

6

Qualidade e conservação pós-colheita

Maria Auxiliadora Coêlho de Lima
Silvanda de Melo Silva

Introdução

As espécies da Caatinga são conhecidas pelos seus mecanismos de adaptação às condições de escassez e irregularidade de distribuição de água ao longo dos anos. Contudo, pouco se sabe sobre a composição química e o potencial de uso alimentar dos frutos de espécies desse ecossistema, mesmo daqueles já tradicionalmente consumidos pela população da região, como o umbu, que tem alta inserção e aceitação na dieta da população do Semiárido. Tal limitação abre oportunidades para a proposição de ações coordenadas que abranjam, por exemplo, qualificação do produto, inserção de técnicas apropriadas ao contexto regional e redução de perdas.

Desta forma, entende-se que, para o melhor aproveitamento dessa espécie, é necessário o conhecimento inicial de atributos de qualidade que influenciam a decisão de compra do consumidor bem como de procedimentos ou técnicas que permitam uma vida útil compatível com o período de trânsito e comercialização. Assim, a perecibilidade é uma característica que pode ser superada com a utilização de técnicas adequadas a cada produto. Para o umbu, muitas informações ainda precisam ser disponibilizadas a fim de que se avance em tecnologia e manejo que preservem a qualidade e as peculiaridades do fruto, contribuindo para a sua inserção em outros mercados. Alguns passos foram dados nesta direção na medida em que grupos de pesquisa de instituições sediadas na região Nordeste têm buscado caracterizar os atributos de qualidade do umbu, respaldar a proposição de estratégias para melhor acondicionamento e comercialização do fruto, bem como estimular o fortalecimento da cadeia por meio de base científica e tecnológica correspondente à que está disponível para outros frutos tropicais, que, partindo de uma atividade extrativista regional, projetaram-se para uma produção tecnificada.

Neste capítulo, foram reunidas informações geradas a partir de estudos que objetivam, principalmente, a valoração do umbuzeiro como

recurso natural da região, o aproveitamento racional, em bases sustentáveis, e a agregação de valor ao fruto.

Crescimento, desenvolvimento e maturação do umbu

O fruto do umbuzeiro é uma drupa de 2,0 cm a 5,0 cm de comprimento e massa de 10 g a 20 g, de formato ovoide ou oblongo e coloração verde-amarelada, quando maduro, com casca fina e semente grande (GOMES, 1985; SILVA et al., 1990). A polpa é macia, succulenta e tem sabor doce-ácido (NARAIN et al., 1992), o que o torna bastante apreciado pela população da região Nordeste.

No entanto, a variabilidade genética disponível e registrada por alguns autores em diferentes áreas geográficas do Semiárido (CAMPOS et al., 1999; COSTA et al., 2015; DANTAS JÚNIOR, 2008; SANTOS, 1997; SANTOS et al., 2008) permite a obtenção de frutos com mais de 20 g, registrando-se genótipos com massa superior a 100 g. O mesmo se verifica em outras características de qualidade, incluindo aquelas relativas ao sabor.

Desde a frutificação até o completo amadurecimento, o umbu passa por várias alterações físicas, químicas, fisiológicas e bioquímicas que resultam nas características do produto final. As condições ambientais (variações climáticas e solo, preponderantemente) regulam a velocidade e intensidade dessas alterações, bem como o momento em que são desencadeadas. Como ainda não existe um manejo que uniformize a produção ou que potencialize propriedades ou características do fruto, as etapas de crescimento, desenvolvimento e maturação resultam da ação natural de resposta da planta ao meio, durando cerca de 120 dias. Em genótipos de ocorrência no Município de Campina Grande, PB, a frutificação teve início em novembro, estendendo-se até março, quando os frutos atingiram a maturação completa. A duração média do ciclo foi de 122 dias. Nas plantas

avaliadas, o comprimento, o diâmetro e o volume dos frutos aumentaram de forma rápida a partir da antese (abertura dos botões florais), seguidos do aumento das massas fresca e seca e de maior rendimento de polpa (GONDIM, 2012).

