



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

QUALIDADE DE INFRUTESCÊNCIA DE ABACAXIZEIRO 'MD-2' CULTIVADO
SOB DIFERENTES RELAÇÕES K/N

JULIANA PEREIRA DA SILVA

AREIA-PB
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**QUALIDADE DE INFRUTESCÊNCIA DE ABACAXIZEIRO 'MD-2' CULTIVADO
SOB DIFERENTES RELAÇÕES K/N**

JULIANA PEREIRA DA SILVA

**QUALIDADE DE INFRUTESCÊNCIA DE ABACAXIZEIRO ‘MD-2’ CULTIVADO
SOB DIFERENTES RELAÇÕES K/N**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

ORIENTADOR: Prof^ª. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

CO-ORIENTADOR: Prof^ª. Rejane Maria Nunes Mendonça, D.Sc.

**AREIA – PB
2010**

JULIANA PEREIRA DA SILVA

QUALIDADE DE ABACAXI 'MD-2' SOB DIFERENTES RELAÇÕES N/K

APROVADA EM 23 / 02 / 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Silvanda de Melo Silva, Ph. D.

Orientadora

UFPB/CCA

Prof^a Rejane Maria Nunes Mendonça, D.Sc.

1º Examinador

UFPB/CCA

Pesq. Ricardo Elesbão Alves, D.Sc.

2º Examinador

Embrapa - Agroindústria Tropical

Aline Rocha, D.Sc.

3º Examinador

UFPB/CCA

AREIA – PB

2010

"Que eu continue com vontade de viver, mesmo sabendo que a vida é, em muitos momentos, uma lição difícil de ser aprendida.

Que eu permaneça com vontade de ter grandes amigos, mesmo sabendo que, com as voltas do mundo, eles vão indo embora de nossas vidas.

Que eu realmente sempre a vontade de ajudar as pessoas, mesmo sabendo que muitas delas são incapazes de ver, sentir, entender ou utilizar essa ajuda.

Que eu mantenha meu equilíbrio, mesmo sabendo que muitas coisas que vejo no mundo escurecem meus olhos.

Que eu realmente a minha garra, mesmo sabendo que a derrota e a perda são ingredientes tão fortes quanto o sucesso e a alegria.

Que eu atenda sempre mais à minha intuição, que sinaliza o que de mais autêntico eu possuo.

Que eu pratique mais o sentimento de justiça, mesmo em meio à turbulência dos interesses.

Que eu manifeste amor por minha família, mesmo sabendo que ela muitas vezes me exige muito para manter sua harmonia.

E, acima de tudo...

Que eu lembre sempre que todos nós fazemos parte dessa maravilhosa teia chamada vida, criada por alguém bem superior a todos nós!

E que as grandes mudanças não ocorrem por grandes feitos de alguns e, sim, nas pequenas parcelas cotidianas de todos nós!"

Chico Xavier.

Aos meus pais, José Pereira e Marilda Aparecida,
que em meio a tantas dificuldades tiveram compreensão, incentivo, amor,
coragem e sabedoria, permitindo sempre que eu seguisse em frente.

Dedico

A Fábio pelo amor, dedicação, segurança,
companheirismo e incentivo.

Aos meus irmãos Micheline, Jaqueline, Melisa
e João Paulo pelo apoio, e confiança. A minha
sobrinha Ana Paula, que mesmo "pitotinha"
consegue transmitir alegria e paz.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela oportunidade cedida a mim, conduzindo todos os meus passos e permitindo vivenciar experiências inesquecíveis para meu crescimento.

À professora Ph.D. Silvanda de Melo Silva, pela orientação, compreensão, amizade e incentivo.

À professora D.Sc Rejane Maria Nunes de Mendonça, pelas relevantes contribuições neste trabalho.

Ao pesquisador D.Sc Ricardo Elesbão (Embrapa Agroindústria Tropical) pela participação neste trabalho como examinador e prestimosas sugestões.

À D.Sc Aline Rocha pelas valiosas sugestões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Aos professores do Curso de Mestrado pelos conhecimentos transmitidos.

À Coordenação, Professores e Funcionários da Pós-Graduação em Agronomia pela amizade e préstimos.

A todos do Laboratório de Biologia e Fisiologia Pós-Colheita, Renato (cientista), Ana, Aline, George, Graça, Antonia, Tarcila, Fabiano pela valiosa contribuição na condução do experimento e pela ajuda nos momentos de desespero, e pelos momentos de descontração.

Aos funcionários da UFPB, Violeta e Zeca pela simpatia e ajuda.

Aos amigos conquistados durante o curso Mary, Perla, Wiara, Josy, Nice e Erbs pelos bons momentos de convivência, que serão lembrados com muito carinho, e pelo apoio para seguir sempre com coerência.

A minha irmã do coração Kedma pela ajuda, compreensão, companheirismo e paciência.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág
RESUMO	6
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	10
OBJETIVO GERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
REFERENCIAL TEÓRICO	13
Abacaxicultura.....	13
Cultivar ‘MD-2’.....	14
Nutrição e qualidade de infrutescência do abacaxizeiro.....	15
Composto fenólico.....	19
Atividade antioxidante.....	24
Desordem fisiológica.....	26
Atividade enzimática.....	26
Referência Bibliográfica.....	30
CAPÍTULO I	
Caracterização de infrutescência de abacaxizeiro ‘MD-2’ cultivado sob diferentes relações K/N.....	45
Resumo.....	46
Abstract.....	47
Introdução.....	48
Material e Métodos.....	49
Resultados e Discussão.....	53
Conclusões	60
CAPÍTULO II	
Comportamento bioquímico de infrutescência de abacaxizeiro ‘MD-2’ cultivado sob diferentes relações K/N	65

Resumo.....	66
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e Métodos.....	72
Resultados e Discussão.....	77
Conclusões	82
Referências Bibliográficas.....	83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela. 1** Valores médios das características físicas de abacaxi ‘MD-2’, submetidos a adubação com diferentes relações K/N, avaliação quanto à massa Fresca (MF), diâmetro (DIAM), comprimento (COMP), firmeza externa (FEX), firmeza da polpa (FP) e peso da coroa (PC)..... 59
- Tabela.2** Valores médios da coloração objetiva da casca de abacaxi ‘MD-2’, submetidos a adubação com diferentes relações K/N..... 61
- Tabela.3** Valores médios da coloração da polpa de abacaxi ‘MD-2’, submetidos a adubação com diferentes relações K/N..... 62
- Tabela .4** Valores médios das características físico-químicas de abacaxi ‘MD-2’, submetidos à adubação com diferentes relações K/N 64
- Tabela .5** Valores médios dos açúcares solúveis em abacaxi ‘MD-2’, submetidos à adubação com diferentes relações K/N..... 65

CAPÍTULO II

- Tabela.1** Valores médios dos polifenóis extraíveis totais (PET) e da atividade antioxidante totais (AAT), ácido ascórbico e grau de translucidez em abacaxi ‘MD-2’, submetidos a adubação com diferentes relações K/N..... 87

Tabela.2 Médias da atividade das enzimas (polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amônia liase (PAL) em abacaxi 'MD-2', submetidos a adubação com diferentes relações K/N.....

SILVA, J. P. **Qualidade de infrutescência de abacaxizeiro ‘MD-2’ cultivado sob diferentes relações K/N** Areia: CCA/UFPB, 2010. (dissertação de Mestrado em Agronomia). Orientador: Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph. D.

RESUMO

O abacaxizeiro é considerado a terceira frutífera mais cultivada no mundo, com mercado que movimenta anualmente cerca de US\$ 1 bilhão de dólares. A produção do abacaxi no Brasil, em 2010, a previsão é de 1,48 bilhões de abacaxis, distribuída em uma área colhida de 57.727 hectares. O potássio e o nitrogênio exibem efeitos antagônicos em relação a maioria dos atributos de qualidade dos frutos do abacaxizeiro, estando a opção por determinada relação entre estes nutrientes associada principalmente com o destino da produção. Diante disto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da utilização de diferentes relações de potássio (K) e nitrogênio (N) sobre a qualidade da infrutescência de abacaxi ‘MD-2’. Os tratamentos constaram da combinação de quatro relações K/P (1,3:1; 2:1; 2,5:1; 3:1) geradas a partir da combinação de duas doses de N (10,6 e 12,5 g/planta) constituindo-se de oito relações e uma testemunha (controle: adubação comercial com a dose de nitrogênio 13,6 g/planta e relação K/N 1,5:1). No primeiro experimento tem-se o efeito nas características físicas e físico-químicas do abacaxi ‘MD-2’. No segundo experimento, foram avaliadas os polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante do abacaxi, as atividades bioquímicas enzimáticas (Polifenoloxidase-PPO, Peroxidase-POD e Fenilalanina amonia liase-PAL) da infrutescência de abacaxi ‘MD-2’. Para as qualidades físicas e físico-química dos abacaxis, a dose de nitrogênio que apresentou maiores médias de massa e firmeza para os dois parâmetros foi de 12,5 g N/planta nas relações K/N 2,5:1 e 3:1. Com as maiores doses de potássio combinadas com as duas doses de nitrogênio, houve aumento de polifenóis extraíveis totais, em relação ao controle. A maior atividade antioxidante foi para as relações com maior dose de K combinadas com dose de nitrogênio 10,6 g/planta. O grau de translucência foi reduzido com a relação 2:1 combinadas com a dose 10,6g N/planta. Verificou-se que a atividade da Polifenoloxidase (PPO) diminuiu com as maiores relações de K/N, com a dose de nitrogênio de 10,6g N/planta onde a menor média foi 391,40 UAE. g⁻¹ da matéria fresca min⁻¹. A atividade da peroxidase foi reduzida com o aumento das doses de potássio combinado com alta dose de nitrogênio. Com relação a PAL, houve uma redução na

atividade enzimática com altas doses de potássio. O estudo demonstrou que altas doses de potássio combinadas a dose de nitrogênio de 12,5 g/planta pode ser uma alternativa de adubação para promover a melhoria da qualidade do abacaxi 'MD-2', dependendo do mercado a ser destinado à produção.

Palavras chave: *Ananas comosus*, relação K/N, sólidos solúveis, ácido ascórbico, fenólicos extraíveis totais, atividade enzimática, translucência, capacidade antioxidante

SILVA, J. P. **Postharvest quality of 'MD-2' pineapple cropped under different K/N ratios.** Areia: CCA/UFPB, 2010. (Master in Science Dissertation in Agronomy). Advisor: Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph. D.

ABSTRACT

Pineapple is considered the third most cultivated fruit in the world and displays a market that moves annually about U\$ 1 billion. The 2010's pineapple production in Brazil was 1.48 billion of fruits, distributed on a harvested area of 57,727 hectares. Nitrogen and potassium exhibit antagonistic effects for most of the quality attributes of pineapple, with the option for a particular relationship between these nutrients associated mainly with the destination of production. Based on that, the aim of the present study was to evaluate the effects of different nitrogen (N) and potassium (K) ratios in the soil on postharvest quality of MD2 pineapple. The treatments consisted of four potassium and nitrogen (K/N) ratios (1:1,3, 1:2, 1:2.5, 1:3) generated from the combination of two N doses (10.6 and 12.5 g N/ plant), comprising eight ratios and a control (control: commercial fertilizer dose of nitrogen 13.6 g/plant and 1:1.5 N/K ratio). The first experiment has the effect on the physical and physico-chemical properties for 'MD2' pineapple. In the second experiment, it was evaluated the total extractable polyphenols and antioxidant activity and biochemical enzymatic activities (polyphenoloxidase, PPO, POD, Peroxidase and phenylalanine ammonia lyase-PAL) of MD2 pineapple. For the physical and physicochemical evaluations, the dose of nitrogen that showed the best results was 10.6 g / plant in the 2.5:1 and 3:1 K / N ratios, with heavier and firmer fruits and physicochemical quality achieved the best results for the 12.5 g / plant dose, especially with the highest means for soluble solids, SS/TA ratio, and reducing sugars with satisfactory results for 2:1 K/N ratio. Higher potassium doses combined with both nitrogen doses showed increased total extractable polyphenols as compared to the control. The highest antioxidant activity was found for the 10.6 g/plant nitrogen dose, with the 2:1, 2,5:1 and 3:1 K/N ratios, with average 8309, 11160 pulp and 12028, g / g DPPH as compared to the control pulp 8014 g / g DPPH. It was found that the activity of polyphenoloxidase (PPO) decreased with the largest ratio of N / K, with the dose of nitrogen 10, 6, where the lowest average was 391.40 UAE. g-1 fresh matter min-1. The different ratios K/N, with the nitrogen 12.5 and 10.6 g/plant, increased the enzymatic activity of peroxidase (POD). As for PAL, there was a

reduction in enzyme activity compared with the control (commercial fertilizer N / K 1,5:1). This study showed that higher doses of potassium combined with 12,5 g / plant of nitrogen could be an alternative of fertilization for 'MD2' pineapple aiming the improvement of fruit quality, depending on the market the production will be directed.

Keywords: *Ananas comosus*, soluble solids, ascorbic acid, total extractable phenolics, enzyme activity, translucency, antioxidant capacity

INTRODUÇÃO GERAL

O abacaxizeiro é considerado a terceira frutífera mais cultivada no mundo e exibe um mercado que movimentava anualmente cerca de US\$ 1 bilhão de dólares, sendo cultivado em mais de 50 países (FAO, 2009). A Tailândia ainda é o maior produtor mundial de abacaxi com produção anual de dois milhões de toneladas, logo a seguir aparece o Brasil que alcança cerca de 1,7 bilhões de frutas por ano e, em sequência, Filipinas, Índia, China, Nigéria e Indonésia (IBGE, 2008).

É uma fruta originária de regiões tropicais e subtropicais, consumido em todo mundo, tanto como fruta fresca quanto na forma de produtos industrializados. (CARVALHO e BOTREL, 1996).

A produção do abacaxi no Brasil, em 2009, foi de 1,47 bilhões de abacaxi, distribuída em uma área colhida de 57.131 hectares. Na safra de 2010, foi 1,48 milhões de frutas, em uma área colhida de 57.727 hectares, acréscimo de 1,07% (IBGE, 2010).

O Estado da Paraíba lidera a produção de frutos no Brasil, seguido por Minas Gerais e Pará, e depois vem a Bahia. No ano passado, os produtores paraibanos colheram 263 milhões de frutos. Na safra 2010 é de 282 milhões de unidades, o que resulta num aumento de 7,44%, apesar da redução de área de plantio em cerca de 900 hectares de um total de dez mil hectares plantados com abacaxi (IBGE, 2010). Em 2008, o município de Santa Rita era o maior produtor da fruta na Paraíba, mas foi ultrapassada por Itapororoca devido à expansão das lavouras de cana-de-açúcar que, conseqüentemente, proporcionaram a diminuição da área cultivada com abacaxi. Em Itapororoca, em 2009, a expectativa dos produtores é conseguir atingir a marca de 90 milhões de abacaxis em três mil hectares de cultivo (VILAR, 2009). Da produção total da Paraíba, algo entre 15% a 17% é consumido dentro das fronteiras do próprio Estado. Das lavouras paraibanas, somente 5% dos frutos são produzidos sob sistema de irrigação visto que a área onde se cultiva o abacaxi é plana e não dispõem de água para irrigar os plantios (VILAR, 2009).

O abacaxi 'MD-2' considerado uma cultivar recente, é um duplo híbrido originado da variedade Smooth Cayene. Por apresentar baixo teor de acidez, sólidos solúveis elevado, formato uniforme e polpa amarelada (MORGAN; THOMPSON, 2000 e CHAN et. al., 2002). O abacaxi 'MD-2' vem assumindo papel de destaque no mercado Europeu, especialmente para o consumo como fruta fresca (EUROFRUIT MAGAZINE, 2003), causando interesse nas empresas brasileiras exportadoras de frutas.

Entretanto, segundo Netto et al. (1996), apenas com a oferta de frutos de excelente qualidade pode-se atingir competitividade internacional. Mas poucas são as informações científicas locais sobre a qualidade do abacaxi 'MD2', especialmente as relativas à nutrição. Para Malavolta (1980), uma adubação equilibrada propicia maior produção, obtenção de frutos de melhor qualidade e maior resistência a pragas e doenças.

O cultivo do abacaxi é realizado tradicionalmente sob condições de sequeiro, em solos de textura arenosa, ácidos e de baixa fertilidade, com limitações para Ca, Mg e K e desequilíbrios nas relações entre esses cátions (SILVA et al., 2004). Quantitativamente, potássio e nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos pelo abacaxizeiro, estando o N relacionado ao tamanho e ao peso do fruto, enquanto o K afeta, principalmente, a qualidade físico-química dos frutos (TAY, 1972; BHUGALOO, 1998; RAZZAQUE & HANAFFI, 2001; VELOSO et al., 2001; TEIXEIRA et al., 2002; SPIRONELLO et al., 2004; SOARES et al., 2005).

O nitrogênio e o potássio exibem efeitos antagônicos em relação a maioria dos atributos de qualidade dos frutos do abacaxizeiro, estando a opção por determinada relação entre estes nutrientes associada principalmente com o destino da produção (SOUZA, 2000).

Acredita-se que a resposta à adubação do híbrido 'MD-2' seja similar à resposta do abacaxi Smooth Cayene. Este, por sua vez, apresenta seu desenvolvimento e a qualidade dos frutos altamente influenciados pelos nutrientes K e N. O K, tem menor influencia no desenvolvimento do fruto do que o N, mas é o nutriente que mais influencia a sua qualidade. Já o N propicia frutos de maior tamanho, mas, em contrapartida, tende a reduzir os teores de sólidos solúveis e a acidez. (TEIXEIRA et al., 2002 e SPIRONELLO et al., 2004).

No contexto adubação nutricional do abacaxi 'MD-2', as informações em relação aos efeitos sobre a qualidade pós-colheita de abacaxi 'MD-2' são bastante escassas, tornando-se necessário avaliar o comportamento da fisiologia dos frutos correlacionando a diferentes doses de K/N. Essas informações visam estabelecer a melhor recomendação da adubação de nitrogênio e potássio mais específicas para o abacaxi 'MD-2', que venham a contribuir para a melhoria da qualidade pós-colheita dos frutos sob as condições edafoclimáticas do Estado da Paraíba.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da utilização de diferentes relações de potássio (K) e nitrogênio (N) sobre a qualidade de abacaxi 'MD-2'.

Objetivos Específicos

- i)** Caracterização física e físico-química do abacaxi 'MD-2' sob diferentes relações K/N;
- ii)** Avaliar o conteúdo de polifenóis extraíveis totais e a atividade antioxidante de abacaxi 'MD-2' sob diferentes relações K/N;
- iii)** Determinar as atividades enzimáticas da PAL, PPO e POD, e grau de translucência de abacaxi 'MD-2' sob diferentes relações K/N.

REFERENCIAL TEÓRICO

Abacaxicultura na Paraíba

O abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é um fruto composto, pertencente à família Bromeliaceae com considerável valor comercial, sendo que o seu consumo se dá em função de suas apreciáveis propriedades sensoriais e nutritivas (PINHEIRO et al., 2005). É uma fruta originária de regiões tropicais e subtropicais, consumido em todo mundo, tanto como fruta fresca quanto na forma de produtos industrializados. (CARVALHO e BOTREL, 1996).

As principais cultivares de abacaxi explorados são o ‘Smooth Cayenne’, ‘Singapore Spanish’, ‘Queen’, ‘Red Spanish,’ ‘Pérola’ e ‘Perolera’, Primavera, Quinari (SNG-2), Cabeça de Onça (RBR-2), Branco (RBR-1), sendo que as cultivares Smooth Cayenne e Pérola lideram o mercado brasileiro. A primeira é bastante explorada no Triângulo Mineiro, enquanto que a cultivar Pérola é cultivada nas regiões Norte e Nordeste, principalmente na Paraíba e no Estado do Pará. Em função das exigências de mercado, tem se observado tendência de diversificação da produção e expansão de novas áreas com outras cultivares (RODRIGUES, 2005).

