura 18B mostrou que na maioria das condições os valores deste pigmento aumentaram, considerando assim que a sonificação reduz perdas do β -caroteno.

Tabela 50– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de β -caroteno (referência in natura) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	-5,8566	10,5500	0,5875
B	-97,8187	13,6455	0,0000
B²	142,7884	22,7980	0,0000
T	8,6333	8,7869	0,3425
t ²	-2,4130	8,0849	0,7697
B x t	-7,7404	10,5498	0,4752

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

A equação 6 é uma ferramenta matemática que representa uma predição de dados das variáveis codificadas para vitamina B variando as soluções osmóticas (codificação 0: concentração da solução osmótica menor de 0°brix e codificação 1: concentração da solução osmótica maior de 50°brix) ou tempos de ultrassom (codificação 0: tempo mínimo de 5 min e codificação 1: tempo máximo de 40 min) as quais possuem coeficiente de correlação (R^2) $r > 0,80$.

Equação 6. $-5,8566 - 97,8187*B + 142,7884*B^2 + 8,6333*t - 2,4130*t^2 - 7,7404*B*t$

Tabela 51– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom na quantidade relativa de β -caroteno (referência amostra desidratada e sem ultrassom) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	96,0430	14,2802	0,0000
B	-37,0570	18,4703	0,0645
B ²	37,3660	30,8589	0,2459
t	29,1997	11,8938	0,0277
t ²	-10,3882	10,9435	0,3585
B x t	8,0838	14,2800	0,5802

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Utilizando o pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada, observa-se nas tabelas 52 e 53 da análise estatística que não houve diferenças estatísticas entre as diferentes doses de radiação. A figura 18C mostra que quando a referência é amostra in natura, em todas as condições, o valor do β -caroteno é reduzido. No trabalho de Bravo *et al.* (2012) o tratamento com UV-c em tomates também provocou redução de β -caroteno, de acordo com Young (1993), a intensidade da luz pode provocar um fenômeno de fotodegradação e destruir o β -caroteno. Porém, quando se compara com a amostra desidratada e sem UV (figura 15D), observa-se aumento nos teores de β -caroteno, indicando assim que esse pré-tratamento ameniza as perdas desse pigmento.

Tabela 52– Análise estatística da quantidade relativa de β -caroteno tendo como referência manga in natura de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	14.483 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	31.356 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	20.271 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	19.229 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	12.724 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 53 – Análise estatística da quantidade relativa de β -caroteno tendo como referência massa seca (manga desidratada e sem uv) de cubos de mangas submetidas ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	96.059 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	207.964 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	134.448 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	127.535 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	84.391 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

4.8 Antioxidantes

As tabelas 54 e 55 mostraram os resultados dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante pelo método DPPH nas diferentes condições operacionais avaliadas. Esse método de captura do radical utiliza compostos lipofílicos que estão mais presentes na manga, como afirma Brand-Williand (1995) no qual a interação do antioxidante depende de suas conformações estruturais. Alguns autores (CARDOSO *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2002; STRATIL *et al.*, 2006) recomendam a utilização desse método por ser um recurso mais fácil e preciso da atividade de produtos naturais, já que a porcentagem de DPPH restante no sistema é proporcional a concentração de antioxidante e quanto maior o valor do DPPH, maior será a atividade antioxidante da amostra para sequestrar o radical. (BONDET *et al.*, 1997; SANCHEZ-MORENO, 2002). O efeito dos antioxidantes na eliminação de radicais DPPH é devido sua capacidade de doar hidrogênio (BAUMANN; WURN; BRUCHLAUSEN, 1980).

Em estudos reportados por Santhirasegaram, Razali e Somasundram (2014) após o tratamento térmico em sucos de mangas tratadas com US, não foram observadas alterações significativas no DPPH comparando a manga in natura. Por sua vez, métodos não térmicos como o ultrassom e ultravioleta aumentaram a extração de antioxidantes, como em suco de maçã e suco de carombola tratados com UV-c (ultravioleta contínuo) (ABID *et al.*, 2013; BHAT *et al.*, 2011).

Gardner *et al.* (2000), Spanos e Wrolstad (1992) trabalhando com termossonificação em sucos de maçãs, observaram redução de fenólicos totais quando submetidas a 80° C durante 15 minutos, considerando que os compostos fenólicos são metabolitos secundários das plantas e desempenham papel importante no desenvolvimento de sabor e cor de produtos de frutas, o estudo também encontrou que a temperatura de 60° C teve menor perda desses compostos.

Tabela 54- Compostos Fenólicos e capacidade antioxidante pelo método DPPH de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento com ultrassom e desidratação osmótica.

Solução osmótica/Condição Operacional	Tempo (minutos)	Fenólicos (mg ac.gálico/L)	DPPH (μ/mol/min)
Manga in natura		74,76 \pm 4,86	0,18 \pm 0,10
Manga desidratada (sem pré-tratamentos)		78,89 \pm 6,81	0,14 \pm 0,01
0° Brix + US	5	95,42 \pm 13,30	0,15 \pm 0,02
0° Brix + US	10	64,20 \pm 9,41	0,16 \pm 0,02
0° Brix + US	20	62,60 \pm 5,84	0,16 \pm 0,07
0° Brix + US	30	77,52 \pm 18,50	0,14 \pm 0,02
0° Brix + US	40	91,29 \pm 9,41	0,13 \pm 0
Manga in natura		95,65 \pm 6,23	0,13 \pm 0,01
Manga desidratada (sem pré-tratamentos)		118,82 \pm 12,65	0,14 \pm 0,01
12° Brix + US	5	99,09 \pm 10,71	0,17 \pm 0,01
12° Brix + US	10	92,89 \pm 9,08	0,17 \pm 0,02
12° Brix + US	20	121,35 \pm 11,03	0,16 \pm 0,02
12° Brix + US	30	137,65 \pm 9,41	0,15 \pm 0,03

12° Brix + US	40	184,47± 2,27	0,18 ±0,05
Manga in natura		109,19 ±9,41	0,15±0,02
Manga desidratada (sem pré-tratamentos)		88,53± 4,86	0,17 ±0,06
25° Brix + US	5	45,84 ±14,60	0,10 ±0,003
25° Brix + US	10	58,24 ±9,41	0,22± 0,16
25° Brix + US	20	32,76 ±6,49	0,27 ±0,015
25° Brix + US	30	18,53 ±7,14	0,17 ±0,010
25° Brix + US	40	28,86 ±24,34	0,14 ±0,007
Manga in natura		110,57± 2,92	0,16 ±0,01
Manga desidratada (sem pré-tratamentos)		86,23± 2,27	0,17 ±0,03
50° Brix + US	5	107,81 ±7,46	0,15 ±0,009
50° Brix + US	10	98,40 ±1,29	0,17 ±0,035
50° Brix + US	20	49,51 ±4,86	0,13 ±0,034
50° Brix + US	30	77,74± 3,89	0,17 ±0,037
50° Brix + US	40	77,06 ±7,46	0,15± 0,009

Tabela 55- Compostos Fenólicos e capacidade antioxidante pelo método DPPH de mangas desidratadas submetidas ao pré-tratamento de luz ultravioleta pulsada.