O padrão de crescimento do umbu é sigmoideal simples, caracterizando-se por três fases distintas. A primeira é de crescimento acelerado, começando por ocasião da abertura dos botões florais e finalizando quando o fruto se apresenta verde, mas iniciando a degradação de pigmentos. Nessa fase, os frutos atingiram cerca de 96% da massa total. A segunda fase corresponde ao crescimento lento até que o fruto atinja a maturidade fisiológica. A fase final é de decréscimo (CAMPOS, 2007).

A distribuição da massa do umbu foi relatada por Silva et al. (1990), que indicaram que 12,8% corresponde ao epicarpo, 76,8%, ao mesocarpo e 10,4%, ao endocarpo. O rendimento em polpa aumenta com a maturação (LOPES, 2007). Gondim (2012), avaliando frutos de 24 genótipos, reportou rendimento médio em polpa de 85,2%, desejáveis para a indústria, próximos à média de 90,4% obtida por Dantas Júnior (2008), no entanto, superiores aos 69,0% reportados por Costa et al. (2004). O tamanho varia de 2,85 cm a 4,96 cm de comprimento e 2,64 cm a 4,91 cm de largura (DANTAS JÚNIOR, 2008; GONDIM, 2012; SILVA et al., 1990).

Na fase de maturação, ocorrem várias e importantes mudanças que levam ao amadurecimento e estágio ótimo para consumo do fruto. A caracterização perfeita dessa fase ainda depende da uniformização e sistematização de informações geradas em alguns estudos que adotaram delimitações e identificações variadas para os estádios de maturação. Assim, Costa et al. (2004) consideraram quatro estádios de maturação para o umbu: verde, "de vez", maduro e maturação avançada (em início de deterioração). O termo verde se refere à coloração externa da casca, ainda verde-escuro. Nesse estágio, os frutos foram caracterizados como tendo polpa muito firme. Os frutos "de vez" apresentam coloração da casca parcialmente verde-escuro e

polpa firme. Quando a coloração da casca se apresenta verde-amarelada e a polpa firme, os autores caracterizaram os frutos como maduros. O estágio final corresponde aos frutos caídos no solo, com polpa macia, reconhecida-mente sobremaduros.

Narain et al. (1992) e Vieira et al. (2011a) limitaram suas classificações a três estádios de maturação. Vieira et al. (2011a) consideraram os seguintes estádios de maturação para o umbu: 1) frutos com quebra da coloração verde (breacker); 2) frutos com início da pigmentação amarela (IP); e 3) fruto com predominância do amarelo (PA). Narain et al. (1992) consideraram frutos com textura muito firme e coloração verde como estando na maturidade fisiológica; com textura firme e coloração verde claro, como semimaduro; com textura macia e coloração verde-claro a amarelado, como maduro. Por sua vez, Lopes (2007) classificou a maturação dos frutos de umbuzeiro de um acesso de polpa laranja em quatro estádios: totalmente verdes, com quebra da coloração verde (breacker), início da pigmentação amarela e predominância da coloração amarela.

Finalmente, Campos (2007) propôs seis estádios para o que denominou de amadurecimento do umbu. No primeiro, denominado 1FTV-F, o fruto se apresenta com coloração totalmente verde e endocarpo em formação. Esta condição ainda se refere à fase de desenvolvimento do fruto e não exatamente à maturidade fisiológica. Em sequência, o estágio 2FTV-D, caracterizado como maturidade fisiológica, em que os frutos se apresentam com coloração totalmente verde, mas com endocarpo firme. No estágio seguinte (3FTV-In), o fruto ainda está verde, com início da mudança de pigmentação, correspondendo ao que se denomina popularmente de "inchado". Quando a cor da casca é predominantemente amarela, tem-se o fruto caracteristicamente maduro (estádio 4FPA-M-1). Os frutos com casca totalmente amarela ainda estão maduros e foram denominados de 5FTA-M-2. A partir daí, o fruto totalmente amarelo, mas em sobrematuração, foram denominados como 6FTA-P.

Independentemente das denominações adotadas, a proposta é delimitar alterações da maturação que deem suporte à identificação do ponto de colheita, considerando o tempo necessário para disponibilizar o fruto à venda no mercado regional. Essas alterações envolvem componentes físicos e químicos.

Entre as características físicas de qualidade, a massa e o diâmetro transversal são muito importantes comercialmente e variam de forma linear em função do estágio de maturação. As proporções de epicarpo e endocarpo, porém, tendem a diminuir com o avanço da maturação (COSTA et al., 2004).