O abacaxizeiro é considerado a terceira frutífera mais cultivada no mundo e exibe um mercado que movimentava anualmente cerca de US\$ 1 bilhão de dólares, sendo cultivado em mais de 50 países (FAO, 2009). A Tailândia ainda é o maior produtor mundial de abacaxi com produção anual de dois milhões de toneladas, logo a seguir aparece o Brasil que alcança cerca de 1,7 bilhões de frutas por ano e, em sequência, Filipinas, Índia, China, Nigéria e Indonésia (IBGE, 2008).

A produção do abacaxi no Brasil, em 2009, foi de 1,47 bilhões de abacaxi, distribuída em uma área colhida de 57.131 hectares. Na safra de 2010, foi 1,48 milhões de frutas, em uma área colhida de 57.727 hectares, acréscimo de 1,07% (IBGE, 2010).

O setor brasileiro de abacaxi poderia apresentar um faturamento maior se a atividade fosse explorada em sistema industrial de grande porte, como acontece, hoje, na Nigéria, Tailândia, Indonésia. Mas no Brasil essa cultura é realizada, na sua maioria, por pequenos e médios produtores rurais (VILAR, 2009).

O Estado da Paraíba lidera a produção de frutos no Brasil, seguido por Minas Gerais e Pará, e depois vem a Bahia. No ano passado, os produtores paraibanos colheram 263 milhões de frutos. Na safra 2010 é de 282 milhões de unidades, o que

resulta num aumento de 7,44%, apesar da redução de área de plantio em cerca de 900 hectares de um total de dez mil hectares plantados com abacaxi (IBGE, 2010). Em 2008, o município de Santa Rita era o maior produtor da fruta na Paraíba, mas foi ultrapassada por Itapororoca devido à expansão das lavouras de cana-de-açúcar que, conseqüentemente, proporcionaram a diminuição da área cultivada com abacaxi. Em Itapororoca, em 2009, a expectativa dos produtores é conseguir atingir a marca de 90 milhões de abacaxis em três mil hectares de cultivo (VILAR, 2009). Da produção total da Paraíba, algo entre 15% a 17% é consumido dentro das fronteiras do próprio Estado. Das lavouras paraibanas, somente 5% dos frutos são produzidos sob sistema de irrigação visto que a área aonde se cultiva o abacaxi é plana e não dispõem de água para irrigar os plantios (VILAR, 2009).

Além da produtividade elevada, o estado da Paraíba também se destaca quanto a qualidade do fruto, pois devido as condições climáticas e o nível tecnológico adotado, o fruto produzido na Paraíba é de excelente qualidade, tanto para o consumo como fruta fresca quanto para a indústria (BARREIRO NETO et al., 2002).

Cultivar ‘MD-2’

O híbrido ‘MD-2’ destinado ao consumo como fruta fresca foi desenvolvido pela empresa ‘Del Monte Fresh Produce Hawaii’ Inc., conjuntamente com a ‘Miaui Pineapple Company’, Maui, Hi, E. U. A., a partir de cruzamentos interespecíficos entre os clones híbridos do PRI (Pineapple Research Institute) 58-1184 e PRI 59-443, obtidos através de métodos de polinização cruzada entre plantas contendo acima de 50% de genes do cultivar “Smooth Cayenne”(ODA; WILLIAMS, 1994).

O abacaxi ‘MD-2’ considerado uma cultivar recente, é um duplo híbrido originado da cultivar ‘Smooth Cayene’. Por apresentar baixo teor de acidez, sólidos solúveis elevado, formato uniforme e polpa amarelada (MORGAN; THOMPSON, 2000 e CHAN et. al., 2002). O abacaxi ‘MD-2’ vem assumindo papel de destaque no mercado Europeu, especialmente para o consumo como fruta fresca (EUROFRUIT MAGAZINE, 2003), causando interesse nas empresas brasileiras exportadoras de frutas. Entretanto, segundo Netto et al. (1996), apenas com a oferta de frutos de excelente qualidade pode-se atingir competitividade internacional. Mas poucas são as informações científicas locais sobre a qualidade do abacaxi ‘MD2’, especialmente as relativas à

nutrição. Para Malavolta (1980), uma adubação equilibrada propicia maior produção, obtenção de frutos de melhor qualidade e maior resistência a pragas e doenças.

O abacaxi 'MD-2' apresenta coroa geralmente grande, forma cilíndrica, ombros largos, frutinhos grandes e planos, coloração amarelo-laranja intensa quando maduro, tamanho variando de médio a grande (1 a 2,5 Kg). A polpa apresenta coloração amarela, compacta e fibrosa com cilindro central macio e comestível. As folhas, são em sua grande maioria, isentas de espinhos, com coloração verde-amarelo. Os frutos apresentam sólidos solúveis em torno de 15-17% e vitamina C em torno de 50 mg.100g⁻¹, com baixos teores de acidez titulável (CHAN *et al.*, 2003).

Nutrição e qualidade da infrutescência do abacaxizeiro

O cultivo do abacaxi é realizado tradicionalmente sob condições de sequeiro, em solos de textura arenosa, ácidos e de baixa fertilidade, com limitações para Ca, Mg e K e desequilíbrios nas relações entre esses cátions (SILVA *et al.*, 2004). Quantitativamente, potássio e nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos pelo abacaxizeiro, estando o N relacionado ao tamanho e ao peso do fruto, enquanto o K afeta, principalmente, a qualidade físico-química dos frutos (TAY, 1972; BHUGALOO, 1998; RAZZAQUE & HANAFFI, 2001; VELOSO *et al.*, 2001; TEIXEIRA *et al.*, 2002; SPIRONELLO *et al.*, 2004; SOARES *et al.*, 2005).

O nitrogênio e o potássio exibem efeitos antagônicos em relação a maioria dos atributos de qualidade dos frutos do abacaxizeiro, estando a opção por determinada relação entre estes nutrientes associada principalmente com o destino da produção (SOUZA, 2000).

Para mercados externos, internos distantes e indústria de rodela é conveniente a adoção de relações nitrogênio e potássio mais amplas (entre 1,5 a 2,5), visando ajustar a relação sólidos solúveis / acidez titulável e conferir maior resistência ao transporte. Entretanto, quando a produção se destina a mercados menos exigentes, próximos da área produtora, a relação pode ser mais estreita ($N/K \leq 1,0$). Nas tabelas de adubação dos principais estados produtores de abacaxi do país, inclusive do Estado da Paraíba, inexistem informações sobre a relação entre as doses de N e K e a forma de comercialização da produção. As relações N/K recomendadas refletem as variações nos diferentes fatores envolvidos na resposta da cultura aos referidos nutrientes (cultivar, espaçamento, irrigação, solo e forma de comercialização) e guardam entre si as

seguintes relações: São Paulo (0,33:1 a 1:1); Minas Gerais (0,55:1 a 1:1,66) e Bahia (0,48:1 a 0,72:1) (SOUZA, 1999). No estado da Paraíba, particularmente, as relações N/K recomendadas para o sistema de produção local apresentam relações variando desde 1:1 (solos com altos teores de K) até 1:1,8 (solos com baixos teores de K) (OLIVEIRA et al., 2002).

Segundo Paula et al (1998), potássio e nitrogênio são os nutrientes mais exigidos pelo abacaxizeiro. Potássio é o nutriente que mais se acumula na planta, interfere marcantemente na qualidade do produto e também na produtividade das culturas; o nitrogênio influencia mais na massa da fruta (SOUZA, 1999). O abacaxizeiro é pouco exigente em fósforo (MALÉZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003) e a sua importância para a planta é principalmente na fase de diferenciação floral e no desenvolvimento do fruto (SOUZA, 1999). Py et al. (1987) citam que um aumento de N reduz a acidez dos frutos, mas pode ou não diminuir os sólidos solúveis. Tay (1975) observou que a deficiência de nitrogênio no abacaxizeiro diminuiu o teor em açúcares, entretanto Gonçalves e Carvalho (2000) encontraram resultados discordantes, pois segundo eles, em condições similares os frutos foram muito doces.

A importância da adubação potássica na cultura do abacaxizeiro deve-se ao papel desempenhado por esse nutriente na síntese de carboidratos e de ácidos orgânicos, na redução de nitratos e na síntese protéica (MALÉZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003). O K beneficia as características sensoriais da polpa, aumenta o teor de açúcares, a acidez, a firmeza, além de ativar a coloração da casca do fruto, fator muito importante para a exportação (PAULA et al., 1998). Esse nutriente também promove incrementos nos seus níveis intracelulares, com conseqüente redução do pH do vacúolo, contribuindo para diminuir a atividade de enzimas oxidativas e reduzir o escurecimento interno dos frutos (SOARES et al., 2005; SPIRONELLO et al., 2004).

Embora os efeitos da adubação potássica sobre a qualidade do abacaxi sejam amplamente conhecidos é importante ressaltar que os mesmos estão sujeitos às variações provocadas por diversos fatores, incluindo entre eles o tipo, as doses e a forma de aplicação dos fertilizantes potássicos, assim como a disponibilidade e as relações nutricionais mantidas com os demais nutrientes (MALÉZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003). Em alguns trabalhos as doses de K para atingir os atributos de qualidade desejados estão acima daquelas que maximizaram a produção (SPIRONELLO et al.,

2004), havendo também relatos da ausência de resposta da produção e da qualidade dos frutos mediante incrementos de doses de K (RAZZAQUE e HANAFI, 2001).

Acredita-se que a resposta à adubação do híbrido 'MD-2' seja similar à resposta do abacaxi Smooth Cayene. Este, por sua vez, apresenta seu desenvolvimento e a qualidade dos frutos altamente influenciados pelos nutrientes N e K. O N propicia frutos de maior tamanho, mas, em contrapartida, tende a reduzir os teores de sólidos solúveis e a acidez. Já o K, tem menor influência no desenvolvimento do fruto do que o N, mas é o nutriente que mais influencia a sua qualidade (TEIXEIRA et al., 2002 e SPIRONELLO et al., 2004).

A qualidade dos frutos é atribuída ao seu tamanho, forma e cor da casca, cujos fatores associados à composição físico-química da polpa, oferecem aos frutos e aos produtos deles obtidos a qualidade sensorial e nutricional, responsáveis pela aceitação definitiva desses no mercado (SCALON et al., 2004).

Os sólidos solúveis e a acidez dos frutos são os principais fatores que determinam o consumo do abacaxi. Outros fatores de qualidade de frutos incluem coloração da casca forma dos frutos, tamanho dos frutos, coroa, ausência de doença e manchas (PAULL e CHEN, 2003). Variação na acidez e sólidos solúveis de abacaxi tem sido inteiramente relacionada ao cultivar, condições de cultivo e maturação (SINGLETON e GORTNER, 1965; PY et al., 1987; BARTOLOME et al., 1995).

As frutas são consideradas produtos perecíveis porque apresentam atividade metabólica elevada, notadamente após a colheita, conduzindo aos processos de deterioração. A manutenção de sua qualidade através de manuseio cuidadoso e da aplicação de tecnologias adequadas na cadeia de comercialização depende do conhecimento da estrutura, da fisiologia e das transformações metabólicas (mudanças físicas, físico-químicas, fisiológicas e bioquímicas) que ocorrem no ciclo vital (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dentre as características físico-químicas, a acidez titulável (AT) e o pH são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos. O pH mede a quantidade de íons hidrogênio no suco, enquanto a AT mede a percentagem de ácidos orgânicos que variam com a espécie. Chitarra e Chitarra (2005) cita que os ácidos orgânicos mais encontrados em frutos são: o málico, o cítrico, o tartárico, o oxálico e o succínio, e que, em cada espécie há a predominância de um desses ácidos. A

relação SS/AT ou balanço açúcares/ácidos indicam o grau de doçura de um determinado material, sendo um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação de frutos e conseqüentemente, o sabor dos mesmos (BLEINROTH, 1981)

O abacaxi apresenta ampla variação em sua composição química. Diferentes estudos apresentam amplas faixas para os valores de pH, acidez titulável, açúcares totais e sólidos solúveis dependendo da variedade cultivada, do estágio de maturação, do clima e da época do ano em que o fruto foi produzido, do solo, dos tratos culturais entre outros fatores (CESAR, 2005).

A acidez do abacaxi é devida, principalmente, aos ácidos cítrico e málico, que contribuem, respectivamente, com 87 e 13% da acidez total (DULL, 1971). O pH do fruto está, geralmente, entre 3,2 e 4,15. A acidez aumenta internamente da base para o topo, acompanhando o desenvolvimento da maturação. A acidez é muito mais acentuada na zona próxima à casca que no cilindro central (BOTREL e ABREU, 1994). Em geral, os teores de sólidos solúveis podem variar entre 13,1 e 15,10 % para frutos maduros. A região basal apresenta teores de sólidos solúveis sempre maiores nas regiões mediana e apical do fruto (MANICA, 2000).

Os sólidos solúveis (SS) de abacaxi aumentam gradualmente durante o desenvolvimento do fruto (BARTHOLOMEW e PAULL, 1986), paralelo a redução da acidez titulável (AT), sobretudo ao final da maturação (DULL, 1971). Assim, os SS e a relação SS/AT são recomendados como sendo um índice de colheita adequado para este fruto (PAULL e CHEN, 2003). No entanto, o ácido cítrico modifica percepção de sacarose, ou seja, o fruto pode apresentar conteúdo suficiente de açúcares, mas, o alto teor de ácido cítrico pode mascarar a percepção de doçura. Este mascaramento da percepção da sacarose significa maior teor de ácido no fruto, o que pode ser entendido como sendo do ácido excessivo (SCHIFFERSTEIN e FRITJERS, 1990). Portanto, a baixa acidez em abacaxi híbrido têm se tornado aspecto muito importante como fator de qualidade para o abastecimento no mercado de fruta fresca (PAULL e CHEN, 2003).

A vitamina C pode sofrer uma grande variação nas diferentes espécies de frutos, como também entre frutos de uma mesma espécie, cujos fatores como as condições de solo, clima, fotoperiodismo, regime pluvial, grau de maturação, etc., podem influir na composição vitamínica dos alimentos (FONSECA et al., 1969). Quanto mais alta a intensidade de luz durante o desenvolvimento do fruto, maior é o conteúdo de vitamina

C. Entretanto, elevados níveis de fertilizantes a base de nitrogênio tendem a diminuir a quantidade vitamina de C em muitos frutos e hortaliças (LEE e KADER, 2000).

A adubação e a nutrição mineral do abacaxizeiro em termos de potássio interferem positivamente na quase totalidade dos atributos de qualidade dos frutos, quer seja para a indústria quer seja para o consumo como fruta fresca, de modo que a adubação potássica se constitui numa forma eficiente e barata para se alcançar os atributos de qualidade desejados e agregar valor a cultura do abacaxizeiro (CARVALHO et al., 1994).

Compostos fenólicos

Os polifenóis, produtos secundários do metabolismo vegetal, constituem um amplo e complexo grupo de fitoquímicos, com mais de 8000 estruturas conhecidas (BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE, PERIAGO, ROS, 2000). Este diversificado grupo de compostos encontra-se dividido em várias classes, segundo o esqueleto carbônico dos fitoquímicos, dentre as quais se destacam a dos ácidos fenólicos e a dos flavonóides, entre outras. Os compostos fenólicos apresentam diversas funções de defesa para as plantas, não somente contra agentes do meio ambiente (luz, temperatura e umidade), mas para fatores internos incluindo diferenças genéticas, nutrientes e hormônios (AHERNE e O'BRIEN, 2002; FARAH e DONANGELO, 2006), apresentando um papel essencial na qualidade de fruto, tais como o desenvolvimento de cor, o sabor e na adstringência (CHAMKHA et al., 2003).

Os polifenóis são compostos do metabolismo secundário das plantas que desempenham nestas várias funções, tais como proteger do ataque de patógenos ou herbívoros ou na pigmentação que ajuda a atrair os polinizadores, além de apresentar papel essencial na qualidade de fruto, tais como o desenvolvimento de cor, o sabor e na adstringência (CHAMKHA et al., 2003). Possuem estruturas com anéis aromáticos e duplas ligações conjugadas a partir dos quais exercem sua ação antioxidante. Podem aparecer em formas conjugadas, com um ou mais resíduos de açúcares ligados ao grupo hidroxila ou diretamente ao anel aromático, ainda que também se possa associar a outros compostos (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007).

Scalbert et al. (2005) relatam que os polifenóis constituem os antioxidantes mais abundantes na dieta e estão amplamente distribuídos em frutos, cereais, hortaliças frescas, chocolate e bebidas, tais como chá, café ou vinho. Vale ressaltar que o chá

verde é uma fonte importante de ácido gálico e a ingestão pela dieta é de aproximadamente 1g/dia, sendo bem maior do que todos os outros antioxidantes dietéticos já conhecidos, cerca de 10 vezes mais elevada do que a vitamina C, e 100 vezes maior que a vitamina E e carotenóides (SCALBERT e WILLIAMSON, 2000).

Os polifenóis podem ser classificados em dois grupos: extraíveis e não extraíveis. Os extraíveis são compostos de baixo ou médio peso molecular que podem ser extraídos empregando diferentes solventes aquosos e aquoso-orgânicos. Os não extraíveis são compostos de elevado peso molecular ou polifenóis ligados a fibra dietética ou a proteínas que podem ser encontrados nos resíduos das extrações (BRAVO et al., 1993; BRAVO et al., 1994).

Os polifenóis extraíveis podem ser classificados em função de sua estrutura química em ácidos fenólicos, estruturas simples que podem aparecer livres, como os ácidos caféico, ferúlico, p-cumárico e sinápico, ou esterificados, como os ácidos clorogênico, isoclorogênico, neoclorogênico e criptoclorogênico; e flavonóides, estruturas muito mais complexas que se formam a partir de fenilalanina, tirosina e grupos acetato, e que por sua vez se subdividem em flavonas (crisina, rutina), flavonóis (quercetina e miricetina), flavonóis ou catequinas (epicatequina, galato de epicatequina, epigallocatequina, galato de epigallocatequina), flavanonas (hesperidina, naringenina), antocianinas (delfinidina, malvidina, cianidina), taninos condensados (com um número baixo de monômeros) etc (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007).

Os polifenóis não extraíveis incluem os taninos hidrolizáveis e condensados com um elevado número de unidades na cadeia polimérica, como as ligninas, os taninos hidrolizáveis são estruturas poliméricas que podem ser derivados do ácido gálico ou de produtos oriundos da condensação como o ácido hexahidroxi-difênico (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007).

Quanto ao modo de ação dos polifenóis, os grupos OH do anel B podem doar um hidrogênio e um elétron aos radicais hidroxila, peroxila e peroxinitrito, estabilizando-os e transformando o flavonóide em uma molécula radical relativamente estável (HEIM et al., 2002).

O método Folin-Ciocalteu trata-se de uma reação simultânea em HAT e SET, não exatamente um método de determinação da atividade antioxidante, mas sim do

conteúdo de polifenóis. Devido ao importante papel dos polifenóis na atividade antioxidante dos alimentos, em muitos trabalhos são referidos como um método de determinação da atividade antioxidante, embora seja apenas um indicador. Baseia-se na reação de redução de um heteropoliânion ($[XM_{12}O_{40}]^{x-8}$) que contém molibdênio (SINGLETON et al., 1999).