Condição Operacional	Quantidade de Pulsos da radiação UV	Fenólicos (mg ac.gálico/L)	DPPH (µ/mol/min)
Manga in natura		122,04 ±6,16	0,22± 0,031
Manga desidratada (sem pré-tratamento)		132,37± 14,93	0,13± 0,018
Luz Ultravioleta Pulsada	10	103,45 ±12,33	0,17 ±0,071

20	94,27 ±0,64	0,16± 0,029
30	134,66± 24,69	0,14± 0,013
40	96,79 ±12,01	0,14± 0
50	127,32± 12,98	0,16 ±0

O presente trabalho utilizando os pré-tratamentos (US e UV-p) em diferentes condições, mesmo não apresentando diferenças estatísticas, houveram algumas perdas, como também ganho de compostos fenólicos em relação a amostra in natura e a amostra desidratada sem pré-tratamento. Quando as mangas foram submetidas a radiação ultravioleta pulsada (tabela 55), com 30 e 50 pulsos houve aumento dos fenólicos. De acordo com alguns autores (Cantos *et al.*, 2000; González *et al.*, 2009; Jagadeesh *et al.*, 2009) a radiação com luz ultravioleta pode ser usada como tratamento pós-colheita com possibilidade de aumentar a quantidade de antioxidantes de produtos de origem vegetal. A exposição com luz ultravioleta pulsada causa stress nos tecidos vegetais e faz com que aumente a biossíntese de metabólitos secundários com atividade antioxidante (LIU *et al.*, 2009).

Rodriguez *et al.* (2014), trabalhando com maçãs submetidas ao ultrassom, analisaram parâmetros de qualidade como os compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante, e observaram que o ultrassom tem efeito positivo já que reduz a perda de qualidade, por causa da redução do tempo de secagem.

Na cavitação ocorre a formação de radicais livres (OH• e H•) que reagem com o anel aromático dos polifenóis, contribuindo para o aumento desse composto, em produtos como o suco (ASHOKKUMAR *et al.*, 2008), mostrado por exemplo na pesquisa de Goh *et al.* (2012) com suco de abacaxi sonicado com 30 e 60 minutos no qual apresentou aumento no DPPH em relação a amostra in natura, mostrando que esse tratamento aumenta a extração da capacidade antioxidante.

A análise de probabilidade com 95% de significância ($p < 0,05$) mostrou que apenas a média entre as variáveis estudadas (tempo e solução osmótica) com o pré-tratamento do ultrassom apresentaram valores significativos para as análises de compostos fenólicos (tabela 56) e capacidade antioxidante pelo método DPPH (tabela 57), podendo dizer então que

não há influência nas respostas estudadas, caso modifique o tempo de ultrassom e a solução osmótica.

Tabela 56– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom nos compostos fenólicos de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	59,0839	19,5990	0,0092
B	-18,4045	25,3497	0,4797
B ²	31,1246	42,3525	0,4745
t	-4,6535	16,3237	0,7797
t ²	14,6091	15,0195	0,3472
B x t	-19,6859	19,5986	0,3322

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Tabela 57– Significância de fatores das soluções osmóticas e tempos de ultrassom nos antioxidantes (método DPPH) de cubos de manga desidratados.

Variáveis	Efeitos	Erro Padrão	p
Média	0,1611	0,0474	0,0043
B	0,0044	0,0394	0,9113
B ²	-0,0289	0,0363	0,4392
t	-0,0318	0,0613	0,6109
t ²	0,0538	0,1024	0,6075
B x t	-0,0125	0,0474	0,7948

B: Brix (solução osmótica), t: tempo em minutos de Ultrassom
Significativo a 95% de nível de confiança (em negrito)

Para a análise estatística do pré-tratamento com luz UV-p observou-se que não houve diferenças estatísticas nos compostos fenólicos (tabela 58) e capacidade antioxidante (DPPH- tabela 59) quando diferentes quantidades de pulsos foram emitidas, e também quando comparada a amostra in natura e a desidratada. Portanto, esse pré-tratamento como também o Ultrassom podem ser indicados já que a capacidade antioxidante não é reduzida.

Tabela 58– Análise estatística de compostos fenólicos de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	122.040 a
Sem Uv e desidratada	132.365 a
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	103.450 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	94.270 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	134.665 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	96.794 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	127.320 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 59– Análise estatística da capacidade antioxidante (método DPPH) de manga submetida ao pré-tratamento com luz ultravioleta pulsada.

Nº de Pulsos	Médias de tratamentos
In natura	0.226 a
Sem Uv e desidratada	0.132 a
10 pulsos (3,6 J/cm ²)	0.170 a
20 pulsos (7,2 J/cm ²)	0.160 a
30 pulsos (10,8 J/cm ²)	0.140 a
40 pulsos (14,4 J/cm ²)	0.140 a
50 pulsos (18 J/cm ²)	0.160 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em estudos reportados por Rapisarda *et al.* (1999) com sucos de cinco variedades de laranja, observaram uma forte correlação entre o teor de fenólicos e a capacidade antioxidante, e uma fraca correlação entre o teor de ácido ascórbico e a capacidade antioxidante. Melo (2008) afirma que é possível que carotenoides, ácido ascórbico e polifenóis estejam presentes nos extratos em estudo, os quais podem contribuir de maneira sinérgica ou antagônica com a análise da capacidade antioxidantes das frutas. Alguns autores demonstraram que o teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de frutas e hortaliças tem uma forte correlação (Abdille *et al.*, 2005; Kaur e Kapoor, 2002; Vison *et al.*, 1998; Velioglu *et al.*, 1998).

Existem alguns componentes que são responsáveis pelo aumento da capacidade antioxidante e eliminação de radicais livres, como também reduzir riscos de doenças devido ao stress oxidativo, que são os compostos fenólicos e a vitamina C. Como o ocorrido no trabalho com suco de uva sonicado, um aumento na atividade captadora de radical livre DPPH (MUHAMMAD *et al.*, 2013).

5 CONCLUSÃO

O efeito da aplicação do ultrassom e da luz ultravioleta pulsada reduz o tempo do tratamento térmico (secagem), sem alterar algumas das propriedades do produto, como os parâmetros da cor e antioxidantes. As vitaminas B e C foram degradadas com o uso dos pré-tratamentos, porém essa degradação teve maior influência com o processo de secagem, portanto essas tecnologias são indicadas para minimizar as perdas de vitaminas B1, B2, B3, B5 e C, assim como os pigmentos carotenoides e β -caroteno. Diferente das vitaminas B6, A, D, E, as quais obtiveram perdas com o uso de sonicação e radiação UV-p.

Para os parâmetros de cor das amostras submetidas aos pré-tratamentos em estudo, apresentaram redução apenas quando comparados com a amostra in natura. O US e a luz UV-p não influenciaram na mudança da cor da manga quanto ao tratamento térmico.

A utilização do ultrassom e da luz ultravioleta pulsada foi considerada eficaz na inativação das enzimas polifenoloxidase e ascorbato oxidase na maioria das condições de tratamentos utilizadas. A capacidade antioxidante do produto não foi atingida com o uso dos pré-tratamentos e os compostos fenólicos apresentaram aumento para algumas condições de processo.

As tecnologias não térmicas, como US e UV, favorecem a perda de água e redução do tempo de secagem. Assim, a desidratação osmótica pode ser utilizada como pré-tratamento a essas tecnologias.