No fruto maduro, Narain et al. (1992) observaram percentagens de polpa, casca e semente de 57,8%; 21,0% e 21,3%; próximos aos 55%, 25% e 19%, respectivamente, apresentados por Santos (1997). Dantas Júnior (2008), por sua vez, estudando características de qualidade de umbus coletados do Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro da Embrapa Semiárido e de área de estudo de progênies, observou percentagem de polpa desde 56,5% a 84,6%, em 32 genótipos. Mais recentemente, Gondim (2012), avaliando frutos de 24 genótipos de umbuzeiro, reportou percentagem de semente variando de 11,5% a 19,6% e percentagem de polpa desde 54,5% a 70,9%, valores coerentes com a faixa observada por Dantas Júnior (2008).

De acordo com Costa et al. (2004), no estágio de maturidade fisiológica são observados os menores valores para a percentagem de semente, caroço ou endocarpo, tornando-o mais interessante para o rendimento de polpa. Entretanto, à medida que a maturação avança, o percentual de cascas diminui nos frutos (DANTAS JÚNIOR, 2008), o que também favorece o rendimento da polpa.

Detalhando características físicas do umbu maduro, Narain et al. (1992) e Almeida et al. (2008) observaram os valores médios apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas do umbu maduro.

Característica	Narain et al. (1992)	Almeida et al. (2008)
Diâmetro do fruto (cm)	2,9	3,1
Massa da semente (g)	3,2	2,6
Massa da polpa (g)	9,1	11,0
Massa da casca (g)	3,1	3,7

Fonte: Almeida et al. (2008).

Adicionalmente, Narain et al. (1992) informaram valores médios de volume (14,04 cm³), densidade (1,10 g cm⁻³), comprimento da semente (1,94 cm), diâmetro da semente (1,30 cm) e espessura da polpa (0,78 cm). Nesse estudo, os autores também destacaram que não são observadas variações significativas nos teores de umidade, gorduras e fibras no umbu.

Padrão respiratório

O umbu apresenta comportamento típico de fruto climatérico, desenvolvendo seu processo de maturação fora da planta quando colhidos na maturidade fisiológica. Entretanto, o desenvolvimento do pico climático depende do estágio de maturação. Para frutos do acesso umbu-laranja colhidos no estágio verde-claro, o pico respiratório, da ordem de 156 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, ocorreu aproximadamente 24 horas após a colheita, sob temperatura de 24 ± 2 °C. Em umbus colhidos no estágio verde-amarelado, o pico respiratório foi de 163 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, detectado aproximadamente 12 horas após a colheita, em acondicionamento a 24 ± 2 °C. Frutos colhidos no estágio amarelo-esverdeado não apresentaram mais pico respiratório, indicando que já se encontravam em maturação avançada (LOPES, 2007).

À semelhança da elevação respiratória, que conduz ao pico climático, o aumento da síntese de etileno durante a maturação determina as

taxas com as quais ocorrem muitas alterações na composição e nas propriedades físicas do umbu. Além disso, estimam a vida útil sob condições específicas de armazenamento.

Informações básicas sobre as taxas respiratórias e de produção de etileno em condições de armazenamento variadas subsidiam a decisão sobre o mercado a se atingir. Porém, não estão amplamente disponíveis para o umbu. Também, ainda não foram realizados estudos para avaliar a resposta desse fruto a diferentes concentrações de etileno, caracterizando sua sensibilidade ao regulador de crescimento e permitindo observar se é possível realizar o seu armazenamento em espaço comum com outros frutos.

Atributos de qualidade e índices de maturidade

As características físicas dos frutos de umbuzeiro, tais como tamanho, consistência, espessura e forma são de grande importância para sua comercialização, manuseio e aceitação por parte dos consumidores. Para estes componentes, há uma quantidade de informação razoável, mas outras características têm sido pouco estudadas. Entretanto, a visão de que existe uma atividade econômica importante em torno de produtos regionais e que eles podem atender nichos de mercado fora da área de origem, por meio do interesse de parte dos consumidores por sabores exóticos e por eventuais propriedades nutricionais que agregam, tem melhorado o aporte de informações para frutos como o umbu.