Atividade antioxidante

A busca pelo consumidor de produtos com propriedades antioxidantes oriundas de fontes naturais torna-se cada vez mais crescentes. O conhecimento de substâncias com atividade antioxidantes presentes nos alimentos, destaca-se tanto pela possibilidade de ter aproveitamento como alimentos funcionais quanto pelo fornecimento de compostos que se enquadram como nutracêuticos (ANDRADE-WARTHA, 2007).

O equilíbrio nutricional harmoniza as funções que desempenha cada nutriente no metabolismo celular e influencia em outros aspectos de qualidade, a exemplo da capacidade antioxidante e acúmulos de nutrientes nos frutos (CHITARRA, 1997).

Lajolo (2005) relata que alimentos funcionais, com alegações de funcionais ou de saúde, podem ser descritos como alimentos semelhantes em aparência aos alimentos convencionais, consumidos como parte da dieta usual, capazes de produzir demonstrados efeitos metabólicos ou fisiológicos, úteis na manutenção de uma boa saúde física e mental, podendo auxiliar na redução do risco de doenças crônico-degenerativas. Complementando a definição, o autor salienta ainda que se possa falar em “ingrediente funcional”, como o composto responsável pela ação biológica contida no alimento. Para estes ingredientes ativos, os termos mais adequados são: fitoquímicos, compostos bioativos ou nutracêuticos.

A produção de radicais livres, moléculas que possuem elétrons livres, ocorre, constantemente, em decorrência dos processos metabólicos normais do organismo humano (MELO; GUERRA, 2002). Nas moléculas, os elétrons são instáveis e, por conseguinte, tornam-se bastante reativos (CHEESEMAN; SLATER, 1996). Sendo assim, estes radicais, gerados *in vivo*, podem reagir com o DNA, RNA, proteínas, lipídeos e os outros elementos oxidáveis, propiciando danos que poderão contribuir para o envelhecimento e o aumento do risco de doenças crônicas não transmissíveis, como

câncer, aterosclerose, artrite reumática, entre outras e para os processos inflamatórios (NAKIMI, 1990; HALLIWELL, 1996; JACOB; BURRI, 1996).

Os radicais livres estão intimamente relacionados com a saúde, já que os compostos gerados neste processo de oxidação de biomoléculas se relacionam com uma grande quantidade de enfermidades, fundamentalmente processos degenerativos como a enfermidade cardiovascular, certos tipos de câncer (devido às mutações que ocorrem no DNA, favorecendo a proliferação celular ao alterar fatores de transcrição), patologias associadas a uma deterioração do sistema cognitivo, como Alzheimer etc. (HALLIWELL, 1996); DE LA FUENTE, 2002; STANNER et al., 2004).

Inúmeros trabalhos têm demonstrado a existência de correlação entre o consumo de uma dieta rica em alimentos de origem vegetal com um menor risco de desenvolver certas doenças, como as cardiovasculares, processos degenerativos relacionados com a idade como: Alzheimer, processos inflamatórios, certos tipos de câncer, etc. (HALLIWELL, 1996; DE LA FUENTE, 2002; STANNER, 2004).

Os frutos, reconhecidos fontes de vitaminas, minerais e fibras, são alimentos nutricionalmente importantes da dieta. No entanto, nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a estes alimentos uma vez que evidências epidemiológicas têm demonstrado que o consumo regular de vegetais está associado à redução da mortalidade e morbidade por algumas doenças crônicas não transmissíveis (MELO et al., 2008). Os vegetais, em particular os frutos, contêm substâncias antioxidantes distintas, cujas atividades têm sido bem comprovadas nos últimos anos. A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos e antiocianinas, além das já conhecidas vitaminas C, E e carotenóides, contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos (GORINSTEIN et al., 1999; GORINSTEIN et al., 2000; KÄHKÖNEN et al., 2001; SILVA et al., 2004; AJAIKUMAR et al., 2005). Estes compostos podem atuar como antioxidantes primários, reagindo diretamente com os radicais livres – dando lugar a um novo radical menos reativo que o radical livre original – ou como antioxidantes secundários potencializando outros sistemas antioxidantes, como certas enzimas (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007). O efeito protetor exercido pelo consumo de frutas e hortaliças tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante, dentre os quais se

destacam os polifenóis (WANG, CAO, PRIOR, 1996; BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE, PERIAGO, ROS, 2000; KAUR, KAPOOR, 2002).

A capacidade antioxidante dos polifenóis é devida, principalmente, as suas propriedades redutoras, cuja intensidade da ação antioxidante exibida por estes fitoquímicos é diferenciada uma vez que depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes na molécula (RICE-EVANS, MILLER, PAGANGA, 1997; OU et al., 2002).

Antioxidante é um composto que protege o sistema biológico contra o efeito nocivo de processos ou reações que podem causar oxidação excessiva (KRINSKY, 1994). Antioxidantes são definidos como substâncias que, quando presentes em baixos conteúdos em relação ao substrato oxidável, são capazes de inibir ou retardar substancialmente a oxidação daquele substrato. Adicionalmente, os antioxidantes não se tornam radicais livres pela doação de elétrons, pois são estáveis em ambas as formas (HALL e CUPPETT, 1997).

O mecanismo de defesa antioxidante do organismo humano consiste em antioxidantes endógenos e exógenos, e exercem a função de proteção das membranas celulares, lipoprotéicas e DNA contra os efeitos prejudiciais dos radicais livres e espécies reativas de oxigênio (ROS) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989). Os antioxidantes endógenos além do ácido úrico, metaloproteínas entre outros, envolvem também a participação de enzimas antioxidantes. Já os exógenos, incluem nutrientes e não nutrientes que são provenientes ou não da dieta.

Os antioxidantes podem agir retardando ou prevenindo a oxidação do substrato envolvido nos processos oxidativos (HALLIWELL et al., 1995), embora, não possam reverter o processo oxidativo e nem evitar a rancidez hidrolítica (RAJALAKSHMI; NARASIMHAN, 1995). Durante a oxidação lipídica, os antioxidantes podem agir de várias maneiras: ligando-se a íons metálicos, fazendo a varredura de radicais e/ou decompondo peróxidos e doando prótons H⁺ (MOURE et al., 2001). Frequentemente, mais de um mecanismo ocorre de forma simultânea no processo de inibição da oxidação, podendo assim promover o sinergismo. Como citado por Sant'ana e Mancini-Filho (1995), a remoção de ROS é o primeiro mecanismo de proteção à oxidação. A inativação de enzimas, proteção contra luz e a remoção de íons metálicos são de suma importância, mas estas medidas nem sempre são aplicadas em processos tecnológicos.

Todavia, o bloqueio das reações oxidativas pode ocorrer pela adição de antioxidantes, podendo ser considerada a mais adequada na indústria alimentícia.

Ênfase tem sido dada à identificação e purificação de novos compostos com atividade antioxidante, oriundos de fontes naturais, que possam agir sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, como uma forma de prevenir a deterioração oxidativa dos alimentos e restringir a utilização dos antioxidantes sintéticos (ANDRADE-WARTHA, 2007).

Existe uma grande quantidade de mecanismos através dos quais os antioxidantes em alimentos podem exercer sua ação. Dentre os compostos que reagem diretamente com os radicais livres podem ser citados os polifenóis, que detêm o processo em cadeia da oxidação lipídica em cadeia, também conhecido por *chain-breaking*. Esta reação pode ser realizada por duas vias possíveis: reações de transferência de um átomo de H (*Hydrogen Atom Transfer*, HAT) ou de transferência de um elétron (*Single Electron Transfer*, SET). O conhecimento destas duas reações é muito importante para a seleção dos métodos para medir a atividade antioxidante (PRIOR et al., 2005).

As reações HAT são determinadas pela entalpia de dissociação (calor que precisa fornecer para cortar, à pressão constante, as ligações químicas e separar os átomos) de modo que um composto que a possui em níveis baixos facilitaria a separação do átomo de H. Foram observados que alguns aspectos estruturais como a presença de um grupo hidroxilo (orto) ou a possível formação de ligações intermoleculares podem contribuir para a redução da entalpia de dissociação, facilitando a formação de um radical estável. Ao contrário, as reações SET dependem do potencial de ionização (SIQUET et al., 2006).

Dentre os métodos mais utilizados para determinação da atividade antioxidante em frutos e hortaliças estão o DPPH, FRAP, sistema β -caroteno/ácido linoléico e o ABTS. Conforme alguns trabalhos de pesquisas em frutos, os mais usados têm sido o DPPH e o ABTS (LEONG e SHUI, 2002; NENADIS et al., 2004); WU et al., 2005). O teste de redução do radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) foi primeiramente sugerido em meados de 1950. Mais tarde o método foi utilizado para determinar a atividade antioxidante de fenóis, alimentos e amostras biológicas. O radical DPPH é

estável, de coloração púrpura, porém quando reduzido passa a ter coloração amarela (ESPIN et al., 2000).

O método está baseado na capacidade do DPPH em reagir com doadores de hidrogênio, e na presença de substâncias antioxidantes o mesmo recebe H^+ sendo então reduzido. O DPPH é um radical livre que pode ser obtido diretamente por dissolução reagente em meio orgânico (RUFINO et al., 2007) e pode ser facilmente detectado por espectroscopia devido a sua intensa absorção na região visível (SANCHEZ-MORENO, 2002; BONDET et al., 1997), com base na captura do radical DPPH por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm (BRAND-WILLIAMS et al., 1995). Alguns autores recomendam a utilização do método DPPH por ser fácil e preciso para a avaliação da atividade antioxidante de produtos vegetais (RIBEIRO et al., 2002; CARDOSO et al., 2005; TERMENTZI et al., 2006; ANAGNOSTOPOULOU et al., 2006; STRATIL et al., 2006; SURVESWARAN et al., 2007; JAYAPRAKASHA et al., 2007).

Este método foi modificado por Sánchez-Moreno et al (1998) que introduziu os seguintes parâmetros cinéticos: o EC_{50} – que é a quantidade de antioxidante necessária para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical; e t_{EC50} – que é o tempo que essa concentração necessita para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical e a eficiência anti-radical (AE) = $1/(EC_{50} * t_{EC50})$ que leva em consideração os outros dois fatores. Quanto maior for o AE, o antioxidante exercerá sua ação em menor concentração e em menos tempo, fator este interessante nos sistemas biológicos. No entanto, quando os antioxidantes são usados como aditivo nos alimentos, o objetivo é que sua ação seja mantida por um tempo prolongado. Então, neste caso os dois fatores devem ser considerados independentemente (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007).

Outra observação importante feita por Wu (2004), é que o DPPH é um radical orgânico nitrogenado e estável e não tem relação com os radicais peroxil altamente reativos envolvidos em reações *in vivo*. Por outro lado, a absorbância a 515 nm pode sofrer interferência com a de outros compostos como os carotenóides e outras substâncias com o qual subestimaria o DPPH restante e, portanto, a atividade antioxidante da amostra (PRIOR et al., 2005; ARNAO, 2000). Outro inconveniente deste método é que pode ocorrer um impedimento estérico nas moléculas com elevado

peso molecular (PRIOR et al., 2005). Portanto, algumas modificações nesse método são necessárias, devido ao mecanismo da reação entre o antioxidante e o DPPH depender da conformação estrutural de cada antioxidante avaliado (ALVES et al., 2006).

Desordens fisiológicas

Os distúrbios ou desordens fisiológicas referem-se às alterações observadas nos diferentes produtos de origem não patogênicas (SALUMKHE et al., 1991). Resultam nas transformações internas produzidas pelas modificações do metabolismo normal do produto, ou da integridade estrutural dos tecidos, como pela ação de condições externas desfavoráveis. As causas são diferentes e muitas vezes, não totalmente conhecidas podendo originar-se no campo ou no armazenamento. No primeiro caso, podem ser decorrentes de deficiência nutricional ou de fatores climáticos adversos, enquanto que armazenadas, podem ser decorrentes de temperatura, umidade relativa (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A translucidez é uma desordem fisiológica da infrutescência do abacaxizeiro, que torna as frutas frágeis propensas ao dano mecânico e susceptível a doenças (BOWDEN, 1967; PY et al., 1987). A translucidez esta relacionada diretamente com a coloração interna da polpa das frutas passando de branco opaco para amarelo (PRETEL, 2003).

Atividade enzimática

A avaliação enzimática pode ser utilizada para o monitoramento da vida útil e da qualidade de frutos e hortaliças, algumas de maneira confiável. As enzimas usualmente apresentam elevada especificidade por seus substratos e as reações ocorrem dentro de curto espaço de tempo, o que torna os métodos enzimáticos práticos e com menor margem de erro que os métodos químicos. As limitações, em alguns casos, baseiam-se no custo elevado para uso em análises de rotina, pela sua instabilidade e dificuldade na purificação, bem como por serem métodos destrutivos e lentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As enzimas peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônia liase (PAL) possuem papel fundamental no desenvolvimento das plantas e na qualidade dos frutos. Estas enzimas estão fortemente relacionadas com mecanismos de defesa em relação a patógeno, vários estresses abióticos e desordens fisiológicas. O escurecimento

interno da polpa do abacaxi é um distúrbio fisiológico, na qual restringe severamente a exportação e está estreitamente ligado a composição química do fruto (SMITH, 1983, THÉ et al., 2001; PAULL, 1993). Esse distúrbio fisiológico dá-se principalmente pela oxidação enzimática dos fenóis e eventual polimerização não enzimática das quinonas formadas em taninos ou melaninas (HOPKINS, 1967; NICKERSON e ROSINVALLI, 1980).

Aliado ao escurecimento interno, as enzimas polifenoloxidase, peroxidases e fenilalanina amônia liase estão entre os principais componentes químicos que sofrem modificações durante a maturação e o armazenamento refrigerado dos frutos. Estas mudanças estão relacionadas ao escurecimento da polpa e são de extrema importância, uma vez que irão influenciar na qualidade final do abacaxi (SMITH, 1983; PAULL e ROHRBACH, 1985; BROTEL CARVALHO, 1993). O ácido ascórbico é o inibidor natural mais importante do escurecimento interno, podendo intervir no desenvolvimento deste distúrbio de duas maneiras: a) reduzindo as quinonas, impedindo sua transformação em compostos escuros; e b) agindo diretamente como inibidor das enzimas oxidativas (TEISSON, 1979; PAULL e ROHRBACH, 1985). Dentre as desordens fisiológicas do abacaxi está a translucidez da polpa, que torna os frutos frágeis propensos ao dano mecânico e susceptível a doenças (BOWDEN, 1967; PY et al., 1987). A translucidez esta relacionada diretamente com a coloração interna da polpa dos frutos passando de branco opaco para amarelo (PRETEL, 2003)

Dentre as barreiras estruturais, a lignificação é uma das respostas ativas de defesa da planta mais importantes, induzida por agentes biótico ou abiótico sendo, provavelmente, uma característica de resistência que confere reforço a parede celular. A lignificação ocorre com a acumulação da lignina e sua biossíntese se dá na via metabólica dos fenilpropanóides, envolvendo a enzima fenilalanina amônia liase (PAL) na etapa inicial responsável pela conversão da fenilalanina em ácido cimânico (HELDT, 1997) e Peroxidase (POD) na etapa final (FUKUDA; KOMAMINE, 1982; HELDT, 1997).

A PAL (EC 4.3.15) é uma enzima-chave para o metabolismo fenilpropanóide, tendo em vista que catalisa a desaminação da L-fenilalanina com produção de ácidos trans-cinâmicos, os quais são precursores para uma grande variedade de compostos

fenólicos, como ácidos cumárico, caféico, ferrúlico, clorogênico, pigmentos antocianinas, lignina, etc (CHITARRA, 2005). Estes compostos atuam em diversas funções das plantas, como antioxidantes, agentes antimicrobianos, pigmentos coloridos e polímeros, suberinas e ligninas como constituintes estruturais (SARMA et al., 1998).

A atividade da PAL é afetada por numerosos fatores, incluindo luz, temperatura, reguladores de crescimento, inibidores de síntese de RNA, proteína, infecção, ferimentos e nutrição mineral (JONES, 1984). O ataque de patógenos, por exemplo, aciona a transcrição do RNA mensageiro que codifica PAL, aumentando a quantidade desta enzima na planta, estimulando a síntese de compostos fenólicos (TAIZ e ZEIGER, 2006).

A POD e a PPO têm sido consideradas as principais enzimas responsáveis pela deterioração da qualidade em muitos frutos. Estas enzimas podem participar de um grande número de reações oxidativas e de biodegradação (VALDERAMA et al., 2001).

A POD (EC 1.11.1.7) enzima comumente envolvida em respostas de defesa de plantas é uma glicoproteína capaz de catalizar a produção de H_2O_2 , a formação de lignina, incorporação de glicoproteínas à parede celular, oxidação do ácido indol-3-acético, cicatrização de ferimentos, oxidação de fenóis, defesa contra patógenos e aumento de reguladores de crescimento. Alterações nos seus padrões enzimáticos estão relacionadas com a defesa local e sistêmica da planta. Como outras enzimas, a peroxidase atua sobre as espécies ativas de oxigênio livrando a célula de seu efeito deletério. A alteração de sua atividade é um indício de alteração do metabolismo da planta, como na formação da lignina pela polimerização de fenóis (LABANCA, 2002; CAVALCANTI et al., 2005).

A peroxidase foi envolvida em uma variedade de processos fisiológicos tal como a biosíntese do etileno, desenvolvimento de célula, integridade da membrana, resposta a ferimento, resistência a doença, além de desordens fisiológicas (ABELES e BILES, 1991). As propriedades da peroxidase e seus papéis fisiológicos em pós-colheita de frutas e vegetais foram analisados por diversos autores (RHOTAN e NICOLAS, 1989). A enzima foi envolvida também em mudanças deterioráveis no sabor, na textura e na cor de frutas e hortaliças crus e processados (CLEMENTE e PASTORE, 1998).

A PPO é uma enzima intracelular encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais. Sua atividade pode variar em função da espécie, variedade, estágio de maturação, condições de cultivo e mesmo com as práticas de manuseio e armazenamento adotados. Estima-se que 50% das perdas de frutos tropicais no mundo devem-se à sua ação, que resulta na formação de pigmentos escuros, proporcionando mudanças indesejáveis na aparência e nas características organolépticas dos produtos (WHITAKER, 1994; FENEMA, 1993).

O PY et al. (1984), reportam que as alterações que se processam no fruto após a exposição a baixas temperaturas, estão ligadas a um teor de ácidos ascórbicos insuficientes para evitar oxidações dos fenólicos. Vukomonovic (1988) e Brotel e Carvalho (1993), estudando a atividade da PPO em abacaxi, verificou que os frutos menos sensíveis ao escurecimento interno apresentam diminuição nas atividades desta enzima e maior teor de ácidos ascórbico.

As polifenoloxidasas (EC 1.14.18.1) oxidam um amplo grupo de fenóis sem a necessidade de H_2O_2 , também estão envolvidas na rota biossintética dos fenilpropanóides. Possuem a capacidade de produzir quinonas, por meio da oxidação de fenóis. A atividade da polifenoloxidase pode ser acrescida ou inibida em algumas plantas por estresses como danos físico, toxicidade ao nitrogênio e ataque de patógenos (CAMPOS et al., 2004). Em geral, a PPO é elevada em tecidos danificados e apresenta grande importância para as plantas, pois está envolvida nos mecanismos de defesa e na senescência (AGRIOS, 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; BILES, C. L. Characterization of peroxidase in lignifying peach fruit endocarp. **Plant Physiology**. V.95, p.269-273, 1991.

AGRIOS, G. N. (Ed.). **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, p.922, 2005.

AHERNE, S.A.; O'BRIEN, N.M. Dietary flavonols: chemistry, food content and metabolism. **Nutrition**. New York: v.18, n.1, p.75-81, 2002.