REFERÊNCIAS

- ABID, M.; JABBAR S.; WU, T.; HASHIM, M.M.; HU, B.; LEI, S. Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, p.1182–1187, 2013.
- ABIDILLE, M.D.H.; SINGH, R.P.; JAYAPRAKASHA, G.K.; JENA, B.S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chem.**, Washington, v. 90, p. 891-896, 2005.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell – NBR 12694**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ADEKUNTE, A. O.; TIWARI, B. K.; CULLEN, P. J.; SCANNEL, A. G. M.; O'DONNELL, C. P. Effects of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. **Food Chemistry**, v. 122, p. 500-507, 2010.
- AGADEESH, S. L.; CHARLES, M. T.; GARIEPY, Y.; GOYETTE, B.; RAGHAVAN, G. S. V.; VIGNEAULT, C. Influence of post-harvest UV-C hormesis on the bioactive components of tomato during post-treatment handling. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 8, 1463–1472, 2009.
- AHMED, J.; SHIVHARE, U.S.;KAUR, M. Thermal color degradation kinetics of mango puree. **International Journal of Food Properties**, v. 5, p. 359-399, 2002.
- AKGUN, N. A.; DOYMAZ, I. Modeling of olive cake thin-layer drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 4, p. 455-461, 2005.
- ALAMINO, D. A.; CABRAL, V. B.; DANNER, M. A.; MARCHESE, J. A. Indução de resistência à podridão-amarga em maçãs pelo uso de eliciadores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 249-254, 2013.
- ALLENDE, A.; MCEVOY, J. L.; LUO, Y.; ARTES, F.; WANG, C. Y. Effectiveness of two-sided UV-treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed Red Oak leaf lettuce. **Food Microbiology**, v. 23, p. 241–249, 2006.
- ALLENDE, A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I. Minimal processing for healthy traditional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 513–519, 2006.
- ALMEIDA, F. A. C.; RIBEIRO, C. F. A.; TOBINAGA, S.; GOMES, J. P. Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 576–584, 2005.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1331-1341, 2002.

ANDRADE, S.A.C; METRI, J.C; NETO, B.B; GUERRA, N.B. Desidratação Osmótica do Jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 23, n. 2, p. 276-281, 2003.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 136 f, 2013.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 104 f, 2015.

ARAB, L.; STECK, S. Lycopene and cardiovascular disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n. 6, p.1691–1695, 2000.

ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, R. C.; GUIMARÃES, J.; ARAÚJO, E. P. Análise do custo de produção e comercialização da manga produzida e exportada na região do Submédio São Francisco. In: 41º CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Juiz de Fora – MG. **Anais...** Juiz de Fora: SOBER, 2003.

ARTÉS, F.; GÓMEZ, P.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 287-296, 2008.

ASHOKKUMAR, M.; SUNARTIO, D.; KENTISH, S.; MAWSON, R.; SIMONS, L.; VILKHU, K. Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: a preliminar study on a model system. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, p.155–160, 2008.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade dos alimentos**. 2 ed. Ver. e aum. Brasília: Embrapa, 2012. 326 pag.

AZEVEDO, L. C.; DE AZOUBEL, P. M. L.; SILVA, I. R. A.; ARAUJO, A. J. de B.; OLIVEIRA, VITTI, A.; BOTEON, M. Análise da competitividade da fruticultura brasileira frente a mundial. In: **XLXI SOBER** - Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco – Acre.

AZOUBEL, P.M; AMORIM M.R, S. S. B; OLIVEIRA, M.; BAIMA A.M; CASTRO. Cinética de secagem de manga com e sem pré-tratamento ultrassônico. In: **XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2010. p. 10355-10350.

BALL, G. F. M. **Vitamins in foods: Analysis, bioavailability, and stability**. Boca Raton: CRC Press, 2006. 785 p.

BARI, M. L.; SABINA, Y.; ISOBE, S.; UEMURA, T.; ISSHIKI, K. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Enteritidis, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes. **Journal of Food Protection**, v. 66, p. 542-548, 2003.

BAUMANN, J.; WURN, G.; BRUCHLAUSEN, F. V. Prostaglandin synthetase inhibition by flavonoids and phenolic compounds in relation to their O₂--scavenging properties. **Arch. Pharmacol.**, v. 313, n. 4, p. 330-7, 1980.

BERNARDI, S.; BODINI, R. B.; MARCATTI, B.; PETRUS, R. R.; FAVARO TRINDADE, C. S. Quality and sensorial characteristics of osmotically dehydrated mango with syrups of inverted sugar and sucrose. **Scientia Agricola**, v. 66, n.1, p. 40-43, 2009.

BHAT, R.; AMERAN, S.B; VOON, H.C; KARIM A.A; TZE L.M. Quality attributes of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. **Food Chemistry**, v.127, p. 641–644, 2011.

BHAT, R.; KAMARUDDIN, N. S. B. C.; MIN-TZE, L.; KARIM, A. A. Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.18, p.1295–1300, 2011.

BIANCHINI, R.; PENTEADO, M. V. C. Teores de retinol, β -caroteno e α -tocoferol em leites bovinos comercializados na cidade de São Paulo. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v.19, n.3, p.349-355, 1999.

BIANCHINI, A. J.; BURGOS, S.; CRELIER, P.; LOPEZ-BUESA. Inactivation of proteases and lipases by ultrasound, **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.**, v. 2, p. 139–150, 2000.

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry. A critical review. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 80, p. 1–9, 2000.

BÖHM, V.; KÜHNERT, S.; ROHM, H.; SCHOLZE, G. Improving the nutritional quality of microwave-vacuum dried strawberries: A preliminary study. **Food Science and Technology International**, v. 12 n.1, p. 67–75, 2006.

BONDET, V.; BRAND-WILLIAMS, W.; BERSET, C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. **Food Sci. Technol.-Leb.**, v. 30, p.609-615, 1997.

BOUDHRIOUA, N.; GIAMPAOLI, P.; BONAZZI, C. Changes in aromatic components of banana during ripening and air-drying. **Lebensmittel Wissenschaft and Technology**, v. 36, p. 633–642, 2003.

BOYTON, B. B.; SIMS, C. A.; SARGENT, S.; BALABAN, M. O.; MARSHALL, M. R. Quality and Stability of Precut Mangos and Carambolas Subjected to High-Pressure Processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 1, p. 409-415, 2002.

- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutr. Rev.**, Washington, v. 56, n.11, p.317-333, 1998.
- BRAVO, S.; GARCÍA-ALONSO, J.; MARTÍN-POZUELO, G.; GÓMEZ, V.; INMACULADA, M. S.; GONZÁLEZ, N.; PERIAGO, M. J. The influence of post-harvest UV-C hormesis on lycopene, β -carotene, and phenolic content and antioxidant activity of breaker tomatoes. **Food Research International**, v. 49, p. 296–302, 2012.
- BRENNAN, J.G. **Food Processing Handbook**. Wiley-VCH Verlag GmbH: Weinheim, 2006, p 214–228.
- BRUMMELL, D. A.; HARPSTER, M. H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, v. 47, p. 311-340, 2001.
- BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: chemical aspects. **Food Research International**, Ottawa, v. 35, n. 2-3, p. 279-284, 2002.
- CAMARGO, Y.R.; LIMA, L.C.O.; SCALON, S.P.Q.; SIQUEIRA, A.C. Efeito do calcio sobre o amadurecimento de morangos (*fragaria ananassa duch.*) cv. campineiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 968-972, 2000.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C.; PEREIRA, J. A. M. Drying curves and water evaluation of dried banana. *In: International Drying Symposium, São Paulo. Proceedings...* São Paulo, p. 2013-2020, 2004.
- CANTOS, E.; GARCÍA-VIGUERA, C.; PASCUAL-TERESA, S.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Effect of post-harvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n.10, p. 4606–4612, 2000.
- CAO, S. F.; HU, Z. C.; PANG, B.; WANG, H. O.; XIE, H. X.; WU, F. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. **Food Control**, New York, v. 21, n. 4, p. 529 – 532, 2010.
- CÁRCEL, J.A.; BENEDITO, J.; ROSSELLÓ, C.; MULET, A. Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 472–479, 2007.
- CARDELLO, H. A. ; CARDELLO L. Teor de vitamina c, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera índica L.*) var. haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 18, n.2, p. 211, 1998.