Massa seca

Apesar da facilidade com que pode ser determinado em laboratório, o teor de massa seca do umbu foi avaliado em poucos estudos. Rufino et al. (2010) registraram que o umbu tem 88% de umidade relativa. Estes teores

são comuns em frutos e respondem, com importância pronunciada, por parte da predisposição a perdas de origem física. Além de ser indicativo de predisposição a esses tipos de perdas, o teor de massa seca também dá suporte a inferências acerca da atividade fisiológica de alguns compostos químicos associados à qualidade.

Firmeza da polpa

A firmeza é uma das características pós-colheita mais importantes. Ela não influencia apenas a palatabilidade, mas, também, os métodos de colheita, manuseio e transporte, a resistência a doenças e a vida útil do fruto (SEYMOUR; GROSS, 1996).

Com a evolução da maturação, os tecidos tendem a perder firmeza. Segundo Almeida et al. (2008), essa é uma das características mais variáveis do umbu, podendo-se observar valores em torno de 4 N até aproximadamente 80 N.

Durante o amadurecimento do fruto na própria planta ou durante o armazenamento, o amaciamento dos tecidos da polpa do umbu é estimulado por aumentos de temperatura (ARAÚJO et al., 2009a). Os fatores que determinam as taxas com que esse evento ocorre ainda não são claramente conhecidos para esse fruto, mas devem estar relacionados às alterações nos teores de água, amido e compostos da parede celular, mencionadas por Chitarra e Chitarra (2005), à semelhança do que ocorre com a maioria dos frutos.

Lopes (1997) observou que o fruto colhido totalmente verde apresenta firmeza média de 26 N, que é reduzida para cerca de 5 N no fruto amarelo-esverdeado. Entretanto, por causa da elevada variabilidade genética, a coloração do fruto pode não estar relacionada com a firmeza da polpa. Porém, pode estar relacionada com outras mudanças típicas do amadurecimento. Desta forma, a firmeza do umbu pode ser utilizada como

um índice de maturidade apropriado, uma vez que, sensorialmente, entre 13 N e 18 N as características de aroma, textura e sabor foram mais bem apreciadas pelos provadores (SCHUNEMANN, 2012).

Coloração e pigmentos

Os pigmentos encontrados no umbu incluem desde clorofilas e carotenoides a antocianinas, em proporções variáveis conforme o estágio de desenvolvimento, a maturação e o genótipo. Os pigmentos verdes (clorofilas) estão presentes desde a formação do fruto e são degradados com o avanço da maturação, quando os carotenoides (pigmentos amarelos ou alaranjados) se tornam predominantes. Os teores observados no estágio que corresponde à maturidade fisiológica variam de $0,8 \mu\text{g g}^{-1}$ a $5,5 \mu\text{g g}^{-1}$, segundo Dantas Júnior et al. (2008), a partir da avaliação de acessos oriundos de várias partes do Nordeste brasileiro e conservados na Embrapa Semiárido.

Embora o umbu não apresente teores de carotenoides tão significativos quanto o cajá (SILVA et al., 2012b), Rufino et al. (2010) e Melo e Andrade (2010) observaram, na polpa do fruto, teores de $10 \mu\text{g}$ de carotenoides totais g^{-1} e de $3,02 \mu\text{g}$ de β -caroteno g^{-1} . Em 24 genótipos de umbuzeiro de ocorrência nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, Gondim (2012), por sua vez, reportou, por meio de cromatografia líquida, conteúdos de carotenoides totais variando entre $1,56 \mu\text{g g}^{-1}$ a $5,02 \mu\text{g g}^{-1}$, observando-se que, deste total, o conteúdo de β -caroteno variou entre $0,07 \mu\text{g g}^{-1}$ a $0,43 \mu\text{g g}^{-1}$.

Em estudos realizados para a caracterização dos teores de antocianinas no umbu, conduzidos por Rufino et al. (2010) e Almeida et al. (2011), foram relatados valores de $0,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ e de $0,46 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. Na casca, esses pigmentos vermelhos a arroxeados estão presentes em alguns genótipos, ocupando porção variada da superfície total.

Sólidos solúveis e açúcares

Na polpa dos frutos, um vasto grupo de compostos químicos que lhes conferem características importantes, inclusive de sabor, encontra-se dissolvido. Esses sólidos solúveis contemplam açúcares, ácidos orgânicos, compostos fenólicos, pigmentos, entre outros. Seus teores sofrem fortes mudanças ao longo de diferentes fases do ciclo de vida dos frutos, sendo determinantes para caracterizar a maturidade da maioria deles.