AJAIKUMAR, K. B. et al. The inhibition of gastric mucosal injury by Punica granatum L. (pomegranate) methanolic extract. **Limerick**, v.96, n. ½, p.171-176, 2005.

ALVES, R. E.; BRITO, E.S.; RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., Cabo Frio. **Palestras e resumos...**Cabo Frio: SBF, 2006.

ANAGNOSTOPOULOU, M.A.; KEFALAS, P.; PAPAGEROGIOU, V.P.; ASSIMOPOULOU, A.N.; BOSKOU, D. Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet Orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Chemistry**, v.94, p.19-25, 2006.

ANDRADE-WARTHA, E.R.S. **Propriedades antioxidantes de clones do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e enzimas participantes do sistema antioxidante de defesa do organismo animal**. 2007. 111p.Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science and Technology**, v.11, p.419-421, 2000.

BARREIRO NETO, M.; LEITE, G.M.; SANTOS, E.S.; LACERDA, J.T.; CARVALHO, R.A.; FONTINELLI, I.S.C. **Aspectos sócioeconômicos da**

abacaxicultura no Estado da Paraíba. In: BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E.S. Abacaxi: da agricultura familiar ao agronegócio. João Pessoa: EMEPA, 2002. p.87-98.

BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R.E. Pineapple. In: Monselise, P. (Ed.), CRC Handbook of Fruit Set and Development. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 371–38, 1986.

BARTOLOME, A. P.; RUPEREZ, P.; FUSTER, C. Pineapple fruit morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. Food Chem. 53, 75–79, 1995.

BHUGALOO, R.A. Effects of different levels of nitrogen on yield and quality of pineapple variety Queen Victoria. Port Louis: **Food Agricultural Research Council**., Reduit, Mauritius, 1998, (Technical Bulletin).

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. In: Medina, J. C. **Frutos tropicais: manga.** São Paulo: ITAL, 1981. p.243-292.

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.

BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi Smooth Cayenne.** Lavras: Esal, 1991. 81p. Dissertação – Mestrado em Ciências dos alimentos.

BOTREL, N.; PATTO DE ABREU, C. M. Colheita, cuidados e fisiologia pós-colheita do abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.33-40, 1994.

BOTREL, N.; CARVALHO, V.D. de. Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi 'Smooth Cayenne'. I-Atividade de polifenoloxidase, peroxidase e compostos fenólicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.28, n.6, p.733-742, 1993.

BOWDEN, R.P. translucency as an index of ripeness in pineapples. **Food Technology in Australian**, Sydney, p.424-427, 1967.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss. Technol.*, London, v.28, 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, L.; ABIA, R.; SAURA-CALIXTO, F. Polyphenols dietary fiber associated compounds. Comparative study on in vivo and in vitro properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p.1481-1487, 1994.

BRAVO, L.; MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Dietary non-extractable condensed tannins as indigestible compounds; effects on faecal weight, on protein and fat excretion. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.63, p.63-68, 1993.

BUZETTI, S.; BIANCO, S.; CORRÊAS, L. S.; MARTINS, A. B. G.; MATTIOLI, C. H. Doses de N.P.K e micronutrientes na cultura do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 1249 - 1252, 1986.

CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANCÃO, N.; SILVEIRA, E. P.; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão a antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 637-643, 2004.

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

CARVALHO, V. D.; BOTREL, N. Características da fruta para exportação. In: BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Abacaxi para exportação:

procedimentos de colheita e pós- colheita. Brasília: EMBRAPA, 1996b. 41p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

CARVALHO, V. D.; CLEMENTE, P. R. Qualidade, colheita, industrialização e consumo de abacaxi. **Informe Agropecuário**, v.17, n.179, p.8-18, 1994.

CAVALCANTI, L. S.; BRUNELLI, K. R.; STANGARLIN, J. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. v. 13, p. 81-124.

CHAMKHA, M.; CATHALA, B.; CHEYNIER, V.; DOUILLARD, R. Phenolic composition of champagnes from Chardonnay and Pinot Noir vintages. **J. Agric. Food Chem.** N.51, p.3179-3184, 2003.

CHAN, Y. K.; COOPENS, E. G.; SANEWSKI, G. M. Breeding and variety improvement. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Eds). **The Pineapple, Botany, Production and Uses**. Honolulu: University of Hawaii at Manoa, 2002. p. 36 - 39.

CHAN, Y. K.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; SANEWSKI, G. M. Breeding and variety improvement. In: Bartholomew, D.P.; PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. (Eds.). **The Pineapple: Botany, Production and Uses**. CABI Publishing, New York, pp. 33– 56, 2003.

CHEESEMAN, K.H.; SLATER, T.F. Uma introdução à bioquímica dos radicais livres. *Radicais livres em medicina*. Rio de Janeiro: Interlivros, 1996. p.1-13.

CHITARRA, M. I. F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.18, 1997.

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

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Soc. Brasil. Cienc. Tecnol. Aliment.** V.1, p.59-66, 1998.

DE LA FUENTE, M. Effects of antioxidants on immune system aging. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, p.5-8, 2002. Supplement 3.

DULL, C.G. The pineapple general. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1971. v.1, p. 303-324.

ESPIN, J.C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHERS, H.J.; GARCÍA-VIGUEIRA, C. Anthocyanin-based natural colorants: A new source of antiradical activity for foodstuff. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, p.1588-1592, 2000.

EUROFRUIT MAGAZINE. MAXWELL, M. (ed). v. 578, n. 1, 2003.

FAO, FAOSTAT – FAO statistical data bases. Roma: World Agricultural Information Centre, 2009. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 17 dez. 2009.

FARAH, A.; DONAGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Braz. J. Plant Physiol.**, v.18, n.1, p.23-36, 2006.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acriba, 1993. 501-503p.

FONSECA, H.; NOGUEIRA, J. N.; MARCONDES, A. M. S. Teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em frutas e hortaliças brasileiros. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v.19, p.9-16, 1969.

FUKUDA, H., KOMAMINE, A. Lignin synthesis and its related enzymes as markers of
GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. **Abacaxi pós-colheita. Característica da Fruta. Frutas do Brasil**, Brasília-DF, n.5.p. 13-27, 2000.

GONÇALVES, N.B. Abacaxi: pós-colheita. Brasília: Embrapa-SCT, 2000. 45p. (Frutas do Brasil, 5).

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. Características da fruta. In: GONÇALVES, N. B. (Org.). Abacaxi pós-colheita. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento; Embrapa. **Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2000. Cap. 2, p.13-27. (Frutas do Brasil, 5).

GORINSTEIN, S. et al. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v.10, p.367-371, 1999.

GORINSTEIN, S. et al. The effects of diets, supplemented with either whole persimmon or phenol-free persimmon, on rats fed cholesterol. **Food Chemistry**, Barking, v.70, p.303-308, 2000.

HALL, C.A.; CUPPETT, S.L. Structure-activities of natural antioxidants. In: AUROMA, O.I.; CUPPETT, S.L. (Editors) **Antioxidant methodology in vivo and in vitro concepts**. Illinois: AOCS PRESS, p.141-172, 1997.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 16, p.33-50, 1996.

HALLIWELL, B. et al. The characterization of antioxidants. **Food Chemical Toxicology**, v. 33, n.7, p.601-617, 1995.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 2. Ed. Oxford: Clarendon Press, 1989.

HEIM, K. E. et al. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.

HELDT, H.W. **Plant biochemistry & molecular biology**. Oxford: University Press, 1997. 522p.

IBGE, SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda> Acesso em 17 fev. 2010.

IBGE, SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda> Acesso em 12 dez. 2008.

JACOB, R.A.; BURRI, B. Oxidative damage and defense. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v.63, p.985-990, 1996.

JAYAPRAKASHA, G.K.; NEGI, P.S.; JENA, B.S.; RAO, J.M. Antioxidant and antimutagenic activities of *Cinnamomum zeylanicum* fruit extracts. **J. Food Comp. and Analysis**, v.20, p.330-336, 2007.

JONES, D.H. Phenylalanine ammonia lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, Oxford, v.23, p.1349-1359, 1984.

KÄHKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; HEINONEN, M. Berry phenolics and their antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.49, p.4076-4082, 2001.

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.

KRINSKY, N.I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v.66, p.1003-1010, 1994.

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 gliceolinas em soja (*Glycine max*).** 46 2002. 107p. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura. “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LAJOLO, F. M. Alimentos funcionais: uma visão geral. In: De ANGELS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas.** São Paulo: Atheneu, 2005. p.175-181.

LEE, S. K. ; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology** 20 (2000) 207–220.

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

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D.P. Plant Nutrition. In: Bartholomew, D. P.; Paul, R. E.; Rohrbach, K. G. (Eds.). **The Pineapple: Botany, Production and Uses**. New York: CABI Publishing, p. 143-165, 2003.

MANICA, I. Abacaxi do plantio ao mercado. Porto Alegre: Cinco continentes, 2000.122p.

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.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. O antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.36, n.1, p.1-11, 2002.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas** *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 44, n. 2, abr./jun., 2008

NAKIMI, M. Antioxidants/antimutagens in food. **CRC-Critical Review in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 29, p.273-300, 1990.

NENADIS, N.; WANG, L.F.; TSIMIDOU, M.; AHANG, H.Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS assay. **J. Agriculture Food Chemistry**, v.52, p.4669-4674, 2004.

NETTO, A. G.; CARVALHO, V. D. de; BOTREL, N.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E. E. R.; BORDIN, M. R. **Abacaxi para exportação:** procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1996. 41 p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 23).

ODA, C. H.; WILLIAMS, D. D. F. Pineapple plant named 'CO-2', **Patente de número PP8863** dos estados unidos da América. Califórnia, Agosto de 1994.

OLIVEIRA, E.F.; CARVALHO, R.A; LACERDA, J.T.; CHOAIKY, S.A.; BARREIRO NETO, M. **Abacaxi: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano.** Joao Pessoa: EMEPA, 2002. 38p.

PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, p.33-39, 1998.

PAULL, R.E.; CHEN, C.C. Postharvest physiology, handling, and storage of pineapple. In: Bartholomew, D.P., Paull, R., Rohrbach, K.G. (Eds.), *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. **CABI Publishing**, Wallingford, pp. 253–279, 2003.

PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit (*Ananas comosus*). **J.Am. Soc. Hortic. Sci.**, v.110, p.100-105, 1985.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. **Metodología para la evaluación de ingredientes funcionales antioxidantes:** efecto de fibra antioxidante de uva em status antioxidante y parâmetros de riesgo cardiovascular em humanos. 2007. 244p. Tesis (Doctoral) – Programa de Doctorado em Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V.B.; LIMA, L. C. Influência do CACL2 sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi cv. pérola. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 25(1): 32-36, jan.-mar. 2005.

PRETEL, P.C. de. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional – VIFINEX. **Seminario sobre producción y**

manejo post cosecha de La piña para La exportación. El Salvador, San Salvador, 09 al 11 de diciembre de 2003 (manual técnico).

PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.10, p.4290-4302, 2005.

PY, C.; LACHOEUILHE, J.J.; TIESSEN, C. **L'ananas: La culture sés produits.** Paris: G.P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562p.

PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **The pineapple, cultivation and uses.** Paris: G.P. Maisonneuve & Larose, 1987. 568p.

RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. Food antioxidants: sources and methods of evaluation. In: MADHAVI, D.L.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D. K. (Ed.) **Food antioxidants technological, toxicological and health perspectives.** New York: M. Dekker, 1995. p. 65-157.

RAZZAQUE, A.H.M.; HANAFI, M.M. Effects of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. **Fruits**, Paris, n. 56, p. 45-49, 2001. Recebido para publicação em 27 de abril de 2007 Aceito para publicação em 17 de janeiro de 2008

RHOTAN, C.; NICHOLAS, J. Changes in acidic and basic peroxidase activities during tomato fruit ripening. **Hort. Sci.**, v.24, p.340-342, 1989.

RIBEIRO, A. B.; SILVA, D.H.S.; BOLZANI, V.S. Flavonóis glicosilados antioxidantes de *Nectandra grandiflora* (Lauraceae) **Eclet. Quím.**, v.27, 2002.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.*, Oxford, v.4, p.304-309, 1997.

RODRIGUES, A. A. **Desenvolvimento e teores foliares de nutrientes dos cultivares de abacaxi Pérola, Smooth Cayenne e Imperial nas condições edafoclimáticas do**

Estado da Paraíba. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

RUFINO, M. S. M. et al. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Trpical, 2007. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 127)

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.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

SANT'ANA, L. S.; MANCINI-FILHO, J. Mecanismos da proteção oxidativa na utilização de antioxidantes in vivo em músculos animais. **Cadernos de Nutrição**, São Paulo, v.10, p.48-63, 1995.

SARMA, A. D.; SREELAKSHMI, Y.; SHARMA, R. Differential expression and properties of phenylalanine ammonia lyase isoforms in tomato leaves. **Phytochemistry**, v.49, n.8, p.2233-2243, 1998.

SCALBERT, A. et al. Polyphenols and the prevention of diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.45, n.4, p.287-306, 2005.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.130, p.2073-2085, 2000.

SCALON, S. de P. Q.; DELL'OLLIO, P.; FORNASIERI, J. L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de *Eugenia uvalha* Cambess – Myrtaceae. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.6, p.1965-1968, 2004.

SCHIFFERSTEIN, H.N.J., FRITJERS, J. E. R. Sensory integration in citric acid/sucrose mixtures. **Chem. Senses** 15, 87–109, 1990.

SILVA, A.P.; SOUZA, A.P.; ALVAREZ V., V.H.; DANTAS, J.P.; CELESTINO, A.P.Q.; OLIVEIRA, F.P. Estudo das relações entre Ca, Mg, K e CTC em solos da região abacaxicultora do Estado da Paraíba. In: FERTBIO 2004 – **REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS**, 26, Lages-SC, 2004.

SILVA, B. M. et al. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel and seed) and Jam: antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.52, n.15, p.4705-4712, 2004.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin: ciocalteau reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p.152-178, 1999.

SINGLETON, V.L.; GORTNER, W. A. Chemical and physical development of the pineapple fruit. II- Carbohydrate and acid constituents. **Journal Food Science**, Chicago, 1965.

SIQUET, C. et al. Antioxidant profile of dihydroxy-andtrihydroxyphenolic acids: a structure-activity relationship study. **Free Radical Research**, v.40, p.433-442, 2006.

SMITH, L.G. Cause and development of blackheart in pineapples. **Trop.Agric.**, v.60, n.1, p.31-35, 1983.

SOARES, A.G.; TRUGO, L.C.; BOTREL, N.; SOUZA, L.F.S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) by preharvest soil application of 139 potassium. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v.35, p. 201-207, 2005.

SOUZA, L. F. da S. Adubação. In: REINHARDT, D.H, SOUZA, L.F. da S; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi-Produção-Aspectos técnicos. Fruta do Brasil**, n.7, p.30-34, 2000.

SOUZA, L. F. da S. Correção de acidez e adubação. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J. R.S.; SOUZA, L.F. da S. (Orgs.) **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.169-202, 1999.

SOUZA, L. F. da S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J. R.S.; SOUZA, L.F. da S. (Orgs.) **O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.67-82, 1999.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.V.A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M.. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura** 26, 155–159, 2004.

STANNER, S.; HUGHES, J.; BUTTRISS, J. A review of the epidemiological evidence for the antioxidant hypothesis. **Public Health Nutrition**, v.7, n.3, p.407-422, 2004.

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

SURVESWARAN, S.; CAI, Y. Z.; CORKE, H.; SUN, M. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. **Food Chemistry**, v.102, p.938-953, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**; Tradução: SANTAREM et al., 3o ed., Porto Alegre: Artmed, p.719, 2006.

TAY, T. H.; WEE, P. C.; CHONG, W. S. The nutritional requirements of pineapple (*Ananas comosus* (L) Merr. Var. Singapore Spanish) on peat soil in Malaya. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, sugar and acid content of the fruit, **Malaya Agric. J.** n.46, p.458-468, 1968.

TAY, T.H. Comparative study of different types of fertilizers as source of nitrogen, phosphorus and potassium in pineapple cultivation. **Tropical Agriculture**, New Dehli, n. 49, p.51-59, 1972.

TAY, T.H. Effects of N and K on the growth, mean fruit weight and fruit quality of pineapple. **Mardi Res. Bull.** V.3, n.1, p.1-14, 1975.

TEISSON, C.; MARTIN-PRÊVE, P.; COMBRES, J.C.; PY, C. A propos du brunissement interne de l'ananas, accident de la refrigeration. **Fruits**, Patis, v.33, n.1, p.48-50, 1978.

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p. 219 - 224, 2002.

TERMENTZI, A.; KEFALAS, P.; KOKKALOU, E. Antioxidant activities of various extracts and fractions of *Sorbus domestica* fruits at different maturity stages. **Food Chemistry**, v.98, p.599-608, 2006.

THÉ, P.M.P.; CARVALHO, V.D.; ABREU, C.M.; NUNES, R.P.; PINTO, N.A.V. Modificações na atividade enzimática em abacaxi 'Smooth Cayenne' em função da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.2, p.364-370, 2001.

VALDERAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade da peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.321-325, 2001.

VELOSO, C.A.C.; OEIRAS, A.H.L.; CARVALHO, E.J.M.; SOUZA, F.R.S. Resposta do abacaxizeiro a adição de nitrogênio, potássio e cálcio em Latossolo Amarelo do Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 23, p. 396-402, 2001.

VILAR, L. Produção de abacaxi no Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://http://auniao.pb.gov.br>>. Acesso em: 16 dez. 2009.

VUKOMANOVIC, C.R. **Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escureciemnto interno do abacaxi.** 1988. 80p. Dissertação – (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1988.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, v.44, n.3, p.701-705, 1996.

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

WU, X. et al. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.4026-4037, 2004.

WU, X.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWTTZ, D.B.; GEBHARDT, S.E.; PRIOR, R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, v.52, n.12, p.4026-4037, 2005.

CAPÍTULO I

**Caracterização de infrutescência de abacaxi 'MD-2' cultivado sob
diferentes relações K/N**

CARACTERIZAÇÃO DE INFRUTESCÊNCIA DE ABACAXIZEIRO 'MD-2' CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES K/N

RESUMO

O equilíbrio nutricional harmoniza as funções que desempenha cada nutriente no metabolismo celular e influencia em aspectos de qualidade. O Potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exigidos pelo abacaxizeiro, sendo o potássio que interfere marcadamente na qualidade do produto, o nitrogênio influencia mais no peso do fruto. Objetivou-se nesse trabalho avaliar a qualidade pós-colheita dos frutos em relação a diferentes combinações K/N na adubação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo 9 tratamentos com três repetições, sendo a unidade experimental constituída por três frutas. Os tratamentos constaram da combinação de quatro doses com relações potássio e nitrogênio (1,3:1; 2:1; 2,5:1; 3:1) geradas a partir da combinação de duas doses de N (10,6 e 12,5g/planta) constituindo-se de oito relações e uma testemunha (controle: adubação comercial K/N 1,5:1). Foram caracterizados quanto aos parâmetros físicos: Matéria fresca do fruto com e sem coroa; diâmetro central do fruto e comprimento da coroa (cm); firmeza do fruto; coloração da polpa e casca. Quanto aos parâmetros físico-químicos foram analisados: pH; sólidos solúveis (SS); acidez titulável (AT); relação SS/AT; Açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR); os açúcares solúveis totais; Ácido ascórbico (AA). Verificou-se que a dose 12,5g N/planta combinada com doses elevadas de K apresentou melhoria na qualidade de abacaxi 'MD-2'.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, relação K/N, sólidos solúveis, massa do fruto, SS/AT, ácido ascórbico

Characterization of pineapple MD-2 'submitted to different relations N/K

ABSTRACT

Nutritional balance approximate the functions it performs each nutrient in cell metabolism and influences on other aspects of quality, such as accumulation of nutrients in fruits. Potassium and nitrogen are nutrients more required by pineapple, and potassium nutrient that builds up over the plant, interfering markedly the quality of the product, the more nitrogen influences the weight of the fruit. The objective of this study was to evaluate the postharvest quality of fruits in relation to different combinations of K / N in the fertilizer. The experimental design corresponded to 9 treatments with three replicates of one experimental unit consists of three fruits. The treatments consisted of the combination of four doses of nitrogen and potassium relations (1:1,3, 1:2, 1:2.5, 1:3) generated from the combination of two N rates (10.6 and 12 , 5g/planta) and they consisted of eight relations and a control (control: commercial fertilizer N / K 1:1,5). Were characterized by the physical parameters: fresh fruit with and without crown diameter center of the fruit and crown length (cm), fruit firmness, the flesh color and peel. As for the physical-chemical parameters were analyzed: pH, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), SS / TA ratio, reducing sugars (RS) and non-reducing sugars (ANR), the total soluble sugars, ascorbic acid (AA). It was found that the dose 12.5 g N /plant combined with high doses of K showed improvement in quality of pineapple MD-2 '.