CARDOSO, C.L.; SILVA, D.H.S.; CASTRO-GAMBOA, I.; BOLZANI, V.S. New Biflavonoid and Other Flavonoids from the Leaves of *Chimarrhis turbinata* and their Antioxidant Activities. **J. Braz. Chem. Soc.**, v.16, 2005.

CAVALCANTI, L.S.; BRUNELLI, K.R.; STANGARLIN, J.R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: Cavalcanti, L.S.; Di Piero, R.M.; Cia, P.; Pascholati, S.F.; Resende, M.L.V.; Romeiro, R.S. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 81-124.

CAVALCANTI, M. T. *et al.* Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n. 5, p. 80 – 83, 2011.

CHAROENSIRI, R. R; KONGKACHUICHA, S.; SUKNICOM, P.; SUNGPUAG. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits, **Food Chem.**, v.113, p.202–20, 2009.

CHEN, J. P.; TAI, C. Y.; CHEN, B. H. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). **Food Chemistry**, v.100, p.1005–1010, 2007.

CHISARI, M.; BARBAGALLO, R. N.; SPAGNA, G. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. **J. Agric. Food Chem.**, v. 55, n. 9, p. 3469-3476, 2007.

CHITARRA, M. I. F. **Pós-colheita de frutas e hortaliças, fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORREIA, R. C.; ARAUJO, J. L. P. **Cultivo da Mangueira - Mercado Interno; Mercado externo; Características do mercado**. Embrapa Semiárido: Sistemas de Produção, 2 ed, 2010. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/mercado.htm>. Acesso em: 15 mar. 2015

CORZO-MARTÍNEZ, M.; CORZO, N.; VILLAMIEL, M.; DEL CASTILLO, M. D. Browning reactions. In Y. H. Hui, W. K. Nip, L. M. L. Mollet, G. Pañiyath, B. K. Simpson (Eds.), **Food biochemistry and food processing**. Iowa, USA: Blackwell Publishing, 2012.

COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; OLIVEIRA, D. E.C. Modelagem matemática da secagem de frutos de crambe em camada delgada. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 392-403, 2015.

COSTA, M. G. M.; FONTELES, T. V.; JESUS, A. L. T.; ALMEIDA, F. D. L.; MIRANDA, M. R. A.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. High-intensity ultrasound processing of pineapple juice. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 4, p. 997–1006, 2013.

CZECHOWSKA, B. R.; ROKITA, B.; LOTFY, S.; ULANSKI P.; ROSIAK, J. M.; DAVEY, M. W. Degradation of chitosan and starch by 360-kHz ultrasound. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n.2, p. 175-184, 2005.

DAMIANI, C. et al. Doces de corte formulados com casca de manga. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 360-369, 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN K.L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed, Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAVEY, M.W.; MONTAGU, M.V; INZE, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. ; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **J. Sci. Food Agr.**, v. 80, p. 825-860, 2000.

DELGADO, A. E.; ZHENG, L.; SUN, D.W. Influence of ultrasound on freezing rate of immersion-frozen apples. **Food and Bioprocess Technology**, v. 2, p. 263–270, 2009.

DEMIREL, D.; TURHAN, M. Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 1, p. 1-11, 2003.

DENNISON, D.; KIRK J.; BACH, J.; KPKOCZKA, P.; HELDMAN, D. Storage stability of thiamin and riboflavin in a dehydrated food system. **J. Food Process**. v.1, p.43-54, 1977.

DU, C. M.; WANG, J.; ZHANG, L.; LI, H.X.; LIU, H.; XIONG, Y. The application of a non-thermal plasma generated by gas – liquid gliding arc discharge in sterilization, **New J. Phys**, v. 14, 2012.

DUDONNE, S.; VITRAC, X.; COUTIERE, P.; WOILLEZ, M.; MERILLON, J.M. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 1768–1774, 2009.

EBERHARDT, M.V.; LEE, C.Y.; LIU, R. H. Antioxidant activity of fresh apples. **Nature**, Vol. 405, p. 903-904, 2000.

ELMASSER, N.; GUILLOU, S.; LEROI, F.; ORANGE, N.; BAKHROUF, A.; FEDERIGHI, M. Pulsed light system as a novel food decontamination technology: a review. **Canadian Journal Microbiology**, v. 53, p. 813-821, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Semiárido**: Sistemas de Produção, 2 ed., 2010. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/socioeconomia.htm>. Acesso em: 16 ago. 2015.

ERCAN, S.S.; SOYSAL, C. Effect of ultrasound and temperature on tomato peroxidase, **Ultrason Sonochem.**, v.18, p. 689–695, 2011.

- EREN, I.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 79 n. 1, p. 344-352, 2007.
- ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, London, v.63, n.3, p. 349-59, 2004.
- ESPIN, J. C.; GARCIA-RUIZ, P. A.; TUDELA, J.; VARON, R.; GARCIA-CANOVAS, F. Monophenolase and diphenolase reaction mechanisms of apple and pear polyphenoloxidases. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2968–2975, 1998.
- FANG, S. Z.; WANG, Z. F.; HU, X. S. Hot air drying of whole fruit Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller): thinlayer mathematical modelling. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 1818-1824, 2009.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food**. Code of Federal Regulations, 21 (Part 179.39), p. 456-457, 2000.
- FELLOWS. P. Food Processing Technology – Principles and Practice. 2 ed. Boca Raton, Florida, 2000.
- FEMENIA, A.; SERRANO, G.S.; SIMAL, S.; GARAU, M.C.; EIM, V.S.; ROSSELLÓ, C. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. **Food Science and Technology**. v. 42, n. 1, p. 106-112, 2009.
- FERNANDES, F.A.N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O.C.P.; OLIVEIRA, E.L. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air drying. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 188–193, 2006a.
- FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v. 39, p. 492-498, 2006b.
- FERNANDES, F.A.N.; RODRIGUES, S. Use of ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: dehydration of banana. **Journal of Food Engineering**, v. 82, 261–267, 2007a.
- FERNANDES, F.A.N.; OLIVEIRA, F.I.P.; RODRIGUES, S. **Food and Bioprocess Technology**, doi:10.1007/s11947-007-0019-9. 2007b.
- FERNANDES, F.A.N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pretreatment on cell structure: Melon dehydration. **LWT- Food and science and Technology**, v. 41, p.604-610, 2008a.
- FERNANDES, F. A. N.; LINHARES, F. E.; RODRIGUES, S. Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 15, p. 1049–1054, 2008b.

FERNANDES F.N.A.; RODRIGUES S. Application of Ultrasound and Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration in Drying of Fruits. **Drying Technology**, v. 26, p.1509–1516, 2008c.

FERNANDES F. A. N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p. 186–190, 2009.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; LAW, C. L.; MUJUMDAR, A. S. Drying of exotic tropical fruits: a comprehensive review. **Food and Bioprocess Technology**, v.4, n. 2, p. 163–185, 2010.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES S.; CÁRCEL, J.A.; GARCÍA-PÉREZ, J.V. Ultrasound-Assisted Air-Drying of Apple (*Malus domestica* L.) and Its Effects on the Vitamin of the Dried Product. **Food Bioprocess Technol.** DOI 10.1007/s11947-01, p. 1519-7, 2015.