O aumento no teor de sólidos solúveis é um dos eventos fisiológicos mais diretamente relacionados à maturação. No umbu, esses teores podem aumentar de 9,3% a 10,2%, desde a maturidade fisiológica até o completo amadurecimento, como observado por Narain et al. (1992), ou de 7,0% para 10,0%, como informado por Costa et al. (2004). No umbu-laranja, o incremento é de 8,1%, no fruto totalmente verde, para 9,9%, naquele de coloração amarelo-esverdeado (LOPES, 2007). Porém, novamente, a variabilidade genética naturalmente disponível permite observar frutos maduros com teores de sólidos solúveis variando de 7,5% a 12,5% (DANTAS JÚNIOR, 2008), de 9,4% a 12,7% (GONDIM, 2012) ou de 8,9% a 14,8% (CAMPOS et al., 1999).

Essas variações resultam, numa primeira análise, em desuniformidade das características do produto fresco. Porém, a possibilidade de se identificar plantas que tenham potencial de desenvolver frutos com teores mais elevados de sólidos solúveis e em de uma faixa pré-definida como adequada a determinados mercados pode permitir, com alguma segurança, uma estimativa de oferta de umbus com características superiores.

Sendo os açúcares os constituintes majoritários dos sólidos solúveis, o incremento neste durante a maturação se deve, em parcela representativa, ao aumento na concentração do primeiro. Os teores máximos atingidos podem ser bastante variáveis. Assim, Dantas Júnior (2008) observaram teores de açúcares em frutos de umbuzeiro de diferentes genótipos de

2,96 g 100 g⁻¹ a 9,55 g 100 g⁻¹. Avaliando teores de açúcares solúveis totais e de redutores (correspondentes a glicose e frutose) no estágio de maturidade fisiológica, Narain et al. (1992) observaram que o umbu possui, respectivamente, 3,37 g 100 g⁻¹ e 2,79 g 100 g⁻¹. Quando maduros, os teores de açúcares solúveis totais e redutores alcançaram, em média, 6,63 g 100 g⁻¹ e 5,34 g 100 g⁻¹, nesta ordem.

Outros autores têm reportado que o teor de açúcares redutores representa apenas 40% a 50% do conteúdo dos açúcares do umbu (ALMEIDA, 1999; DIAS et al., 2007; FERREIRA et al., 2000). No estudo realizado por Ferreira et al. (2000), o teor médio de açúcares redutores encontrado na polpa in natura foi de 3,60 g 100 g⁻¹, para glicose, e de não redutores de 2,52 g 100 g⁻¹. Os teores observados por Almeida (1999) para açúcares redutores e solúveis totais em umbus na maturidade fisiológica foram 4,45 g 100 g⁻¹ e 8,37 g 100 g⁻¹. Nos frutos maduros, estes teores foram de 3,64 g 100 g⁻¹ e 7,44 g 100 g⁻¹, na ordem indicada anteriormente. Por sua vez, Gondim (2012) relatou teores de açúcares redutores desde 3,81 g 100 g⁻¹ a 9,26 g 100 g⁻¹, em umbus maduros oriundos do Cariri Paraibano.

Ácidos orgânicos

A degradação de ácidos orgânicos também é um evento que caracteriza o avanço da maturação, na maioria dos frutos. No umbu, segundo Narain et al. (1992), ocorre redução na acidez titulável de valores próximos a 1,35% para 0,95% de ácido cítrico, em frutos avançando da maturidade fisiológica para o estágio maduro. Essa alteração representa aumento de pH de 2,9 a 3,3, respectivamente, para os frutos nos estádios mencionados (NARAIN et al., 1992). Costa et al. (2001) destacaram frutos mais ácidos durante a maturação, com variações de pH de 2,1 a 2,3. Essa restrita variação no pH foi reafirmada nos estudos conduzidos por Costa et al. (2004). No umbu-laranja, fruto de sabor menos ácido, Lopes (2007) observou aumento do pH de 2,5 a 2,7 durante a maturação.