Keywords: Ananas comosus, soluble solids, fruit mass, ascorbic acid

INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é considerado a terceira frutífera mais cultivada no mundo e exibe um mercado que movimentava anualmente cerca de US\$ 1 bilhão de dólares, sendo cultivado em mais de 50 países (FAO, 2009). A Tailândia é o maior produtor mundial de abacaxi com produção anual de dois milhões de toneladas, logo a seguir aparece o Brasil que alcança cerca de 1,7 milhões de toneladas por ano e, em sequência, Filipinas, Índia, China, Nigéria e Indonésia (IBGE, 2009). O abacaxi é considerado o “rei das frutas” devido a sua excelente qualidade sensorial. Seu sabor e aroma característicos lhe são conferidos pelos açúcares, ácidos e compostos voláteis que se destacam por serem responsáveis pela doçura, acidez e aroma, respectivamente. (CARVALHO e CLEMENTE, 1994).

O abacaxi ‘MD-2’ ou ‘Golden’ é uma nova cultivar que tem despertado a curiosidade e o interesse do agronegócio do abacaxi no Brasil. O ‘MD-2’ é um exemplar do grupo ‘Smooth Cayenne’, com características bastante semelhantes aos demais representantes desse grupo, diferindo-se por apresentar aparência atrativa e acidez inferior, o que lhe confere um sabor agradável e grande aceitação, para o paladar do consumidor estrangeiro (CUNHA, 2003).

O equilíbrio nutricional harmoniza as funções que desempenha cada nutriente no metabolismo celular e influencia em aspectos de qualidade (CHITARRA, 1997).

O Potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exigidos pelo abacaxizeiro (PAULA et al., 1998), sendo o potássio o nutriente que mais se acumula na planta, interferindo marcantemente na qualidade do produto e também na produtividade das culturas o potássio e o nitrogênio influencia mais no peso do fruto (SOUZA, 1999).

Py et al. (1987) citam que um aumento de N reduz a acidez dos frutos, mas pode ou não diminuir os sólidos solúveis. Tay (1975) observou que a deficiência de nitrogênio no abacaxizeiro diminuiu o teor em açúcares, entretanto Gonçalves e Carvalho (2000) encontraram resultados discordantes, pois segundo eles, em condições similares os frutos foram muito doces.

Acredita-se que a resposta à adubação do híbrido ‘MD-2’ seja similar à resposta do abacaxi ‘Smooth Cayenne’. Este, por sua vez, apresenta seu desenvolvimento e a qualidade dos frutos altamente influenciados pelos nutrientes N e K. O N propicia frutos de maior tamanho, mas, em contrapartida, tende a reduzir os teores de sólidos solúveis e

a acidez. Já o K, tem menor influência no desenvolvimento do fruto do que o N, mas é o nutriente que mais influencia a sua qualidade (TEIXEIRA et al., 2002 e SPIRONELLO et al., 2004).

A importância da adubação potássica na cultura do abacaxizeiro deve-se ao papel desempenhado por esse nutriente na síntese dos hidratos de carbono e de ácidos orgânicos, na redução de nitratos e na síntese protéica (MALÉZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003). O K beneficia as características organolépticas da polpa, aumenta o teor de açúcares, a acidez, a firmeza, além de ativar a coloração da casca do fruto, fator muito importante para a exportação (PAULA *et al.*, 1998). Promove incrementos nos níveis intracelulares deste elemento, com conseqüente redução do pH do vacúolo, contribuindo para diminuir a atividade de enzimas oxidativas e minimizar o escurecimento interno (SOARES et al., 2005; SPIRONELLO et al., 2004).

Como nitrogênio e o potássio exibem efeitos antagônicos em relação a maioria dos atributos de qualidade dos frutos do abacaxizeiro, estando a opção por determinada relação entre estes nutrientes está associada principalmente com o destino da produção (SOUZA, 2000).

Pelo exposto e considerando a escassez de informações atribuídas a nutrição mineral para o cultivar 'MD-2', o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das frutas em relação a diferentes combinações K/N na adubação, no sentido de estabelecer recomendações de adubação mais precisas, fortalecendo a cadeia produtiva desta fruteira.

MATERIAL E MÉTODOS

Implantação do experimento no campo

O experimento foi instalado no mês de outubro de 2007, após a limpeza da área. Utilizou-se mudas da cultivar 'MD-2' provenientes da Empresa Mangereba, plantadas em sulcos, no sistema de fileiras duplas, com espaçamento 0,30 x 0,50 x 0,90 m com 47.619 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos consistiram da aplicação de fertilizantes via solo e foliar, com relações K/N baseadas na literatura e relação utilizada pela Empresa Doce Mel. A primeira e segunda adubação, foram aplicadas aos 90 e aos 120 dias após plantio, respectivamente, com a fórmula 16-00-24 (18g/planta) e a terceira adubação foi aos 150 dias após o plantio, com a fórmula 12-04-18 (18 g/planta); a quarta adubação foi foliar aos 180 dias após o plantio, utilizando-se 200 L de H₂O + 5 kg de K₂SO₄ + 250 ml de TORPED; e a quinta adubação foi sólida aos 210 dias após o plantio com a fórmula 12-04-18 (20 g pl⁻¹), enfatizando-se que todos os tratamentos receberam as adubações supracitadas. Posteriormente os fertilizantes foram aplicados somente via foliar, consistindo em 7 adubações foliares aplicadas em intervalos de 15 dias, as aplicações iniciaram no dia 04-06-08, aos 240 dias após o plantio, e foram concluídas no dia 03-09-2008.

As fontes de N e K utilizadas foram uréia (45% N), cloreto de potássio (60% K₂O) nitrato de potássio (13% de N e 44% de K₂O) (MALAVOLTA et al., 2002), sendo aplicado com as 7 adubações foliares também o nitrato de cálcio, sulfato de magnésio (9% Mg), sulfato de ferro (19% Fe), sulfato de zinco (20% Zn), sulfato de manganês (26% Mn) e bórax (11% B).

Na adubação sólida o adubo foi aplicado no solo utilizando-se um funil acoplado a um tubo plástico rígido de, aproximadamente 80 cm. Para aplicação da adubação foliar utilizou-se o pulverizador costal, aplicando-se 100 ml de calda por planta, com pulverizações a favor do vento e na copa da planta.

O experimento foi conduzido sob sistema de irrigação utilizado quando necessário. A indução floral foi feita aos 30 dias após a última adubação foliar, portanto a mesma foi realizada aos 12 meses após o plantio. A solução utilizada na indução floral correspondeu à aplicação de 50 ml/planta da solução com 300 ml de ethrel + 4 kg de uréia + 200 g de cal para 200 l de água.

Colheita dos frutos

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados frutos de abacaxi ‘MD-2’, provenientes de experimentos, desenvolvido na fazenda Santa Terezinha no município de Mamanguape-PB, localizada a 60 km de João Pessoa-PB. As frutas foram coletadas na maturidade comercial uniformemente, no mês de janeiro de 2008, com aproximadamente 165 dias após indução floral.

Três frutas de cada tratamento por bloco foram colhidas manualmente no período da manhã. Após colheita, as infrutescências correspondentes de cada período de avaliação foram acondicionadas em caixa de colheitas e transportadas para o laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias (UFPB/CCA) e avaliadas aproximadamente 2 horas após a colheita.

Delineamento experimental

Nas análises físicas foram utilizados frutos íntegros, no total de 81 frutos, onde o delineamento experimental inteiramente casualizado, correspondeu a 9 tratamentos, três repetições sendo quatro relações K/N, em duas doses de nitrogênio, com três frutas por repetição. Os tratamentos (Tabela 1) constaram da combinação de quatro doses com relações potássio e nitrogênio (1,3:1; 2:1; 2,5:1; 3:1) geradas a partir da combinação de duas doses de N (10,6 e 12,5g N/planta) constituindo-se de oito relações e uma testemunha (controle: adubação comercial K/N 1,5:1, com dose nitrogênio 13,6 g N/planta). As fontes dos nutrientes foram uréia, nitrato de potássio e o cloreto de potássio. As doses foram aplicadas como adubo foliar pulverização, parceladas em sete vezes, com intervalos de 15 dias.

Caracterização dos tratamentos aplicados no abacaxizeiro cultivar ‘MD-2’

Tratamentos	K (kg/ha)	N (Kg/ha)	Relação K/N	N	P	K
				-----g/planta-----		
T1- Test. absoluta	957,15	638,1	1,5:1	13,6	1,2	20,4
T2	761,67	585,9	1,3:1	12,5	1,2	14,1
T3	1171,8	585,9	2,0:1	12,5	1,2	25,0

T4	1464,75	585,9	2,5:1	12,5	1,2	31,3
T5	1757,70	585,9	3,0:1	12,5	1,2	37,5
T6	647,40	498,0	1,3:1	10,6	1,2	13,78
T7	996,00	498,0	2,0:1	10,6	1,2	21,2
T8	1245,00	498,0	2,5:1	10,6	1,2	26,5
T9	1494,00	498,0	3,0:1	10,6	1,2	31,8

Test. = Testemunha; T1 – adubações sólidas com todas as adubações foliares;

Avaliações Físicas

Foram avaliadas as seguintes características físicas: Matéria fresca da fruta com e sem coroa, através da pesagem individual em balança semi-analítica; diâmetro central da fruta e comprimento da coroa (mm), com o auxílio de paquímetro digital; firmeza da fruta (casca), determinada na região mediana das frutas inteiras, nos pontos de coalescência entre os frutinhos, já para firmeza da polpa foram realizadas a partir da retirada da casca em dois pontos equidistantes ficando amostra a polpa, com o uso de penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester (DRILL PRESS STAND, CANADA); coloração da polpa e casca, realizada através do Colorímetro (Minolta CR-10). **L** indica luminosidade, o **a** indica a intensidade da cor vermelha, o **b** indica a intensidade da cor amarelo e o **H** intensidade da cor clara ou escura, já o **C** corresponde a vividez da cor da fruta.

Avaliações Físico-químicas

Foram avaliadas as seguintes características físico-químicas: Sólidos Solúveis (SS), utilizando refratômetro digital (KRÜSS-OPTRONIC, HAMBURGO, ALEMANHA) segundo AOAC (1984); Acidez Titulável (AT), por titulometria com NaOH 0,1N, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz - IAL (2005); relação SS/AT obtida pela divisão entre os SS e AT; pH através do potenciômetro digital (HANNA, SINGAPURA), de acordo com metodologia da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1984); Açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR), conforme as normas do IAL (2005), os açúcares solúveis totais forma obtidos pela soma de açúcares redutores e não redutores; Ácido ascórbico (AA), dosado por

titulometria utilizando-se solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02%) até a obtenção de coloração róseo claro permanente AOAC (1984).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico “SAS ”(SAS. versão 9.2, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físicas dos frutos

Em relação a qualidade física (Tabela 1), para massa do fruto com coroa, houve aumento considerável, observando diferença significativa entre dose 12,5g N/planta combinadas com as doses de K mais elevadas, diferindo do controle (de 1312,54 para 1919,88g). Para cv. 'Smooth Cayenne', Guong et al. (1997), perceberam que doses de K mais altas aumentaram a massa da fruta. Para peso da coroa (Tabela 1) houve diferença significativa entre os tratamentos e o controle, onde foi verificado que doses mais altas de K reduziram significativamente o peso da coroa da fruta.

Quanto ao diâmetro, comprimento, firmeza externa e da polpa, (Tabela 1), não diferiram estatisticamente entre si. Entretanto, as médias dos tratamentos foram superiores ao controle para os parâmetros de firmezas do fruto (externa de 115,84 para 127,56 N; da polpa de 82,03 para 109,17 N), destacando a dose 12,5 g N/planta, destacando a relação 3:1 para firmeza externa e 2,5:1 para firmeza da polpa. Durante o desenvolvimento, o declínio da firmeza está relacionado com a degradação dos polímeros da parede celular em decorrência da ação de enzimas hidrolíticas (protopectinase) que agem sequencialmente com o avanço da maturação (KAYS, 1997). Na maturação avançada do abacaxi a perda acentuada da firmeza está relacionada a perda de integridade da membrana que devido ao acúmulo de água torna a polpa translúcida e mais suave (PAULL,1993).

Para as médias do diâmetro dos frutos, comprimento e o peso da coroa resultaram em médias inferiores a média controle, destacando a dose 12,5 g N/planta para a relação N/K 1:3, indicando a tendência de, nesta dose de N, o aumento da dose de K favorecer o aumento da massa e tamanho da fruta e reduzir o tamanho da coroa.

Tabela 1. Valores médios das características físicas de abacaxi 'MD-2', submetidos a adubação com diferentes relações K/N, avaliação quanto à massa Fresca (MF), diâmetro (DIAM), comprimento (COMP), firmeza externa (FEX), firmeza da polpa (FP) e peso da coroa (PC) (Areia-PB, fev/2010).

Relação K/N	<i>Características</i>					
	MF	DIAM	COMP	FEX	FP	PC

	(g)	(cm)	(cm)	(N)	(N)	(g)
Controle 1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	1312,54 c ¹	12,43 a	15,69 a	115,84 a	82,03 a	563,72 c
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	1524,57 bc	11,39 a	13,04 a	120,59 a	65,71 a	281,77 b
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	1644,44 abc	12,02 a	14,13 a	119,85 a	63,93 a	183,40 a
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	1717,61 ab	12,19 a	15,84 a	115,70 a	87,37 a	239,98 ab
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	1919,88 a	12,94 a	16,58 a	121,48 a	86,03 a	202,32 ab
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	1279,99 c	12,20 a	15,54 a	127,12 a	80,99 a	230,20 ab
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	1414,57 bc	11,45 a	14,02 a	126,67 a	84,70 a	288,47 b
2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	1412,57 bc	11,79 a	12,92 a	124,15 a	109,17 a	219,25 ab
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)	1614,32 abc	11,94 a	14,19 a	127,56 a	101,61 a	239,43 ab
C. V. (%)	8,60	5,63	9,79	6,96	26,03	12,18

¹ Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em solos de Rio Tinto-PB, Nogueira et al. (1970) não constataram efeito positivo das doses de N (0-120 kg/ha) aplicadas na forma de sulfato de amônio sobre a produção do cultivar Pérola. Entretanto, Choairy & Fernandes (1981) verificaram que o N aumentou o peso e diminuiu o teor de sólidos solúveis e a acidez dos frutos. Em trabalhos realizados em nos municípios da Paraíba de Mamanguape, Sape, Mari e Mataraca, Lacerda & Choairy (1999) também registraram elevação da massa da fruta e decréscimo no teor de sólidos solúveis das frutas com o incremento da doses de N.

O K beneficia as características organolépticas da polpa, aumenta o teor de açúcares, a acidez, a firmeza, além de ativar a coloração da casca do fruto, aspecto muito importante para a exportação (PAULA et al., 1998).

O N promove aumento de peso, tamanho dos frutos e espessura da casca. Em excesso o N reduz os teores de ácido ascórbico e a consistência, e aumenta a translucência da polpa, e em geral, tende a diminuir a acidez dos frutos (MALEZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003).

A coloração da epiderme da infrutescência do abacaxi 'MD-2' foi influenciada pelas diferentes relações K/N (Tabela 2). A luminosidade aumentou com a redução da dose de N (10,6 g N/planta) quando combinadas com dose superior de K (31,8 g K/planta). Esta combinação também proporcionou o desaparecimento da coloração verde (+ *a*) e intensificação de outros pigmentos, como indicado pela tendência no aumento em *b* e aumento em *C*, quando comparado ao controle. Para a dose de 12,5g

N/planta e o aumento nas doses de K diminuiu a luminosidade, mantendo a coloração verde (- *a*) e reduziu a vividez de pigmentos (*C*).

A coloração da polpa de abacaxi ‘MD-2’ também foi influenciada pelas relações K/N (tabela 3). A luminosidade aumentou com o incremento nas doses de K para a dose 12,5g N/planta. Para a dose de 10,6g N/planta, observou-se redução na luminosidade com o aumento das doses de K. Para ambas doses de N, observou-se aumento de *L* com relação ao controle. A vividez (*C*) de cor foi intensificada, na dose de 12,5g N/planta, com o aumento das doses de K, sendo a mesma tendência observada para 10,6g N/planta. Com relação à *H* (intensidade da cor), a coloração foi intensificada pelo aumento das doses de K, sobretudo para a dose de 12,5g N/planta.

Tabela 2. Valores médios da coloração objetiva da casca de abacaxi ‘MD-2’, submetidos a adubação com diferentes relações K/N (Areia-PB, fev/2010).

Relação K/N	Coloração Objetiva da casca				
	<i>L</i> ¹	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>C</i>
Controle 1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	23,57 c	-2,97 e	17,93 a	65,73 e	18,27 b
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	22,70 d	-1,20 b	16,73 a	62,23 h	16,80 c
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	21,37 e	-3,40 f	15,57 a	68,40 b	15,93 d
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	21,73 e	-2,60 d	13,10 a	67,03 d	13,40 e
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	19,60 f	-2,97 e	14,27 a	67,37 c	14,60 f
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	15,90 h	-3,03 e	13,27 a	69,70 a	13,60 e
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	18,40 g	-1,53 c	13,03 a	63,90 f	13,13 g
2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	25,53 b	0,50 a	12,97 a	62,67 g	13,00 g
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)	29,87 a	0,33 a	20,30 a	59,60 i	20,30 a
C. V. (%)	0,59	5,53	24,21	0,11	0,55

¹*L*- indica luminosidade; *a*- indica a intensidade da cor vermelha; *B*- indica a intensidade da cor amarelo; *H*- intensidade da cor clara ou escura; *C*- corresponde a vividez da cor do fruto.;

² Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A coloração da casca está estreitamente relacionada à maturação dos frutos e às condições climáticas durante o período de cultivo. A maturação dos frutos, baseada na coloração da casca, é denominada de maturação aparente (THÉ, 2001). A coloração é

um atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor. As modificações ocorrem devido à destruição da clorofila e a síntese de novos pigmentos (PAULL, 1993).

Tabela 3. Valores médios da coloração da polpa de abacaxi ‘MD-2’, submetidos à adubação com diferentes relações N/K (Areia-PB, fev/2010).