FERNANDEZ, A.; SHEARER, N.; WILSON, D.R.; THOMPSON. Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of *Salmonella entericaserovar Typhimurium*. **J. Food Microbiol**, v.152, p.175–180, 2012.

FERRARI, C.C.; RODRIGUES, L.K.; TONON, R.V.; HUBINGER, M.D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 3, p. 564-570, 2005.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.251-255, 2003.

FOLIN, O.; CIOCALTEAU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **Journal of Biological Chemistry Baltimore**, v.73, p.627, 1927.

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

FONSECA, N. **Mangas mais comuns no Brasil**. Portal Dia de Campo – Informação que produz, 2014. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21166&secao=Artigos%20Especiais>. Acesso em: 12 dez. 2014.

FUENTE-BLANCO, S.; SARABIA, E. R. F.; ACOSTA -APARICIO, V. M.; BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGUO-JUAREZ, J. A. Food drying process by power ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 523–527, 2006.

GARCIA, D. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKER, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.603-608, 2004.

GARCÍA-PÉREZ, J. V.; CÁRCEL, J. A.; FUENTE-BLANCO, S.; MULET. Effect of air temperature on convective drying assisted by high power ultrasound. **Defect and Diffusion Forum**, p. 563– 574, 2006.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MCPHAIL, D. B; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chem.**, v.68, p. 471–474, 2000.

GAMBOA-SANTOS, J.; MONTILLA, A.; SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Effects of conventional and ultrasound blanching on enzyme inactivation and carbohydrate content of carrots. **European Food Research and Technology**, v. 234, n.6, 1071–1079, 2012.

GOH, S.G.; NORANIZAN, M.; LEONG, C.M.; SEW C.C.; SOBHI, B. Effect of thermal and ultraviolet treatments on the stability of antioxidant compounds in single strength pineapple juice throughout refrigerated storage. **International Food Research Journal**, v.19, n. 3, p.1131-1136, 2012.

GONZÁLEZ-BARRIO, R.; VIDAL-GUEVARA, M. L.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C-treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 374–382, 2009.

GREGORY, J. F.; HINER, M. Thermal stability of vitamin B6 compounds in liquid model food systems. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1323–1327, 1983.

HAGERMAN, A. E.; AUSTIN, P. J. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl esterase. **J. Agric. Food Chem.**, v. 34, p.440-444, 1986.

HALLAWAY, M. *et al.* A critical study of the intracellular distribution of ascorbate oxidase and a comparison of the kinetics of the soluble and cell-wall enzyme. **Phytochemistry**, v.9, p. 935- 44, 1970.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and diseases. **Annual Review of Nutrition**, v. 16, p. 33–50, 1996.

HART, E. J.; HENGLEIN, A. Free radical and free atom reactions in the sonolysis of aqueous iodide and format solutions. **J. Phys. Chem.**, v. 89, p. 4342–4347, 1985.

HAWLADER, J. N. A.; UDDIN, M. S.; HO, J. C.; TENG, A. B. W. Drying characteristics of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 14, p. 265-268, 1991.

HEINONEN, M.; LEHTONEN, P.J.; HOPIA, A. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquor. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 48, p.25-31, 1998.

HORIBA, N.; HIRATSUKA, K.; ONOE, T.; YOSHIDA, T.; SUZUKI, K.; MATSUMOTO, T.; NAKAMURA, H. Bactericidal effect of electrolyzed neutral water on bacteria isolated from infected root canals. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 87, p. 83-87, 1999.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Disponível em: <www.ital.sp.gov.br> Acesso em: 14 julho 2016.

JAMBRAK, A.R.; LELAS, V.; HERCEG, Z.; BADANJAK, M.; WERNER, Z. Application of high power ultrasound in drying of fruits and vegetables. **Journal of Chemists and Chemical Engineers**, v. 59, n. 4, 169–177, 2010.

JEDLIČK A.; KLIMEŠ. J. Determination of Water- and Fat-Soluble Vitamins in Different Matrices Using High-Performance Liquid Chromatography. **Chem. Pap.**, v. 59, n.3, p. 202-222, 2005.

JIANG, T.; JAHANGIR, M. M.; JIANG, Z.; LU, X.; YING, T. Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, p. 209-215, 2010.

JUSTUS, A. **Influência da aplicação de ondas de ultrassom na desidratação osmótica de tomates**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Minas gerais, 2012.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **Int. J. Food Sci. Technol.**, Oxford, v.37, p.153-161, 2002.

KARATHANOS, V. T. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 4, p. 337- 344, 1999.

KEK, S. P.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. **Food and Bio products processing**, v. 91, n. 4, p. 495–506, 2013.

KEUTGEN, A. J.; PAWELZIK, E. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under Na Cl salinity. **Food Chemistry**, v. 111, p. 642-647, 2008.

KHIN, M.M.; ZHOU, W.; YEO, S.Y. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 514–522, 2007.

KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3713–3717, 2002.

KNORR, D.; ZENKER, M.; HEINZ, V.; LEE, D.U. Applications and potential of ultrasonics in food processing. **Trends food Science and Technology**, v.15, p. 261– 266, 2004.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

KREBBERS, B.; MASTER, A. M.; HOOGERWERF, S. W.; MOEZELAAR, R.; TOMASSEN, M. M. M.; VEN DEN BERG, R. W. Combined high-pressure and thermal treatments for processing of tomato puree: Evaluation of microbial inactivation and quality parameters. **Innovation Food Science and Emerging Technologies**, v. 4, p. 377–385, 2003.

KRISHNAMURTHY, K.; DEMIRCI, A.; IRUDAYARAJ, J.M. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in Milk Using Flow-Through Pulsed UV-Light Treatment System. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 7, 233 – 239, 2007.

LABANCA, E. R. G. **Purificação parcial de elicitores presentes em *Saccharomyces cerevisiae*: atividade como indutores de resistência em pepino (*Cucumis sativus*) contra *Colletotrichum lagenarium* e da síntese de glicolinas em soja (*Glycine max*)**. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LEITE, J. B.; MANCINI, M. C.; BORGES, S. V. Effect of drying temperature on the quality of dried bananas cv. prata and d’água. **Lebensmittel Wissenschaft and Technology**, v. 40, n. 2, p. 319-323, 2007.

LEIGHTON, T. The principles of cavitation. In M. J. W. Povey & T. J. Mason (Eds.), **Ultrasound in food processing**, London, p. 151 – 178, 1998.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chem.**, Washington, v.76, p.69-75, 2002.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, p.153–163, 2006.

LI, J.; ZHANG, Q.; CUI, Y.; YAN, J.; CAO, J.; ZHAO, Y.; JIANG, W. Use of UV-C Treatment to Inhibit the Microbial Growth and Maintain the Quality of Yali Pear. **Journal of Food Science**, v.75, p. 503-507, 2010.

LIU, L. H.; ZABARAS, D.; BENNETT, L. E.; AGUAS, P.; WOONTON, B.W. Effects of UV-C, light red and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. **Food Chemistry**, v. 115, p. 495–500, 2009.

LOMBARD, G. E.; OLIVEIRA, J. C.; FITO, P.; ANDRE’S, A. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. **Journal of Food Engineering**, v. 85, p. 277-284, 2008.

LOPEZ-MALO, A.; GUERRERO, S.; ALZAMORA, S. M. *Saccharomyces cerevisiae*, thermal inactivation kinetics combined with ultrasound. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 1215–1217, 1999.