Vale ressaltar que há grande variação na acidez titulável determinada em umbus coletados de distintas microrregiões do Semiárido. Costa et al. (2004) caracterizaram frutos com 1,5% de ácido cítrico, enquanto Dantas Júnior (2008) mencionaram valores de 0,69% a 2,04% de ácido cítrico e Gondim (2012) destaca acidez titulável variando de 0,65% a 1,1% de ácido cítrico, enquanto Lopes (2007) reportou 0,76% no umbu-laranja colhido totalmente verde e 0,36% de ácido cítrico no estádio verde-amarelado.

A acidez titulável (AT) dos frutos é analisada, em geral, considerando-se os teores de sólidos solúveis (SS) presentes. A relação entre essas duas variáveis (SS/AT) tem sido utilizada como índice de maturidade para muitos frutos (KAYS, 1997). Seus valores aumentam com a evolução da maturação, havendo registros na literatura desde 9,8 até 26,6, para umbu (GONDIM, 2012; LOPES, 2007).

Entre os ácidos orgânicos presentes no umbu, o cítrico responde determinadamente pelas características de sabor. Desta forma, sua síntese ou degradação nas rotas metabólicas associadas, por exemplo, ao consumo de energia, influenciam diretamente o sabor dos frutos. Outro ácido de destacada importância para a qualidade dos frutos é o ácido ascórbico (vitamina C). Neste caso, sua atividade vitamínica é o alvo principal, conferindo-lhe importância alimentar, pelo valor nutricional e potencial antioxidante que promove.

Frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro colhidos na maturidade fisiológica podem apresentar teores de ácido ascórbico de 39 mg 100 g⁻¹ a 76 mg 100 g⁻¹ (DANTAS JÚNIOR, 2008). Porém, o teor de ácido ascórbico também varia com a maturação. Campos (2007) observou, nos frutos ainda em desenvolvimento, mas próximo à maturação, teores de ácido ascórbico de 41,9 mg 100 mL⁻¹ de suco. Esse valor decresceu, à medida que o fruto amadurecia, para 8,5 mg 100 mL⁻¹ de suco. Durante a maturação de umbu-laranja, o teor de ácido ascórbico na polpa aumentou de 37,7 mg 100 g⁻¹ (fruto totalmente verde) para 42,5 mg 100 g⁻¹ (fruto amarelo-esverdeado)

(SILVA et al., 2011). Outros teores são relatados, nos frutos maduros, por diferentes autores: 18,4 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (RUFINO et al., 2010), 12,1 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (ALMEIDA et al., 2011), 13,82 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (NARAIN et al., 1992) e 9,38 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (MELO; ANDRADE, 2010). No último caso, os autores trabalharam com frutos adquiridos de locais de venda no varejo. Dependendo das condições de transporte, manuseio e acondicionamento, os frutos já podem ter sofrido grau variado de oxidação da vitamina C.

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos constituem uma das principais classes de metabólitos secundários. São derivados da via do chiquimato e do metabolismo dos fenilpropanoides e possuem funções e estruturas diversas (ROBARDS et al., 1999), sendo encontrados nas plantas em geral e, particularmente, são notórios nos frutos (BUREN, 1970).

As principais substâncias classificadas como fenólicos são: os ácidos cinâmicos e seus derivados, dos quais se destaca o ácido clorogênico; as flavanas; as antocianidinas e antocianinas; os flavonóis e suas formas glicosídicas; os polifenóis condensados, cujos precursores, possivelmente, sejam flavanas; e outros menos comuns, como flavonas, flavononas e isoflavonas (BUREN, 1970). Devem ser destacados também os taninos, substâncias que podem formar ligações de hidrogênio entre grupos fenólicos e sítios receptores de moléculas de colágeno.

Os fenólicos localizam-se principalmente nos vacúolos com pequenas quantidades no espaço livre. Em alguns casos, verifica-se acúmulo de fenólicos do tipo lignina e outras moléculas mais simples, como flavonoides e ésteres do ácido ferúlico, na parede celular (ROBARDS et al., 1999).