Relação K/N	Coloração Objetiva da polpa				
	L ¹	a	B	H	C
Controle	32,60 h ²	-2,43 h	22,37 c	64,00 b	22,50 c
1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	35,67 d	-1,70 g	19,23 d	68,70 a	19,83 d
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	29,33 i	1,50 a	24,90 a	58,27 g	25,03 a
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	34,43 e	0,43 d	16,70 f	58,57 f	16,73 f
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	34,03 f	0,83 b	23,00 b	61,43 c	23,03 b
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	42,07 a	0,66 c	15,87 g	58,57 f	15,90 g
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	40,60 b	0,16 e	15,70 g	60,43 d	15,73 h
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	33,47 g	0,00 f	13,87 h	60,10 e	13,90 i
2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	37,60 c	0,17 e	17,23 e	60,30 d	17,27 e
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)					
C. V. (%)	0,32	5,4	0,32	0,08	0,22

¹L- indica luminosidade: **A-** indica a intensidade da cor vermelha: **B-** indica a intensidade da cor amarelo: **H-** intensidade da cor clara ou escura: **C-** corresponde a vividez da cor do fruto.;

² Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Santos (2006) observou na coloração da polpa em abacaxi ‘Smooth Cayenne’ resultados para o parâmetro H com valores que aumentaram de 50,33 para 100 no final do desenvolvimento. Enquanto que para o parâmetro C os valores oscilaram de 7,33 para 26,33 ao final do período de avaliação aos 110 dias após indução floral.

Características físico-químicas dos frutos

O conteúdo de sólidos solúveis (SS) diferiram em função da relação K/N utilizada (Tabela 4). Para a dose 12,5g N/planta, os SS aumentaram à medida que aumentaram as doses de K, com relação ao controle. Para a dose 10,6g N/planta, as crescentes doses de K não influenciaram nos conteúdos de SS. Estes resultados indicam

que, sob doses mais elevadas de N, observou-se um sinergismo deste nutriente com as doses crescentes de K, culminando com um aumento nos SS.

O N propicia frutos de maior tamanho, mas, em contrapartida, tende a reduzir os teores de sólidos solúveis e a acidez. Já o K, tem menor influencia no desenvolvimento do fruto do que o N, mas é o nutriente que mais influencia a sua qualidade (TEIXEIRA et al., 2002 e SPIRONELLO et al., 2004).

O conteúdo de SS para abacaxi 'MD-2' foi superior ao reportado por Chan et al (2003) apresentaram sólidos solúveis em torno de 15-17%. O mesmo sendo verificado em Costa (2009) com os teores de sólidos solúveis em abacaxi 'Golden' em torno de 16,6% aos 181 dias após indução floral.

Para a acidez titulável (AT), na dose de 12,5g N/planta (Tabela4), as crescentes doses de K tornaram os abacaxis mais ácidos, mas não diferiram do controle (13,6g N/ 20,4g K/planta). Para a dose de 10,6g N/planta, em geral a AT diminuiu, exceto para a combinação 26,5g K/planta que não diferiu do controle. O declínio na AT em frutos colhidos em estágio de maturação mais avançados pode ser decorrente da utilização dos ácidos orgânicos como subproduto da respiração (SASS, 1993). Os resultados apresentados neste estudo, com valores de ácido cítrico de 0,61 a 0,72%, concordam com Costa (2009), que reportou acidez titulável em abacaxi 'MD-2' aos 181 dias após indução floral em torno de 0,60 a 0,80% de ácido cítrico.

Para a relação SS/AT por sua vez, aumentou com doses mais elevadas de K, em relação ao controle. Para dose de 25g K/planta e 12,5g N/planta (2:1), apresentou maior valor da SS/AT (53,98). Para a dose de 31,8g K/planta e 10,6g N/planta (relação 3:1), foi o que apresentou maior SS/AT (49,65), a qual foi inferior ($P < 0,05$) à reportada para a dose de N acima. Silva, (1980) reportou para abacaxi do cultivar 'Smooth Cayenne', um valor máximo de 41,7 SS/AT.

A relação SS/AT é um dos índices mais utilizados na avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Santos (2006) encontrou valores inferiores para infrutescências de abacaxi 'Smooth Cayenne' ligados à planta. Os valores aqui reportados são superiores aos encontrados por alguns autores, assim as frutas avaliadas eram mais palatáveis.

O pH de abacaxi 'MD-2' submetidos às diferentes relações K/N variou entre 3,80 a 4,16, mas não diferiu entre si (Tabela 4). De acordo com Hulme (1970), em geral,

para relativamente grandes variações na acidez titulável disponível no vacúolo de frutas e hortaliças. As variações no pH são mais discretos em decorrência das tamponações dos sistemas ácido/base. O pH da polpa do abacaxi, que geralmente é reportado entre 3,7 a 3,9 (BOTREL, 1991), neste estudo apresentou valores que variaram de 3,80 a 4,16. Segundo Botrel (1991) em abacaxi ‘Pérola’ a acidez titulável aumenta com a maturação.

O conteúdo de ácido ascórbico foi mais para a dose 12,5g N/planta quando combinado com 31,3g K/planta (tabela 4). De acordo com Chan et al (2003) valores de ácido ascórbico foram em torno de 50 mg.100g⁻¹, com baixos teores de acidez total.

O conteúdo de ácido ascórbico tem sido relacionado a desordem fisiológica do escurecimento interno em abacaxi (SOARES et al., 2005), de modo que, quanto mais baixo o conteúdo deste composto bioativo, mais elevado a incidência do escurecimento (PAULL e CHEN, 2003). Portanto abacaxi ‘MD-2’ é susceptível ao escurecimento da polpa. O conteúdo de ácido ascórbico pode aumentar ou diminuir durante a maturação de acordo com o cultivar, o seu declínio é atribuído a atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (NOGUEIRA et al., 2002)

Tabela 4. Valores médios das características físico-químicas de abacaxi ‘MD-2’, submetidos à adubação com diferentes relações K/N (Areia-PB, fev/2010).

Relação K/N	<i>Características Físico-químicas</i>				
	SS ¹ (%)	AT (% ac. Cítrico)	SS/AT	pH	Ácido Ascórbico (mg/100g)
Controle 1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	24,22 bc ²	0,71 ab	34,11 h	3,85 a	52,67 ab
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	23,40 cd	0,65 bcd	36,00 d	3,95 a	50,62 ab
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	25,57 b	0,63 cd	40,58 a	4,00 a	53,91 ab
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	24,37 a	0,68 abc	35,83 g	3,85 a	51,10 ab
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	25,72 b	0,72 a	35,72 f	3,85 a	57,80 ab
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	22,80 d	0,62 cd	36,77 c	3,98 a	63,41 a
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	22,95 d	0,64 cd	35,85 e	4,16 a	63,72 a
2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	23,02 d	0,74 a	31,10 i	3,80 a	46,60 ab
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)	22,80 d	0,61 d	37,37 b	3,99 a	51,98 ab
C. V. (%)	1,30	3,70	0,02	4,14	21,57

¹ SS- Sólidos Solúveis: AT- Acidez Titulável: SS/AT- Relação Sólidos solúveis e acidez titulável: pH- Potencial hidrogeniônico da polpa dos frutos: VIT C- ácido ascórbico da polpa do abacaxi;

² Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O conteúdo de açúcares redutores (AR) diferiu entre as diferentes relações de N/K (Tabela 5). Para a dose de 10,6g N/planta, o conteúdo de AR diminuiu com o aumento das doses de K. Por outro lado, embora comportamento similar tenha sido observado quando dose superior de N foi utilizada (12,5g N/planta), foi detectado acúmulo nos AR para a combinação 12,5g N: 25,0g K/planta (1:2,0), que não diferiu, no entanto, do controle.

Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas em abacaxi 'MD-2', submetidos a diferentes relações N/K, o conteúdo de açúcares não-redutores (ARN) foi notadamente superior aos AR, observando-se que a relação 12,5g N/ 37,5g K/planta tendeu a acumular maiores conteúdos de ARN (tabela 5). Adicionalmente, o conteúdo de ARN tendeu a aumentar, para dose de 12,5g N/planta, com o aumento das doses de K. Em contraste, foi observada uma tendência à redução nos ARN, para nitrogênio na dose de 10,6g /planta quando se aumentou as doses de K.

A evolução do conteúdo de açúcares nos frutos durante o desenvolvimento é resultado da translocação de assimilados resultantes da fixação fotossintética de carbono, reduzindo o ácido 3- fosfoglicérico em gliceraldeído 3-fosfato, seguido da sua redução a glicose nos drenos da planta (TAIZ e ZAIGER, 2009).

Tabela 5. Valores médios dos açúcares solúveis em abacaxi 'MD2', submetidos à adubação com diferentes relações K/N (Areia-PB, fev/2010).

Relação K/N	Açúcares Solúveis		
	AR ¹ (g. glicose 100g ⁻¹)	ANR (g. sacarose 100g ⁻¹)	AST (g. glicose 100g ⁻¹)
Controle 1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	9,01 a ²	9,19 a	18,20 a
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	7,90 abc	5,89 a	13,79 i
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	9,13 a	7,26 a	16,38 c
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	7,69 bc	9,40 a	17,09 b
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	7,09 cd	9,41 a	16,49 d
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	7,45 bc	8,61 a	16,06 e
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	6,80 cd	9,19 a	15,98 f

2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	6,23 d	8,21 a	14,44 g
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)	6,75 cd	7,12 a	13,87 h
C. V. (%)	6,07	24,36	0,05

¹ AR- Açúcares Redutores: ANR- Açúcares não-redutores: AST- Açúcares Solúveis Totais;

² Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Vários autores têm destacado a importância da relação entre N e K para a obtenção de frutos de melhor qualidade e sugerido como adequada a relação entre doses de fertilizantes N/K iguais a 1:2 (PAULA et al., 1998; SOUSA, 2000; MALEZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003; SILVA, 2006). No entanto, os resultados deste trabalho apontam para uma melhoria da qualidade dos frutos em relação K/N mais elevados, sobretudo em doses mais elevadas de N.

Este estudo indica, no entanto, que a dose 12,5 g N/planta pode ser uma alternativa de adubação para o abacaxi 'MD-2', quando combinado a dose superior de K, 31,3g K/planta, proporcionando melhoria na qualidade do abacaxi. Entretanto, é necessário a realização de estudos relacionando a avaliação custo/benefício para assegurar a adequada recomendação de adubação.

CONCLUSÕES

Doses crescentes de potássio para dose de 12,5g N/planta aumentaram a massa fresca, os sólidos solúveis, acidez titulável e os açúcares redutores e não redutores;

A dose mais elevada de N (12,5g N/planta) combinada com dose igual ou superior a 31,3g N/planta proporcionou melhoria na qualidade física e físico-química de infrutescência de abacaxizeiro 'MD-2';

A qualidade físico-química apresentou os melhores resultados na dose 12,5 g/planta, principalmente com as maiores médias para sólidos solúveis, relação SS/AT e açúcares redutores, apresentando resultados satisfatórios na relação K/N de 2:1.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Ed.12, Washington, DC., 1984.

BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi Smooth Cayenne.** Lavras: Esal, 1991. 81p. Dissertação – Mestrado em Ciências dos alimentos.

BUZETTI, S.; BIANCO, S.; CORRÊAS; L. S.; MARTINS, A. B. G.; MATTIOLI, C. H. Doses de N.P.K e micronutrientes na cultura do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 1249 - 1252, 1986.

CARVALHO, V. D.; CLEMENTE, P. R. Qualidade, colheita, industrialização e consumo de abacaxi. **Informe Agropecuário**, v.17, n.179, p.8-18, 1994.

CHITARRA, M. I. F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.18, 1997.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHOAIRY, S.A.; FERNANDES, P.D. Adubacao NPK em abacaxi (*Ananas comosus* L, cv. Smooth Cayenne). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, n. 6, p. 67-76, 1981.

COSTA, J.P. **Fisiologia pós-colheita e qualidade de abacaxi ‘Golden’ produzidos na Paraíba.** 2009, 103 p. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba.

FAOSTAT. Agricultural Data. 2006 Disponível em:
<http://apps.fao.org/faostat/collections>. Acesso em: 10 de dez. 2009.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. Características da fruta. In: GONÇALVES, N. B. (Org.). Abacaxi pós-colheita. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento; Embrapa. **Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2000. Cap. 2, p.13-27. (Frutas do Brasil, 5).

GUONG, T.T.; TRANG, T.T.; MOI, L. Effect of phosphorus, lime and potassium fertilization on aluminium uptake and pineapple yield in an sulphate soils in the Mekong Delta, Vietnan. *Acta Horticulturae*, Leuven, n. 425, p. 403-410, 1997.

HULME, A. C. The biotechnology of the fruits and their products. London: Academic Press, p. 305-358. 1970.

IBGE, SIDRA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda> Acesso em 17 dez. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ-IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL, 2005, v.1, p.1013.

KAYS, S. J. Preharvest factors affecting appearance. **Postharvest Biology and**
LACERDA, J.T.; CHOAIKY, S.A. Adubação mineral em abacaxizeiro pérola na Paraíba In: BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E.S. Abacaxicultura: contribuição tecnológica. João Pessoa: EMEPA, 1999, p. 57-78.

MALÉZIEX, E.; BARTHOLOMEW, D.P. Plant Nutrition. In: Bartholomew, D. P.; Paul, R. E.; Rohrbach, K. G. (Eds.). **The Pineapple: Botany, Production and Uses**. New York: CABI Publishing, p. 143-165, 2003.

NOGUEIRA, M.A.; LUCAS, A.F.; SILVA, L.G.; SOUZA, L.C.; SOUZA, I.B. Ensaio de adubação NPK em abacaxi nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste. *Pesquisa Agropecuária do Nordeste*, Recife, n. 2. p. 57-71, 1970.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. ; SILVA JÚNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, p.33-39, 1998.

PAULL, R. E. Postharvest handling of Smooth Cayenne pineapple in Hawaii for fresh fruit market. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.334, p.273-285, 1993.

PAULL, R.E., CHEN, C.C. Postharvest physiology, handling, and storage of pineapple. In: Bartholomew, D.P., Paull, R., Rohrbach, K.G. (Eds.), *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. **CABI Publishing**, Wallingford, pp. 253–279, 2003.

PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **The pineapple, cultivation and uses**. Paris: G.P. Maisonneuve & Larose, 1987. 568p.

SANTOS, A. F. dos. **Desenvolvimento, fisiologia da maturação de cultivares de abacaxi e qualidade de seus produtos minimamente processados sob o sistema de boas práticas agrícolas e tratamento com 1-Metilciclopropeno**. (2006). 193f. Tese (Tese de Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia, PB, 2006.

SAS Institute Inc. **Statistical Analytical System**. Cary, North Carolina, 2008. Version 9.2.

SILVA, A.P. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro. 2006. 176 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutricao de Plantas) - Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, 2006.

SILVA, M. A. Fisiologia pós-colheita de abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. 1980.203f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1980.

SOARES, A.G.; TRUGO, L.C.; BOTREL, N.; SOUZA, L.F.S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) by preharvest soil application of 139 potassium. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v.35, p. 201-207, 2005.

SOUZA, L. F. da S. Adubação. In: REINHARDT, D.H, SOUZA, L.F. da S; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi-Produção-Aspectos técnicos. Fruta do Brasil**, n.7, p.30-34, 2000.

SOUZA, L. F. da S. Correção de acidez e adubação. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J. R.S.; SOUZA, L.F. da S. (Orgs.) **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.169-202, 1999.

SOUZA, L. F. da S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J. R.S.; SOUZA, L.F. da S. (Orgs.) **O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.67-82, 1999.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.V.A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura** 26, 155–159, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução Eliane Romanato Santarém *et al.* Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.848p.

TAY, T.H. Effects of N and K on the growth, mean fruit weight and fruit quality of pineapple. **Mardi Res. Bull.** V.3, n.1, p.1-14, 1975.

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p. 219 - 224, 2002.

CAPÍTULO II

Comportamento bioquímico de infrutescência de abacaxizeiro 'MD-2' cultivado sob diferentes relações K/N

COMPORTAMENTO BIOQUÍMICO DE INFRUTESCÊNCIA DE ABACAXIZEIRO 'MD-2' CULTIVADO SOB DIFERENTES RELAÇÕES K/N

RESUMO

O efeito protetor exercido por algumas frutas tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante, dentre os quais se destacam os polifenóis. Objetivou-se avaliar presença de compostos fenólicos extraíveis totais (PET), a atividade antioxidante total (AAT) e atividade enzimática (polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia liase) de abacaxi 'MD-2'. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 9 tratamentos e 3 repetições, em triplicata. Os tratamentos utilizados foram: duas doses de nitrogênio (12,5 e 10,6 g/planta), quatro diferentes relações de K/N (1,3:1; 2:1; 2,5:1; 3:1) e o controle utilizando-se relação comercial de K/N 1,5:1. Foram obtidos extratos da polpa do abacaxi 'MD-2', para determinação dos polifenóis extraíveis totais, determinação da atividade antioxidante e para a atividade enzimática. A PET foi realizada pelo método Folin Ciocalteu, já para AAT foi através da captura do radical orgânico pelo método DPPH. O extrato utilizado para a determinação da atividade enzimática da Peroxidase foi o mesmo obtido para a determinação da Polifenoloxidase, onde as polpas foram maceradas com nitrogênio líquido e com polivinilpirrolidone (PVP), após adicionou solução tampão fosfato (0,05 M/ pH 7,0). A determinação da PPO foi realizada incubando-se alíquotas de 0,3 mL do extrato e 1,85 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 6,0 contendo 0,1 M de catecol. As leituras foram realizadas a 395 nm. Para determinar atividade da POD, pipetou-se para uma cubeta espectofotométrica, 50 µL de guaiacol (0,02 M), 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (0,38 M) e 2,0 mL de tampão fosfato (0,2 M/pH 5,8), acrescentando 50 µL do extrato enzimático, as leituras foram realizadas a 470 nm. Os extratos obtidos para determinação da PAL, as polpas foram depositadas em solução tampão de extração. O sobrenadante foi diluído antes da análise da atividade enzimática, pipetando-se 200 µL do mesmo e acrescentando-se 5 mL do tampão de extração. Para a determinação da PAL, pipetou-se 0,5 mL de cada extrato enzimático, acrescentou-se 2,0 mL do tampão de extração e 0,5 mL de solução de fenilalanina, procedendo-se as leituras

espectofotométricas a 290 nm. Verificou-se tendência ao aumento de polifenóis com doses mais elevadas de K combinadas com a dose 12,5g N/planta, em contra partida, redução da PET com a dose 10,6g N/planta e doses elevadas de K. Para a AAT houve aumento da atividade com a dose 10,6g N/planta combinadas com doses mais altas de K. Quanto atividade enzimática da PPO, houve redução com as maiores relações K/N. Já para POD e PAL as diferentes relações K/N aumentaram a atividade enzimática.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, atividade antioxidante, polifenóis extraíveis totais, Polifenoloxidase, peroxidase, fenilalanina amônia liase

QUALITY OF PINEAPPLE CULTIVAR 'MD-2 UNDER DIFFERENT N/K RATIO

ABSTRACT

The protective effect exerted by some fruit has been attributed to the presence of phytochemicals with antioxidant properties, among which stand out the polyphenols. The objective of this work was assess the presence of compounds extractable phenolics, antioxidant capacity and enzymatic activity (polyphenol oxidase, peroxidase and phenylalanine ammonia lyase) of Pineapple MD-2 '. We used a completely randomized design with 9 treatments and 3 replicates, in triplicate. The treatments were: two levels of nitrogen (12.5 and 10.6 g / plant), four different ratios of N / K (1:1,3, 1:2, 1:2.5, 1:3) and control using commercial relationship N / K 1:1.5. Were obtained extracts of pineapple MD2, for determination of total extractable polyphenols, determination of antioxidant activity and enzymatic activity. For the determination of polyphenols in a rate of 0, 150 mL of the extract was deposited with 0.850 mL of distilled water plus 1 mL of Folin Ciocalteu, 2.0 mL of sodium carbonate 20%, and 2.0 mL of distilled water reading in spectrophotometer wavelength of 700 nm and results expressed as mg 100g-1. The DPPH method was used to determine the antioxidant capacity of samples. We prepared three different dilutions (80, 60 and 20 mg mL-1). Moved a rate of 0.1 mL of each dilution of the extract to test tubes with 3.9 mL of DPPH radical (0.06 mM). After 70 minutes of incubation at room temperature away from light, the reduction of free radical DPPH was measured by reading the absorbance at 515 nm. The extract used for determining the enzymatic activity of peroxidase was the same used for the determination of Polyphenoloxidase, where the pads were soaked with liquid nitrogen and polyvinylpyrrolidone (PVP), added after phosphate buffer (0.05 M / pH 7, 0). The extracts were centrifuged at 10,000 g for 20 min at 4 ° C and the supernatant was transferred to Eppendorf tubes and stored at -80 ° C. Determination of PPO was performed by incubating aliquots of 0.3 mL extract and 1.85 mL of 0.1 M phosphate buffer pH 6.0 containing 0.1 M of catechol for 30 minutes at 30 ° C. The reaction was terminated by addition of 0.8 mL perchloric acid 2N. The readings were taken at 395 nm. To determine the activity of POD, is pipetted to a cuvette spectrophotometer, 50 mL of guaiacol (0.02 M), 0.5 mL hydrogen peroxide (0.38 M) and 2.0 mL of phosphate

buffer (0, 2 M / pH 5.8), adding 50 mL of enzyme extract, the readings were performed at 470 nm. The extracts obtained for determination of PAL, the pulps were deposited in the extraction buffer at 4 ° C, macerated and the mixture completely, which was then centrifuged at 10,000 g for 10 min at 4 ° C. The supernatant was diluted before analysis of enzymatic activity by pipetting 200 mL of the same and adding 5 mL of extraction buffer. For the determination of PAL, pipetting 0.5 mL of each enzymatic extract was added 2.0 mL of extraction buffer and 0.5 mL of phenylalanine. The mixture was incubated at 40 ° C for one hour, stopping the reaction with ice bath and proceed to the reading spectrophotometer at 290 nm. A tendency to increase of phenols with higher doses of K combined with a dose 12.5 g N / plant, although, reduction of PET with dose 10.6 g N / plant and high doses of K. For ATOX was no increase in activity with dose 10.6 g N / plant combined with higher doses of K. The enzymatic activity of PPO decreased with the largest ratio N / K. As for POD and PAL different ratios N / K increased the enzyme activity.