LOPEZ, P.; SALA, F. J.; FUENTE, J. L.; CONDON, S.; RASO, J.; BURGOS, J. Inactivation of peroxidase, lipoxygenase, and polyphenol oxidase by manothermosonication. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 252–25, 1994.

LOPEZ, P.; VERCET, A.; SANCHEZ, A. C.; BURGOS, J. Inactivation of tomato pectic enzymes by manothermosonication. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*. **Food Research and Technology**, v. 207, p. 249– 252, 1998.

LOUKA, N.; ALLAF, K. Expansion ratio and color improvement of dried vegetables texturized by a new process “controlled sudden decompression to the vacuum”, application to potatoes, carrots and onions. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 233–243, 2004.

LUCENA, H.H. **Qualidade da manga ‘Tommy Atkins’ minimamente processada tratada com água eletrolisada**. Dissertação (Pós-graduação em fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2013.

MACDOUGALL, D. B. Color in food. **CRC Press.**, Cambridge, p. 211, 2002.

MACDONALD, L.; SCHASCHKE, C. J. Combined effect of high pressure, temperature and holding time on polyphenoloxidase and peroxidase activity in banana (*Musa acuminata*). **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 80, p.719–724, 2000.

MACHADO, A.V.; ARAÚJO, F. M. M. C. Avaliação bioquímica do pedúnculo de caju. **Tecnologia de Alimentos** (CBCTA), Belo Horizonte – MG, v.3, p. 88-92, 2008.

MADAMBA, P. S.; LOPEZ, R.I. Optimization of the osmotic dehydration of mango (*Mangifera indica* L.) slices. **Drying Technology**, v. 20, p.1227 - 1242, 2002.

MANZOCCO, L.; DA PIEVE, S.; BERTOLINI, A.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.; VIANELLO, A.; NICOLI, M. C. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 165-171, 2011b.

MARCHESE, J. A.; MATTANA, R. S.; MING, L. C.; BROETTO, F.; VENDRAMINI, P. F.; MORAES, R. M. Irradiance stress responses of gas exchange and antioxidant enzyme contents in pariparoba [*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.]plants. **Photosynthetica**, v. 46, p. 501-505, 2008.

MARTINS, P. C.; PORTO, P. S. S.; PINTO, L. A. A. Study of the physical and transport properties in the onion (*allium cepa* L.) drying in thin layer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 319-326, 2004.

MARIANI, V.C.; COELHO, L.S. Problema inverso para estimar propriedades térmicas de bananas durante o processo de secagem. **Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering**, Curitiba, p. 5-8, 2006.

- MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das Características de Processamento da Manga (*Mangifera indica L.*) Variedade Tommy atkins Desidratada**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba: PR, 2006.
- MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Caracas, v. 50, n.1, p. 5-18, 2000.
- MASON, T. J.; RIERA, E.; VERCET, A.; LOPEZ-BUESA, P. Application of ultrasound. **In: SUN, D. W. Emerging technologies for food processing**. London, GB: Elsevier, p. 323-35, 2005.
- MASON, T.J.; CORDMAS, E. D. Ultrasonic intensification of chemical processing and related operations-A review. **Transactions of the Institute of Chemical Engineers**, v. 74, p. 511-516, 1996.
- MASON, T. J.; PANIWNKYK, L. Ultrasound as a preservation technology. In P. Zeuthen & L. Bogh-Sorensen (Eds.), **Food preservation techniques**, New York, p. 303-337, 2003.
- MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidases isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant & Cell Physiology**, v.13, p. 1091-1101, 1972.
- MAYOR, L.; CUNHA, R.L.; SERENO, A.M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, v. 40, p. 448-460, 2007.
- MCDONALD, K.F.; CURRY R.D.; CLEVINGER T.E.; UNKLESBAY K.; EISENSTRACK A.; GOLDEN J.; MORGAN R. D. A comparison of pulsed and continuous ultraviolet light sources for the decontamination of surfaces. **IEEE Trans Plasma Sci.**, v. 28, n. 5, p.1581-7, 2000.
- MDLULI, K. M. Partial purification and characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase from marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. *Caffra*). **Food Chemistry**, v. 92, p. 311-323, 2005.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, vol. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.
- MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to Instrumentation**. Minolta Co. Ltd., Japan, 59 f. 2007.
- MORRIS, C.; BRODY, A. L.; WICKER, L. Non-thermal food processing/ preservation technologies: A review with packaging implications. **Packaging Technology and Science**, v. 20, p. 275-286, 2007.

MUHAMMAD R.; AADIL; ZENG X.; HAN Z.; SUN, D.W. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. **Food Chemistry**, v.141, p. 3201–3206, 2013.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Spinach chloroplasts scavenge hydrogen peroxide on illumination. **Plant Cell Physiology**, v. 21, p. 295–1307, 1980.

NIETO, A.; CATRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 175-185, 2001.

NUNES, Y.; MOREIRA, R. G. Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 7, p. 355-362, 2009.

O'DONNELL, C.P.; TIWARI, B. K; BOURKE, P.; CULLEN, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, p. 358-367, 2010.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais: aprendendo a aprender**. 2 ed. São Paulo: SARVIER, 2008.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S.V.; RIBEIRO, P.C.N.; RUBACK, V.R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 22, n. 3, p. 254-258, 2002.

OLIVEIRA, F. I. P. **Estudo do processo de produção de jambo desidratado sob aplicação de ultrassom**. 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

OLIVEIRA, F. I.A.; VERCET, C.; SANCHEZ, J.; BURGOS, L.; MONTANES, P.; LOPEZ, B. The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. **J. Food Eng.**, v. 53, p. 273–278, 2002.

OLIVEIRA, A. P. V. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 191-196, 2003.

OLIVEIRA, F. I. P. **Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa**. 2014. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **FAO Perspectivas agrícolas 2015-2024**. Capítulo 2.

- ORTUÑO, C.; PEREZ-MUNUERA, I.; PUIG, A.; RIERA, E.; GARCÍA-PÉREZ, J.V. Influence of Power Ultrasound Application on Mass Transport and Microstructure of Orange Peel during Hot Air Drying. **Physics Proc.**, p.153–159, 2010.
- OU, B.; HUANG, D.; HAMPSCH-WOODILL, M.; FLANAGAN, J.A.J.; DEEMER, E.K. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3122–3128, 2002.
- OVENSTON, T. C. J.; REES, W. T. The Spectrophotometric determination of small amounts of hydrogen peroxide in aqueous solutions. **Analyst**, v.75, p. 204-208, 1950.
- OZUNA, C.; CÁRCEL, J.A.; GARCIA-PEREZ, J.V.; MULET, A. Improvement of Water Transport Mechanisms during Potato Drying by Applying Ultrasound. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p. 2511–2517, 2011.
- PAGE, C. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layer. MSc Thesis, Purdue University, USA. 1949.
- PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J. & SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v. 64, n.1, 42-45, 1999.
- PALOU, E.; LO'PEZ-MALO, A.; ARGAIZ, A.; WELTI, J. The use of the Peleg's equation to model osmotic concentration of papaya. **Drying Technology**, v. 12, p. 965–978, 1994.
- PANI, P.; LEVA, A. A.; MAESTRELLI, A.; TORREGGIANI, D. Influence of an osmotic pretreatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. **Journal of Food Engineering**, v.86, p. 105–112, 2008.
- PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without Osmotic dehydration. **Journal of food Engineering**, v. 56, n. 1, p. 97-103, 2003.
- PARK, K.J.; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.B. Apostila de conceitos de processo e equipamentos de secagem. **Campinas, CT&EA – Centro de Tecnologia e Engenharia Agroindustrial**, 2007.
- PÉREZ, L.A.B.; ACEVEDO, E.A.; DÍAZ, P.O.; COELLO, R.G.U.; SUÁREZ, F. J. G. **Banana and mango flours**. In: Preedy, R.V., Watson, R.R., Patel, V.B. (Eds.), *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. Elsevier, London, p. 235–246, 2011.

- PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Influência do CaCl₂ sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi cv. Perola. **Ciência de Alimentos**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 32-36, 2005.
- PIYASENA, P.; MOHAREB, E.; MCKELLAR, R. C. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 87, n. 3, p. 207-216, 2003.
- PRINZIVALLI, C.; BRAMBILLA, A.; MAFFI, D.; SCALZO, R. L.; TORREGGIANI, D. Effect of osmosis time on structure, texture and pectic composition of strawberry tissue. **European Food Research and Technology**, v. 224, p. 119–127, 2006.
- PROTHON, F.; AHRNE, L.M.; FUNEBO, T.; KIDMAN, S.; LANGTON, M.; SJÖHOLM, I. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 95–101, 2001.
- QUEIROZ, M. R.; NEBRA, S. A. Theoretical and experimental analysis of drying kinetics of bananas. **Journal of Food Engineering**, v. 47, n. 2, p. 127-132, 2001.
- RAMOS, A.M.; QUINTERO, A.C.F.; FARAONI, A.S.; SOARES, N.F.F.; PEREIRA, J.A.M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**. v.19, n.3, p. 259-269, 2008.
- RAPISARDA, P.; TOMAINO, A.; LO CASCIO, R.; BONINA, F.; PASQUALE, A.; SAIJA, A. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v.47, n.11, p.4718-4723, 1999.
- RASTOGI, N. K. Opportunities and challenges in nonthermal processing of foods. *In*: Passos, M.L., Ribeiro, C.P. (Eds.), **Innovation in Food Engineering. New Techniques and Products**. CRC Press, Boca Raton, p 3–58, 2010.
- RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. **Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie**. v. 37, p. 43-47, 2004.
- RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**, v. 13, n. 2, p. 48-59, 2002.
- RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311–319, 2001.
- RAVIYAN P. A, Z.; ZHANG B, H.; FENG. Ultrasonication for tomato pectinmethylesterase inactivation: effect of cavitation intensity and temperature on inactivation. **Journal of Food Engineering**, v. 70, p. 189–196, 2005.

RIBEIRO, A. B.; SILVA, D. H. S.; BOLZANI, V. S. **Antioxidant flavonol glycosides from *Nectandra grandiflora* (Lauraceae). *Eclat. Quím.*, v. 27, p. 35-44, 2002.**

RICHARD-FORGET, F. C.; GAUILLARD, F. A. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase: A possible involvement of peroxidase in enzymatic browning. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, v. 45, p. 2472–2476, 1997.

RICE, J. K.; EWELL, M. Examination of peak power dependence in the UV inactivation of bacterial spores. ***Applied and Environmental Microbiology***, v. 67, p. 5830-5832, 2001.

RIESZ, P.; BERDAHL, D.; CHRISTMAN, C. L. Free radical generation by ultrasound in aqueous and nonaqueous solutions. ***Environmental Health Perspectives***, v. 64, p. 233-252, 1985.

RITHMANEE, T. P.; INTIPUNYA. Effects of high power ultrasonic pretreatment on physicochemical quality and enzymatic activities of dried longan. ***J. Agric. Sci.***, v. 4, p. 299, 2012.

RIZZOLO A.; POLESELLO S. **Chromatographic determination of vitamins in foods. *Journal of Chromatography***, Elsevier, Amsterdam, v. 624, p. 103-152, 1992.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS - GRAÜ, M.; ODRIÓZOLA-SERRANO, I., GONZÁLEZ-AGUILAR, G., MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut Kent mango (*Mangifera indica* L.). ***Postharvest Biology and Technology***, v.51, p. 384–390, 2009.

ROBLES-SANCHEZ, M.; GORINSTEIN, S.; MARTINBELLOSO, O. Minimal processing of tropical fruits: antioxidant potential and its impact on human health. ***Food Chemistry***, Chicago, v.32, n.4, p.227-232, 2007.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. ***Journal of Food Engineering***, v. 80, p. 678-687, 2007a.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Ultrasound in fruit processing. ***In New Food Engineering Research Trends***; Urwaye, A.P., Ed.; Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, p. 103–135, 2007b.

RODRÍGUEZ, Ó.; SANTACATALINA, J. V.; SIMAL, S.; GARCIA-PEREZ, J. V.; FEMENIA, A.; ROSSELLÓ, C. Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties. ***Journal of Food Engineering***, v.129, p. 21–29, 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids-A review. ***Journal of Food Composition and Analysis***, v. 23, p. 726–740, 2010.

SABLANI, S. S.; RAHMAN, M. S. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v. 36, n. 1, p. 65-71, 2003.

SALA, F. J.; BURGOS, J.; CONDON, S.; LOPEZ, P.; RASO, J. **Effect of heat and ultrasounds on microorganisms and enzymes.** In: G. W. Gould (Ed.). New methods for food preservation. London: Blackie Academic and Professional, p. 176 –204, 1994.

SALLEH-MACK, S. Z.; ROBERTS, J. S. Ultrasound pasteurization: The effects of temperature soluble solids organic acids and pH on the inactivation of Escherichia coli ATCC 25922. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 14, p. 323–329, 2007.

SANTHIRASEGARAM, V.; RAZALI Z.; SOMASUNDRAM, C. Effects of sonication and ultraviolet-C treatment as a hurdle concept on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 3, p. 232–241, 2014.

SANCHEZ-MORENO, C. Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Sci. Technol. Int.**, v.8 , p.121-137, 2002.

SANHUEZA, R. M.V; MAIA, L. **Utilização da Luz Ultravioleta (UV-C) na Proteção de Maçãs Fuji da Podridão por *Penidihium expansum*.** Embrapa Uva e vinho, Bento Gonçalves, 20 f, n. 10, 2001.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L.; SANJINÉ Z-ARGANDOÑA, E. J. Avaliação das propriedades físicas, químicas e sensorial de preferência de goiabas em calda industrializadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p.149-156, 2004.

SANTOS, C.T.; BONOMO, R.F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. C.I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja. Acta Scientiarum. **Technology Maringá**, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

SELIMOVIĆ, A.; SALKIĆ M. Direct Spectrophotometric Determination of L-Ascorbic acid in Pharmaceutical Preparations using Sodium Oxalate as a Stabilizer. **International Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 11, n. 02, p. 106, 2011.

SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple single and combined aqueous solution of sugar and salts. **Journal of Food Engineering**, v. 47, p. 43-49, 2001.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, p. 229-232, 1995.

SHAMAEI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOINI, S. Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Cranberries: Effect of Finish Drying Methods and Ultrasonic Frequency on Textural Properties. **Journal of Texture Studies**, v. 43, n. 2, p. 133–141, 2012.

SILVA, L. C. A. **Efeito da desidratação osmótica assistida por ultrassom no processo de secagem convectiva de abacaxi perola**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVA, L. C. A.; ALMEIDA, P. S.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Inactivation of Polyphenoloxidase and Peroxidase in Apple Cubes and in Apple Juice Subjected to High Intensity Power Ultrasound Processing. **Journal of Food Processing and Preservation**, DOI: 10.1111/jfpp.12451, 2015.