Keywords: *Ananas comosus*, antioxidant capacity, polyphenoloxidase, peroxidase, phenylalanine ammonia lyase

INTRODUÇÃO

Além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, os frutos e hortaliças também contêm diversos compostos bioativos de natureza fenólica (HARBONE e WILLIAMS, 2000). Os compostos fenólicos das frutas desempenham importante papel na determinação do aroma e sabor, da cor e que, por sua vez são influenciados por fatores como variedade, maturação, nutrição mineral e condições edafoclimáticas (CHITARRA, 1997).

No entanto, nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a estes alimentos uma vez que evidências epidemiológicas têm demonstrado que o consumo regular de vegetais está associado à redução da mortalidade e morbidade por algumas doenças crônicas não transmissíveis (MELO et al., 2008). O efeito protetor exercido por estes alimentos tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante, dentre os quais se destacam os polifenóis (WANG, CAO, PRIOR, 1996; BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE, PERIAGO, ROS, 2000; KAUR, KAPOOR, 2002).

Inúmeros estudos realizados com compostos fenólicos, especialmente os flavonóides (antoxantinas e antocianinas), demonstram a capacidade de captar radicais livres (atividade antioxidante) e seus efeitos na prevenção de enfermidades cardiovasculares e circulatórias (NESS e POWLES, 1997; STOCLET et al., 2004), cancerígenas (WANG e MAZZA, 2002; KATSUBE et al., 2003), no diabetes e no mal de Alzheimer (HERTOG et al., 1997; ISHIGE et al., 2001; ABDILLE et al., 2005).

A capacidade antioxidante dos polifenóis é devida, principalmente, as suas propriedades redutoras, cuja intensidade da ação antioxidante exibida por estes fitoquímicos é diferenciada uma vez que depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes na molécula (RICE-EVANS, MILLER, PAGANGA, 1997).

Antioxidante é um composto que protege o sistema biológico contra o efeito nocivo de processos ou reações que podem causar oxidação excessiva (KRINSKY, 1994). Antioxidantes são definidos como substâncias que, quando presentes em baixas concentrações em relação ao substrato oxidável, são capazes de inibir ou retardar substancialmente a oxidação daquele substrato. Adicionalmente, os antioxidantes não se

tornam radicais livres pela doação de elétrons, pois são estáveis em ambas as formas (HALL e CUPPETT, 1997).

Para determinação da atividade antioxidante em frutos e hortaliças, os mais usados são o DPPH e o ABTS (LEONG e SHUI, 2002; NENADIS et al., 2004); WU et al., 2005), sendo o DPPH um recurso fácil e preciso para a avaliação da atividade antioxidante de produtos vegetais (CARDOSO et al., 2005; TERMENTZI et al., 2006; ANAGNOSTOPOULOU et al., 2006; STRATIL et al., 2006; SURVESWARAN et al., 2007; JAYAPRAKASHA et al., 2007).

A avaliação enzimática pode ser utilizada para o monitoramento da vida útil e da qualidade de frutos e hortaliças, algumas de maneira confiável. As enzimas usualmente apresentam elevada especificidade por seus substratos e as reações ocorrem dentro de curto espaço de tempo, o que torna os métodos enzimáticos práticos e com menor margem de erro que os métodos químicos. As limitações, em alguns casos, baseiam-se no custo elevado para uso em análises de rotina, pela sua instabilidade e dificuldade na purificação, bem como por serem métodos destrutivos e lentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os compostos do metabolismo secundários e as respostas aos estresses bióticos e abióticos estão relacionados à atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amônia liase (PAL). Estas enzimas possuem papel fundamental no desenvolvimento das plantas e na qualidade dos frutos, onde estão fortemente relacionadas com mecanismos de defesa em relação a patógeno e vários estresses abióticos (WANG et al., 2007).

A atividade da PAL (EC 4.3.15) é afetada por numerosos fatores, incluindo luz, temperatura, reguladores de crescimento, inibidores de síntese de RNA, proteína, infecção, ferimentos e nutrição mineral (JONES, 1984). É uma enzima reguladora de síntese e acumulação de fenilpropanoides em diferentes tecidos de plantas, onde esta proteína está implicada em diferentes respostas em distintas situações de estresses suportadas pela planta (URITANI e ASAHI, 1980; TENA et al., 1984).

A POD (EC 1.11.1.7) e a PPO (EC 1.14.18.1) têm sido consideradas as principais enzimas responsáveis pela deterioração da qualidade em muitos frutos. Estas enzimas podem participar de um grande número de reações oxidativas e de

biodegradação (VALDERAMA et al., 2001). A peroxidase foi envolvida em uma variedade de processos fisiológicos tal como a biosíntese do etileno, desenvolvimento de célula, integridade da membrana, resposta a ferimento, resistência a doença (ABELES e BILES, 1991). A atividade da POD foi envolvida também em mudanças indesejáveis na cor de frutas e hortaliças crus e processados (CLEMENTE e PASTORE, 1998).

PY et al. (1984), reporta que as alterações que se processam no fruto após a exposição a baixas temperaturas, estão ligadas a um teor de ácidos ascórbicos insuficientes para evitar oxidações dos fenólicos. Por sua vez, Vukomonovic (1988) e Brotel e Carvalho (1993), estudando a atividade da PPO em abacaxi, verificou que os frutos menos sensíveis ao escurecimento interno apresentam diminuição nas atividades da enzima e maior teor de ácido ascórbico. A atividade da polifenoloxidase pode ser acrescida ou inibida em algumas plantas por estresses como dano físico e ataque de patógenos (CAMPOS et al., 2004). Em geral, a PPO é elevada em tecidos danificados e apresenta grande importância para as plantas, pois está envolvida nos mecanismos de defesa e na senescência (AGRIOS, 2005), e na incidência de escurecimento da polpa (SOARES et al., 2005).

Com base no contexto, o objetivo deste experimento foi avaliar presença de compostos fenólicos extraíveis, a capacidade antioxidante e atividade enzimática (polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia liase) de abacaxi MD2 submetidos à adubação com diferentes relações de N/K.

MATERIAL E MÉTODOS

Implantação do experimento no campo

O experimento foi instalado no mês de outubro de 2007, após a limpeza da área. Utilizou-se mudas da cultivar 'MD-2' provenientes da Empresa Mangereba, plantadas em sulcos, no sistema de fileiras duplas, com espaçamento 0,30 x 0,50 x 0,90 m com 47.619 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos consistiram da aplicação de fertilizantes via solo e foliar, com relações K/N baseadas na literatura e relação utilizada pela Empresa Doce Mel. A primeira e segunda adubação, foram aplicadas aos 90 e aos 120 dias após plantio, respectivamente, com a fórmula 16-00-24 (18g/planta) e a terceira adubação foi aos 150 dias após o plantio, com a fórmula 12-04-18 (18 g/planta); a quarta adubação foi foliar aos 180 dias após o plantio, utilizando-se 200 L de H₂O + 5 kg de K₂SO₄ + 250 ml de TORPED; e a quinta adubação foi sólida aos 210 dias após o plantio com a fórmula 12-04-18 (20 g pl⁻¹), enfatizando-se que todos os tratamentos receberam as adubações supracitadas. Posteriormente os fertilizantes foram aplicados somente via foliar, consistindo em 7 adubações foliares aplicadas em intervalos de 15 dias, as aplicações iniciaram no dia 04-06-08, aos 240 dias após o plantio, e foram concluídas no dia 03-09-2008.

As fontes de N e K utilizadas foram uréia (45% N), cloreto de potássio (60% K₂O) nitrato de potássio (13% de N e 44% de K₂O) (MALAVOLTA et al., 2002), sendo aplicado com as 7 adubações foliares também o nitrato de cálcio, sulfato de magnésio (9% Mg), sulfato de ferro (19% Fe), sulfato de zinco (20% Zn), sulfato de manganês (26% Mn) e bórax (11% B).

Na adubação sólida o adubo foi aplicado no solo utilizando-se um funil acoplado a um tubo plástico rígido de, aproximadamente 80 cm. Para aplicação da adubação foliar utilizou-se o pulverizador costal, aplicando-se 100 ml de calda por planta, com pulverizações a favor do vento e na copa da planta.

O experimento foi conduzido sob sistema de irrigação utilizado quando necessário. A indução floral foi feita aos 30 dias após a última adubação foliar, portanto a mesma foi realizada aos 12 meses após o plantio. A solução utilizada na indução floral correspondeu à aplicação de 50 ml/planta da solução com 300 ml de ethrel + 4 kg de uréia + 200 g de cal para 200 l de água.

Colheita dos frutos

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados frutos de abacaxi ‘MD-2’, provenientes de experimentos, desenvolvido na fazenda Santa Terezinha no município de Mamanguape-PB, localizada a 60 km de João Pessoa-PB. As frutas foram coletadas na maturidade comercial uniformemente, no mês de janeiro de 2008, com aproximadamente 165 dias após indução floral.

Três frutas de cada tratamento por bloco foram colhidas manualmente no período da manhã. Após colheita, as infrutescências correspondentes de cada período de avaliação foram acondicionadas em caixa de colheitas e transportadas para o laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias (UFPB/CCA) e avaliadas aproximadamente 2 horas após a colheita.

Delineamento experimental

Nas análises físicas foram utilizados frutos íntegros, no total de 81 frutos, onde o delineamento experimental inteiramente casualizado, correspondeu a 9 tratamentos, três repetições sendo quatro relações K/N, em duas doses de nitrogênio, com três frutas por repetição. Os tratamentos (Tabela 1) constaram da combinação de quatro doses com relações potássio e nitrogênio (1,3:1; 2:1; 2,5:1; 3:1) geradas a partir da combinação de duas doses de N (10,6 e 12,5g N/planta) constituindo-se de oito relações e uma testemunha (controle: adubação comercial K/N 1,5:1, com dose nitrogênio 13,6 g N/planta). As fontes dos nutrientes foram uréia, nitrato de potássio e o cloreto de potássio. As doses foram aplicadas como adubo foliar pulverização, parceladas em sete vezes, com intervalos de 15 dias.

Caracterização dos tratamentos aplicados no abacaxizeiro cultivar ‘MD-2’

Tratamentos	K (kg/ha)	N (Kg/ha)	Relação K/N	N	P	K
				-----g/planta-----		
T1- Test. absoluta	957,15	638,1	1,5:1	13,6	1,2	20,4
T2	761,67	585,9	1,3:1	12,5	1,2	14,1
T3	1171,8	585,9	2,0:1	12,5	1,2	25,0

T4	1464,75	585,9	2,5:1	12,5	1,2	31,3
T5	1757,70	585,9	3,0:1	12,5	1,2	37,5
T6	647,40	498,0	1,3:1	10,6	1,2	13,78
T7	996,00	498,0	2,0:1	10,6	1,2	21,2
T8	1245,00	498,0	2,5:1	10,6	1,2	26,5
T9	1494,00	498,0	3,0:1	10,6	1,2	31,8

Test. = Testemunha; T1 – adubações sólidas com todas as adubações foliares;

Obtenção do extrato

O extrato utilizado para a determinação da atividade antioxidante total foi o mesmo obtido para a determinação dos polifenóis extraíveis totais (PET), conforme LARRAURI RUPÉREZ e SAURA-CALIXTO (1997).

Foram pesados 4g de polpa fresca, adicionou-se 4 mL de metanol 50% e deixou-se para extrair por 1 hora. Foram centrifugados a 15.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 10 mL, o resíduo foi filtrado para um Becker adicionado 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por uma hora. Em seguida foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado juntamente ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume com água destilada.

Determinação dos polifenóis extraíveis totais (PET)

A determinação foi descrita por Larrauri et al. (1997), em tubo de ensaio, com triplicatas, colocou-se uma alíquota do extrato obtido de 0,150 mL, acrescida de 0,850 mL de água destilada, mais 1 mL de Folin Ciocalteu, 2,0 mL de carbonato de sódio 20% e 2,0 mL de água destilada. Agitou-se e depois de 30 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 700 nm e o resultado expresso em $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

Determinação da atividade antioxidante total (AAT)

Foi realizada pelo método DPPH, utilizando-se o reativo 1,1-diphenil-2-picrilhidrazil, usado como radical livre para reagir com os compostos antioxidantes presentes na polpa de abacaxi (BRAND-WILLIAMS et al., 1995). Foram preparadas três diluições diferentes (80, 60 e 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$), em triplicata. Em ambiente escuro,

transferiu-se uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH (0,06 mM) e homogeneizou-se em agitador de tubos. Utilizou-se 0,1 mL da solução controle (solução controle de álcool metílico, acetona e água) com 3,9 mL do radical DPPH (1,1 diphenil-2-picrilhidrazil) e homogeneizou-se. Utilizou-se álcool metílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro (RUFINO et al., 2007). Após 70 minutos de incubação à temperatura ambiente, ao abrigo da luz, a redução do radical livre DPPH foi mensurada pela leitura da absorbância em 515 nm.

Preparação do extrato enzimático

Os tratamentos constaram da combinação de quatro doses com relações potássio e nitrogênio (1,3:1; 2:1; 2,5:1; 3:1) geradas a partir da combinação de duas doses de N (10,6 e 12,5g/planta) constituindo-se de oito relações e uma testemunha (controle: adubação comercial K/N (1,5:1), com dose nitrogênio 13,6 g/planta). As fontes dos nutrientes foram a uréia (45% N) e o cloreto de potássio (58% K₂O). De cada tratamento foi obtido o extrato, com três repetições em triplicata.

O extrato utilizado para a determinação da atividade enzimática da Peroxidase foi o mesmo obtido para a determinação da Polifenoloxidase, através da técnica proposta por Wissemann e Lee (1980). Amostras de 6,0 g da polpa correspondendo a cada tratamento foram maceradas em almofariz com nitrogênio líquido com 1 % (v/v) de polivinilpirrolidone (PVP) e 6,0 mL de tampão fosfato (0,05 M/ pH 7,0). Os extratos foram centrifugados a 10.000 rpm por 20 min a 4°C e o sobrenadante foi transferido para tubos Eppendorf e armazenado a -80 °C (DANN e DEVERALL, 2000). Os sobrenadantes foram utilizados para se avaliar a atividade da POD e PPO.

Já a obtenção do extrato utilizado para determinação da Fenilalanina amônia liase foi através da técnica preconizada por Rhodes e Woollorton (1971). Pesou-se 2,0 g de polpa correspondente a cada tratamento, transferiu-se para almofariz previamente gelado, acrescentou-se 6,0 mL do tampão de extração, e macerou-se a mistura completamente, a qual foi centrifugada em seguida a 10.000 rpm por 10 min a 4°C. O sobrenadante foi diluído antes da análise da atividade enzimática, pipetando-se 200 µL do mesmo e acrescentando-se 5 mL do tampão de extração. Este foi preparado com uma mistura de 22,2 g de Tris; 0,37 g de EDTA; 85,5 g de sacarose; 10 g de PVP e completou-se o volume para 1000 mL de água destilada, após ajustar o pH para 8,0 com ácido clorídrico 2,0 N.

Determinação da Polifenoloxidase (E.C 1.14.18.1)

A atividade foi determinada incubando-se alíquotas de 0,3 mL do extrato e 1,85 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 6,0 contendo 0,1 M de catecol, incubados durante 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida pela adição de 0,8 mL de Ácido Perclórico 2N. As leituras foram realizadas a 395 nm e considerando-se uma unidade de atividade enzimática (UEA) da PPO como a quantidade de atividade enzimática que produz uma mudança de 0,001 unidade de absorvância. Os resultados foram expressos em UAE.g⁻¹ da matéria fresca min⁻¹;

Determinação da Peroxidase (E.C. 1.11.1.7)

A atividade da peroxidase foi estimada com base na avaliação da absorvância proporcionada com oxidação do guaiacol (C₃H₈O₂) em presença do peróxido de hidrogênio (DANN & DEVERALL, 2000). Para o desenvolvimento da reação, pipetou-se para uma cubeta espectrofotométrica, 50 µL de guaiacol (0,02 M), 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (0,38 M) e 2,0 mL de tampão fosfato (0,2 M/pH 5,8). Agitou-se levemente esta mistura, a qual serviu para zerar o espectrofotômetro. Em seguida, acrescentou-se 50 µL do extrato enzimático, agitou-se suavemente e procedeu-se a leitura espectrofotométrica no comprimento de onda de 470 nm, por um período de um minuto, com intervalo de 10 s. Os resultados foram expressos em UAE.g⁻¹ da matéria fresca min⁻¹;

Determinação Fenilalanina Amônia Liase (E.C. 4.3.1.5)

A atividade da PAL foi avaliada com base na diferença de absorvância resultante da conversão da fenilalanina em ácido trans-cinâmico (HYODO *et al.*, 1978). Para isto pipetou-se para tubos de ensaio 0,5 mL de cada extrato enzimático, acrescentou-se 2,0 mL do tampão de extração e 0,5 mL de solução de fenilalanina (49,6 mg/mL) ou água destilada na prova em “branco”. A mistura foi incubada a 40°C por uma hora, interrompendo-se a reação com banho de gelo e procedendo-se as leituras espectrofotométricas a 290 nm. Os resultados foram expressos em UAE.g⁻¹ da matéria fresca min⁻¹.

Determinação do grau de translucência

O grau de translucência foi avaliado com o auxílio da escala diagramática de translucidez da infrutescência do abacaxizeiro, cedida pela empresa UTOPIA-Costa Rica. As frutas foram descascadas e seccionadas na região equatorial para retirada da parte (rodela) a ser analisada. Os cortes foram comparados com a escala contendo as notas que variam de 0 a 6. O **zero** indica polpa branca e firme, **1** indica presença de polpa com tonalidade amarela denotando menos firmeza, **2** representa polpa com tonalidade amarela mais homogênea, **3** indica frutinhos com avanço da maturidade e começa a apresentar incidência de translucidez, **4** indica frutinhos com alta retenção de líquido e é menos saboroso, **5** indica polpa com alta retenção de líquidos e avanço da maturação começando a torna-se com aparência dourada e o **6** indica polpa com tonalidade dourada e aparência cristalina.

Análise estatística

Todas as determinações foram efetuadas em triplicata, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico “SAS”(SAS. versão 9.2, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos tratamentos variaram entre 4,34 a 5,80 mg de ácido gálico 100g^{-1} . O conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) não foi influenciado pelos diferentes relações K/N. No entanto, para a dose de 12,5g N/planta, observou-se uma tendência no aumento do conteúdo de PET com doses de K mais elevadas, comparando ao controle. Por outro lado, para a dose de 10,6g N/planta, observou-se tendência a redução da PET com o aumento nas doses de K. Soares et al (2005), em abacaxi ‘Smooth Cayenne’ reportaram significativa redução nos conteúdos de compostos fenólicos na fruta colhida na transição de cor e meio madura.

O conteúdo de compostos fenólicos é influenciado pelos fatores de pré-colheita, como cultivares, estresses, localização geográfica, e outros (ZADERNOWSKI et al., 2005).

A atividade antioxidante (AAT) não diferiu do controle para a dose de 12,5g N/planta, com o aumento das doses de K. Por outro lado, para a dose de 10,6g N/planta, a AAT aumentou com doses mais elevadas de K, sendo o maior valor detectado para a relação 3:1 (Tabela 1).

O potencial antioxidante de frutas está intimamente relacionado com a composição específica dos diferentes tipos de compostos fenólicos, uma vez que a atividade antioxidante ótima depende da sua configuração especial e do número e da posição dos grupos hidroxilas presentes na sua estrutura (KUSKOSKI et al., 2004).

O conteúdo de ácido ascórbico foi mais para a dose 12,5g N/planta quando combinado com 31,3g K/planta (Tabela 1). De acordo com Chan et al (2003) valores de ácido ascórbico foram em torno de $50\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, com baixos teores de acidez total.

Embora o ácido ascórbico seja considerado por alguns autores como o maior contribuinte na atividade antioxidante, Sun et al., (2002) demonstraram que a contribuição da vitamina C na determinação da atividade antioxidante de 11(onze) frutos é baixa e afirmaram que a maior contribuição para a atividade antioxidante total de frutos se deve à composição de compostos fitoquímicos.

Kuskoski et al., (2006) determinaram a atividade antioxidante nos tempos de 30 e 60 minutos, com o objetivo de comprovar se existe seqüência na reação dos antioxidantes com o radical DPPH. Verificaram que os valores da atividade antioxidante de alguns frutos silvestres em 60 minutos foram mais elevados, aumentando de 10 a

50%. A análise estatística revela diferenças significativas entre as determinações de 30 e 60 minutos, especialmente no caso das amostras de graviola, goiaba e de acerola. Neste estudo foi usado 70 minutos para capturar o radical livre das amostras de abacaxi ‘MD-2’, segundo parâmetros cinéticos (RUFINO et al., 2007).

Quanto ao grau de translucidez da polpa do abacaxi, verificou-se diferença significativa entre as médias, embora as menores doses de K combinadas com as doses 12,5 e 10,6g N/planta reduziram o grau de translucidez das polpas, não diferindo do controle (Tabela 1). Segundo Marlow e Loescher (1984), o aumento da permeabilidade das membranas pode favorecer a ocorrência de translucidez de abacaxi, e que os sintomas são semelhantes aos watercore em maçãs e peras. A coloração da polpa serve como indicativo do grau de maturação do fruto (CARVALHO, 1999).

De acordo com Pólit (2001), um abacaxi verde tem polpa de cor branca e muitos espaços livres em seu interior. À medida que a maturação avança estes vazios começam a se encher de suco e a polpa se torna paulatinamente de cor amarela e com aparência de translúcida pela maior presença de líquido.

Tabela 1. Valores médios dos polifenóis extraíveis totais (PET) e da atividade antioxidante totais (AAT), ácido ascórbico e grau de translucidez em abacaxi ‘MD-2’, submetidos a adubação com diferentes relações K/N (Areia-PB/2010).

Relação K/N	PET (mg ácido gálico/100g)	AAT ¹ (g polpa/g DPPH)	Ácido Ascórbico (mg/100g)	GT
Controle 1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	4,95 a	9188 ab ²	52,67 ab	1,44 bc
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	5,24 a	7348 b	50,62 ab	1,88 bc
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	5,69 a	7786 b	53,91 ab	2,33 a
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	5,52 a	8664 ab	51,10 ab	2,00 ab
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	5,73 a	7110 b	57,80 ab	2,00 ab
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	5,79 a	7464 b	63,41 a	1,33 bc
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	4,34 a	12514 a	63,72 a	1,00 c
2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	4,71 a	9321 ab	46,60 ab	2,11 ab
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)	5,80 a	13463 a	51,98 ab	2,11 ab
C. V. (%)	10,64	17,71	21,57	18,84

¹PET- Determinação de Polifenóis extraíveis totais; AAT- Atividade Antioxidante; GT- grau de translucidez da polpa

² Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a atividade enzimática, verificou-se que a atividade da Polifenoloxidase (PPO) (Tabela 2) diminuiu com as maiores relações de K/N, para a dose de nitrogênio de 10, 6g N/planta, onde a menor média foi 391,40 UAE. g⁻¹ da matéria fresca min⁻¹, Conforme tabela 2, para a relação 2,5:1, comparando com o controle, para a dose de nitrogênio 12,5 g/planta, a atividade da PPO foi mais elevada, sendo a maior atividade enzimática detectada para a menor relação de K/N (1,3:1), 498,12 UAE. g⁻¹ da matéria fresca min⁻¹.

A disponibilidade adequada de K no solo pode ser um procedimento simples e barato para diminuir a incidência de escurecimento interno, “pineapple browning”, e melhorar a qualidade dos frutos (TEISSON,1972; TEISSON, 1979; SOARES et al., 2005), havendo boas correlações entre a atividade da polifenoloxidase com o teor de potássio no solo e na folha (SOARES et al., 2005).

O potássio além de desempenhar um importante papel na regulação osmótica das células vegetais, também ativam várias enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ E ZEIGER, 2006). Promove também incrementos nos teores intracelulares deste elemento, com conseqüente redução do pH do vacúolo, contribuindo para diminuir a atividade de enzimas oxidativas e reduzir o escurecimento interno dos frutos (TEISSON, 1979; SOARES et al., 2005).

Contudo, as diferentes relações K/N com as doses de nitrogênio 12, 5 e 10,6 g N/planta, aumentaram a atividade enzimática da Peroxidase (POD) (Tabela 2), embora não diferindo entre si, ficando as médias entre 89,33 a 148,0 UAE. g⁻¹ da matéria fresca. Min⁻¹.

Com relação a Fenilalanina amônia liase (PAL), não houve diferença na atividade enzimática para as diferentes relações K/N. As médias da atividade da POD ficaram em torno de 148 a 72,89 UAE. g⁻¹ da matéria fresca. Min⁻¹, enquanto para a atividade da PAL (Tabela 2), as médias ficaram em torno de 10,29 a 19,98 UAE. g⁻¹ da matéria fresca. Min⁻¹.

Soares et al. (2005) estudaram o efeito de cinco doses de K₂O (0; 4; 8; 12; 16 e 20 g/planta, na forma de cloreto de potássio aplicadas aos dois, seis e dez meses após o plantio) sobre a incidência de escurecimento interno, conteúdos fenólicos e atividade enzimática em abacaxi 'Smooth Cayenne' e sua relação com a adubação potássica, nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. Verificaram que a elevação das doses de K promoveu reduções significativas na incidência de escurecimento interno dos frutos e nos compostos fenólicos da polpa, principal substrato de enzimas oxidantes. As doses de K correlacionaram-se estreita e negativamente com a atividade de polifenoloxidase dos frutos e o aumento das doses de K reduziu a atividade das enzimas peroxidase e fenilalanina amônia liase, enzimas chaves na biossíntese de polifenóis (SOARES et al., 2005).

Tabela 2. Médias da atividade das enzimas (polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amônia liase (PAL) em abacaxi 'MD-2', submetidos a adubação com diferentes relações K/N (Areia-PB, fev/2010).

Relação K/N	Atividade Enzimática		
	PPO	POD	PAL
	(UAE. G ⁻¹ da matéria fresca min ⁻¹)		
Controle 1,5:1 (K=20,4; N=13,6)	449,78 a ²	89,33 a	19,98 a
1,3: 1 (K=14,1; N=12,5)	498,12 a	122,67 a	12,60 a
2,0: 1 (K=25,0; N=12,5)	487,80 ab	148,00 a	11,18 a
2,5: 1 (K=31,3; N=12,5)	449,90 abc	72,89 a	16,03 a
3,0: 1 (K=37,5; N=12,5)	489,58 ab	104,89 a	10,29 a
1,3: 1 (K=13,78; N=10,6)	481,48 ab	117,78 a	10,61 a
2,0: 1 (K=21,2; N=10,6)	419,36 abc	100,44 a	11,55 a
2,5: 1 (K=26,5; N=10,6)	391,40 c	124,89 a	13,05 a
3,0: 1 (K=31,8; N=10,6)	409,26 bc	116,89 a	13,58 a
C. V. (%)	6,48	26,77	36,86

¹ PPO- Polifenoloxidase; POD- Peroxidase; PAL- Fenilalanina amônia liase;

² Médias de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O trabalho demonstrou que dose 10,6 g/planta com as maiores relações de K/N apresentou resultados satisfatórios no abacaxi MD-2, em relação a atividade

antioxidante, assim como reduziu a atividade enzimática da Polifenoloxidase, com o aumento das doses de K.

CONCLUSÕES

Os conteúdos de polifenóis extraíveis totais (PET) foram superiores em relação ao controle (adubação comercial K/N 1,5: 1);

Observou-se tendência ao aumento da PET com a dose 12,5g N/planta combinada com doses elevadas de K;

A atividade antioxidante aumentou com a dose 10,6g N/planta combinada com doses mais elevadas de K;

A atividade enzimática da polifenoloxidase diminuiu com as maiores relações de K/N;

A atividade da peroxidase aumentou com as diferentes relações K/N;

A atividade da fenilalanina amônia liase diminuiu com as maiores relações de K/N;

O grau de translucência diminuiu com o aumento das doses de K, sobretudo na dose de 10,6 g N/planta.

REFERÊNCIAS

ABDILLE, M.H. et al. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chem**, v.90, p.891-896, 2005.

ABELES, F. B.; BILES, C. L. Characterization of peroxidase in lignifying peach fruit endocarp. **Plant Physiology**. V.95, p.269-273, 1991.

AGRIOS, G. N. (Ed.). **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdan: Elsevier Academic Press, p.922, 2005.

ALVES, R. E. et al. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: a case study with acerola. **Acta Horticulturae**. V. 773, p.299-305, 2008.

ANAGNOSTOPOULOU, M.A.; KEFALAS, P.; PAPAGEROGIOU, V.P.; ASSIMOPOULOU, A.N.; BOSKOU, D. Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet Orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Chemistry**, v.94, p.19-25, 2006.

ARNOUS, A. et al. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines form Greece. **J Food Comp Anal**, v.15, p.655-665, 2002.

BOTREL, N.; CARVALHO, V.D. de. Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi 'Smooth Cayenne'. I-Atividade de polifenoloxidase, peroxidase e compostos fenólicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.28, n.6, p.733-742, 1993.

BRAND-WILLIAMS, et al. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Technol**, v.22, 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.

CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANÇÃO, N.; SILVEIRA, E. P.; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão a antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 637-643, 2004.

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

CARVALHO, V.D. Composição, colheita, embalagem e transporte do fruto. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S. **O abacaxizeiro – cultivo, agroindústria e economia**. Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 480p.

CHITARRA, M. I. F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.18, 1997.

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

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Soc. Brasil. Cienc. Tecnol. Aliment.** V.1, p.59-66, 1998.

DANN, E.K. & DEVERALL, B.J. Activation of systemic disease resistance in pea by an avirulent bacterium or benzothiadiazole, but not by a fungal leaf spot pathogen. **Plant Pathology** 49:324-332. 2000.

ESPIN, J.C. et al. Anthocyanin-based natural colorants: A new source of antiradical activity for foodstuff. **J Agric Food Chem**, v.48, p.1588-1592, 2000.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acriba, 1993. 501-503p.

FOLIN, C.; CIOCALTEU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. **J Biol Chem**, v.73, p.627-650, 1927.

HALL, C.A.; CUPPETT, S.L. Structure-activities of natural antioxidants. In: AUROMA, O.I.; CUPPETT, S.L. (Editors) **Antioxidant methodology *in vivo* and *in vitro* concepts**. Illinois: AOCS PRESS, p.141-172, 1997.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.52, p.481-504, 2000.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V.53, n.8, p.2928-2935, 2005.

HEO, H.J.; LEE, C.Y. Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. **J Agric Food Chem**, v.53, p.1984–1989, 2005.

HERTOG, M.G.L. et al. Antioxidant flavonols and ischaemic heart disease in a Welsh population of men. The Caerphilly study. **Am J Clin Nutr**, v.65, p.1489-1494, 1997.

HYODO, H.; KURODA, H. & YANG, S.F. Induction of phenylalanine ammonia-lyase and increase in phenolics in lettuce leaves in relation to the development of russet spotting caused by ethylene. **Plant Physiology**, 62:31-35. 1978.

ISHIGE, K. et al. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. **Free Rad Biol Med** v.30, p.433-446, 2001.

JAYAPRAKASHA, G.K.; NEGI, P.S.; JENA, B.S.; RAO, J.M. Antioxidant and antimutagenic activities of *Cinnamomum zeylanicum* fruit extracts. **J. Food Comp. and Analysis**, v.20, p.330-336, 2007.

JONES, D. H. Phenylalanine ammonia lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, Oxford, v.23, p.1349-1359, 1984.

KATSUBE, N. et al. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. **J Agric Food Chem**, v.51, p.68-75, 2003.

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.

KIM, D-O. et al. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. **J Agric Food Chem**, v.50, p.3713-3717, 2002.

KRINSKY, N.I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v.66, p.1003-1010, 1994.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, jul-ago, 2006.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P. SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **J. Agric. Food Chem.** V.45, p.1390-1393, 1997.

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

MARLOW, G.C.; LOESCHER, W.H. Watercore. **Hort. Rev.** v.6, p.189-251, 1984.

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.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas** *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 44, n. 2, abr./jun., 2008.

NENADIS, N.; WANG, L.F.; TSIMIDOU, M.; AHANG, H.Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS assay. **J. Agriculture Food Chemistry**, v.52, p.4669-4674, 2004.

NESS, A.R.; POWLES, J.W. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. **Int J Epidemiol**, v.26, n.1, p.1-13, 1997.

PINELO, M. et al. Interaction among phenolics in food fortification: negative synergism on antioxidant capacity. **J Agric Food Chem**, v.52, p.1177-1180, 2004.

POLIT, P. **Manual de manejo postcosecha de piña**. Quito: Escuela Politécnica Nacional, gráficas Guimar. 2001. 28p.

PY, C.; LACHOEUILHE, J.J.; TIESSEN, C. **L'ananas: La culture sés produits**. Paris: G.P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562p.

REYNERTSON, K. A. et al. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v. 109, p.883-890, 2008.

RHODES, M. J.C.; WOOLTORTON, L. S. C. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parsnip root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v.10, n.9, p.1989-1997, 1971.

RHOTAN, C.; NICHOLAS, J. Changes in acidic and basic peroxidase activities during tomato fruit ripening. **Hort. Sci.**, v.24, p.340-342, 1989.

RIBEIRO, A. B.; SILVA, D.H.S.; BOLZANI, V.S. Flavonóis glicosilados antioxidantes de *Nectandra grandiflora* (Lauraceae) **Eclet. Quím.**, v.27, 2002.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.*, Oxford, v.4, p.304-309, 1997.

RUFINO, M. S. M. et al. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Trpical, 2007. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 127).

SÁNCHEZ-MORENO, C. Compuestos polifenólicos: efectos fisiológicos. Actividad antioxidante. **Alimentaria**, p.29-40, 2002.

SAS Institute Inc. **Statistical Analytical System**. Cary, North Carolina, Version 9.2, 2008.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin: ciocalteau reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p.152-178, 1999.

SOARES, A.G.; TRUGO, L.C.; BOTREL, N.; SOUZA, L.F.S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) by preharvest soil application of 139 potassium. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v.35, p. 201-207, 2005.

SPAGNA, G. et al. Chemical analysis and photoprotective effect of an extract of wine from *Jacquez* grapes. **J Sci Food Agric**, v.82, p.1867-1874, 2002.

STOCLET, J.C. et al. Vascular protection by dietary polyphenols. **Eur J Pharm**, v.500, p.299-313, 2004.

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

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **J. Agric. Food Chem.**, n.50, p.7449-7454, 2002.

SURVESWARAN, S.; CAI, Y. Z.; CORKE, H.; SUN, M. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. **Food Chemistry**, v.102, p.938-953, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**; Tradução: SANTAREM et al., 3o ed., Porto Alegre: Artmed, p.719, 2006.

TEISSON, C. Estudos sur Le brunissement interne de L'anana. **Fruits**, Paris, v.27, n.9, p.603-612, 1972.

TEISSON, C. Internal browning of pineapples: i-History, ii-Materials and Methods. **Fruits**, Paris, v.34, n.5, p.245-261, 1979.

TENA, M.; LOPES-VALBUENA, R.; JORRÍN, J. Induction of phenylalanine ammonia lyase in hypocotyls of sunflower seedlings by light, excision and sucrose. **Physiologia plantarum**, Copenhagen, v.60, n.2, p.159-165, 1984.

TERMENTZI, A.; KEFALAS, P.; KOKKALOU, E. Antioxidant activities of various extracts and fractions of *Sorbus domestica* fruits at different maturity stages. **Food Chemistry**, v.98, p.599-608, 2006.

URITANI, I.; ASAH, T. Respiration and related metabolic activity in wounded and infected tissues. p.463-486, 1980. In: DAVIES, D.D. **The biochemistry of plants**, v.2, Academic Press, New York, p.687, 1980.

VALDERAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade da peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.321-325, 2001.

VATTEM, D.A. et al. Cranberry synergies for dietary management of *Helicobacter pylori* infections. **Process Biochem**, v.40, p.1583–1592, 2005.

VUKOMANOVIC, C.R. **Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi**. 1988. 80p. Dissertação – (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1988.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, v.44, n.3, p.701-705, 1996.

WANG, J.; MAZZA, G. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN-gamma-activated RAW 264.7 macrophages. **J Agric Food Chem**, v.50, p.4183-4189, 2002.

WU, X.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWTTZ, D.B.; GEBHARDT, S.E.; PRIOR, R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, v.52, n.12, p.4026-4037, 2005.

YEH, C.T.; YEN G.C. Induction of apoptosis by the anthocyanidins through regulation of Bcl-2 gene and activation of c-jun n-terminal kinase cascade in hepatoma cells. **J Agric Food Chem**, v.53, p.1740–1749, 2005.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)