SILVA, P. T.; LOPES, M. L. M.; VALENTEMESQUITA, V. L. Effect of different processing methods on ascorbic acid content in orange juice used to make cakes, puddings and jelly. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 26, n. 3, p. 678-682, 2006.

SILVA, D. A.; CALISTO, S. M. M. **Avaliação Físico-química e Sensorial da Manga Tommy atkins Submetidas à Desidratação**. 2013, 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.4,n.1, p71-78, 2002.

SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 323-331, 2010.

SOUSA, M. B.; PEDROZA, J. P.; BELTRÃO, N. E.M.; SEVERINO, L.S.; DANTAS, F. P. Cinética de secagem do farelo de mamona. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.2, p.139-146, 2006.

SOUSA, A. E. D. **Alternativas para o controle do escurecimento de manga minimamente processada tratada com radiação ultravioleta pulsada**. 2014. 76 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SOUSA P. M.; MAIA, G. A.; SÁ, M. S. F.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA, A. C. R. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 25, n. 3, p. 414-416, 2003.

SPANOS, G. A.; WROLSTAD, R. E. Phenolics of apple, pear, and white grape juices and their changes with processing and storage. A review. **J. Agric. Food Chem.**, v. 40, p. 1478–1487, 1992.

STRATIL, P.; KLEJDUS, B.; KUBAN, V. Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables Evaluation of Spectrophotometric Methods. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p. 607-616, 2006.

TAIWO, K. A.; ESHTIAGHI, M. N.; ADE-OMOWAYE, B. I. O.; KNORR, D. Osmotic dehydration of strawberry halves: Influence of osmotic agents and pretreatment methods on mass transfer and product characteristics. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 38, p. 693–707, 2003.

TARLETON, E. S. The role of field-assisted techniques in solid/liquid separation. **Filtration Separation**, v. 29, n. 3, p. 246–253, 1992.

TARLETON, E. S.; WAKEMAN, R. J. **Ultrasonically assisted separation process**. In: *Ultrasounds in Food Processing*; Povey, M.J.W.; Mason, T.J., Eds.; Blackie Academic and Professional: Glasgow, p. 193–218, 1998.

TELIS, V. R. N.; MURARI, R. C. B. D. L.; YAMASHITA, F. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 253-259, 2004.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; HAWKINS BYRNE, D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 669–675, 2006.

TIJSKENS, L. M. M.; RODIS, P. S.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; WALDRON, K. W.; INGHAM, L.; PROXENIA, N.; VAN DIJK, C. Activity of peroxidase during blanching of peaches, carrots and potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 34, p. 355-370, 1997.

TIWARI, B. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J. Color degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology. **Food Science and Technology**, v.41, p. 1876–1883, 2008.

TIWARI, B. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J. Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 166–171, 2009.

TIWARI, B. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J. Rheological properties of sonicated guar, xanthan and pectin dispersions. **International Journal of Food Properties**, v.13, p. 223–233, 2010.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da Desidratação Osmótica de Tomate em Soluções Ternárias pela Metodologia de Superfície de Resposta. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, 2006.

TORREGIANNI, D.; BERTOLO, G. High-quality fruit and vegetable products

using combined processes. In: FITO, P., CHIRALT, T., BARAT, J.M., SPIESS, W.E.L., BEHSNILIAN, D. (Eds.). *Osmotic Dehydration & Vacuum Impregnation – Application in Food Industries*. **Technomic Publishing**, p. 3- 9, 2001.

TOREZAN, G. A. P.; FAVARETO, P. C.; PALLET, D.; MENEZES, H. C., REYNES, M. Use of a combined process of osmotic dehydration and deep-fat frying to obtain mango chips from the cultivar Tommy Atkins. **ISHS Acta Horticulturae**, v. 645, p. 285-291, 2004.

TOREZAN, G. A. P.; MENEZES, H. C.; KATEKAWA, M. E.; SILVA, M. A. Microstructure and adsorption characteristics of mango chips obtained by osmotic dehydration and deep fat frying. **Drying Technology**, v. 25, n.1, 153-159, 2007.

TRAN, M.T.T.; FARID, M. Ultraviolet treatment of orange juice. **Food Science and Emerging Technologies**, v. 5, p. 495-502, 2004.

VALDERRAMA, P.; CLEMENTE, E. Isolation and thermostability of peroxidase isoenzymes from apple cultivars Gala and Fuji. **Food Chemistry**, v. 87, p. 601–606, 2004.

VALDRAMIDIS, V. P.; CULLEN P. J.; TIWARI B. K.; O'DONNELL C. P. Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 3, p. 449-454, 2010.

VAN ARSDEL, W.B. **Food Dehydration**. AVI Publishing Company, Westport, v. 1, 1963.

VAN DEN BERG, R.; VAN VLIET, T.; BROEKMANS, W. M.; CNUBBEN, N.H.; VAES, W.H.; ROZA, L.; HAENEN, G.R.; BAST. A Vegetable/Fruit Concentrate with High Antioxidant Capacity Has No Effect on Biomarkers of Antioxidant Status in Male Smokers. **The Journal of Nutrition**, p. 1714-1722, 2001.

VÁSQUEZ-CAICEDO, A. L.; SCHILLING, S.; CARLE, R.; NEIDHART, S. Impact of packaging and storage conditions on color and b-carotene retention of pasteurized mango puree. **European Food Research and Technology**, v. 224, p. 581–590, 2007.

VEGA-GÁLVEZ, A. *et al.* Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, color, texture and microstructure of apple var. (Granny Smith) slices. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 51–59, 2012.

VEGA-MERCADO, H.; GÓNGORA-NIETO, M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. Advances in dehydration of foods. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 271–289, 2001.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolic in selected fruits, vegetables and grain products. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 46, p. 4113-4117, 1998.

VILAS BOAS, E.V. B.; ALVES, R. R.; FILGUEIRAS, H. A. C., MENEZES, J. B. **Características da fruta: banana pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa, 2001.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 387-394, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000200018>.

VISON, J.A.; HAO, Y.; SU, X.; ZUBIK, L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 46, p. 3630-3634, 1998.

VOROBJEVA, N. V.; VOROBJEVA, L. I.; KHODJAEV, E. Y. The bactericidal effects of electrolyzed oxidizing water on bacterial strains involved in hospital infections. **Artificial Organs**, v. 28, p. 590-592, 2003.

WANG, R.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S. Effect of osmotic dehydration on microwave freeze-drying characteristics and quality of potato chips. **Drying Technology**, v. 28, n. 6, p. 798-806, 2010.

WHITAKER, J. R. Polyphenoloxidase. *In*: FENNEMA, O.R. (Ed.) **Principles of enzymology for the Food Science**. New York: Marcel Dekker, p. 543-556, 1994.

WISSEMANN K.W.; LEE C.Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production, **Am. J. Enol. Vitic.**, v. 31, p. 206–211, 1980.

WOJDYLO, A.; FIGIEL, A.; OSZMIANSKI, J. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 1337–1343, 2009.

WU, J.; GAMAGE, T. V.; VILKHU, K. S.; SIMONS, L. K.; MAWSON, R. Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 186–195, 2008.

YOUNG, A. J. *In*: A. Young, & G. Britton (Eds.), *Carotenoids in Photosynthesis* (pp. 16–72). London: Chapman and Hall, p. 16-72, 1993.