Em umbu, têm sido relatados teores de polifenóis, em equivalente de ácido gálico (GAE), de 44,6 mg 100 g⁻¹ de GAE (ALMEIDA et al., 2011)

e 90,4 mg 100 g⁻¹ de GAE (RUFINO et al., 2010). Em 32 genótipos avaliados, Dantas Júnior et al. (2008) observaram valores de 17,98 mg 100 g⁻¹ de GAE a 57,61 mg 100 g⁻¹ de GAE. Por sua vez, Melo e Andrade (2010) relataram teores de fenólicos totais, em equivalente de catequina, de 32,70 mg 100 g⁻¹. Gondim (2012) observou, em 24 genótipos de umbu oriundos do Cariri Paraibano e do Rio Grande do Norte, teores de fenólicos de 8,27 mg 100 g⁻¹ de GAE a 47,1 mg 100 g⁻¹ de GAE, em conformidade com a faixa reportada por Dantas Júnior (2008). Destacando-se os taninos dos demais fenólicos e estudando-os ao longo da maturação, Narain et al. (1992) não observaram variações significativas, registrando-se valor médio de 120 mg 100 g⁻¹. Para o grupo dos flavonoides amarelos, Rufino et al. (2010) quantificaram teores de 6,9 mg 100 g⁻¹, enquanto Dantas Júnior (2008) observaram variações desde 9,47 mg 100 g⁻¹ a 40,22 mg 100 g⁻¹, em frutos colhidos de plantas procedentes de diferentes áreas do Semiárido.

Analisando-se os extratos foliares de umbu por cromatografia líquida de alto desempenho, Silva et al. (2012a) demonstraram alta produção de flavonoides. Os autores destacaram os níveis de rutina (53,38 ± 1,71 mg g⁻¹), quercetina (24,46 ± 0,87 mg g⁻¹) e ácido elágico (169,76 ± 0,17 mg g⁻¹), substâncias com alta atividade antioxidante e antimicrobiana. Utilizando-se o método baseado na captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) por antioxidantes presentes no meio em análise, esses autores observaram atividades antioxidantes em diferentes extratos foliares de umbu e cajá, variando de 0,042 mg mL⁻¹ a 0,558 mg mL⁻¹. Quando o radical disponível no meio de reação passou a ser o 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico - ABTS), a atividade antioxidante determinada nesses extratos variou de 0,089 mg mL⁻¹ a 0,465 mg mL⁻¹ (SILVA et al., 2012a).

É certo que não é possível extrapolar para os frutos teores encontrados nas folhas, que concentram maiores níveis de compostos fenólicos. Assim, Gonçalves (2008) informou que a polpa congelada de umbu possui baixa atividade antioxidante. O mesmo tem sido observado no fruto fresco (GONDIM, 2012). Rufino et al. (2010) também relataram baixa atividade antioxidante nos frutos, utilizando-se diferentes métodos: captura do radical

livre DPPH, captura do radical livre ABTS, FRAP (poder antioxidante da redução do ferro) e co-oxidação do β-caroteno. A capacidade de sequestro do DPPH, por exemplo, é inferior a 60% no umbu (MELO; ANDRADE, 2010).

Em se tratando de frutos frescos, Melo e Andrade (2010) consideraram que, mesmo com teores de fenólicos não tão pronunciados, a capacidade antioxidante do umbu deve estar relacionada a este grupo de compostos, uma vez que não é uma fonte rica de vitamina C nem de carotenoides. Dantas Júnior (2008) já havia destacado a relação direta entre teores de polifenóis extraíveis e a atividade antioxidante em umbu, determinada pelos métodos da captura do radical ABTS e pelo sistema β-caroteno/ácido linoléico. Em seus estudos, o autor observou que o umbu apresenta proteção média de 81,30%, sendo esse valor, apesar de alto, inferior ao apresentado pelo Trolox (análogo sintético do tocoferol - vitamina E). Porém, valores superiores podem ser obtidos, alcançando atividade antioxidante média, em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro, de 91,45%, valor próximo à proteção dada pelo Trolox, que está em torno de 96,76% (DANTAS JÚNIOR et al., 2008). Por meio de outros métodos, podem ser observadas respostas diferentes. Assim, Dantas Júnior (2008) consideraram que a atividade antioxidante do umbu determinada pelo método ABTS pode ser classificada como intermediária, observando-se valores de 9,83 μM g⁻¹ de Trolox a 33,96 μM g⁻¹ de Trolox de polpa fresca. Por sua vez, Gondim (2012) avaliou a atividade antioxidante de umbus pelo método ABTS utilizando vitamina C como análogo e obteve valor médio de 0,31 mg g⁻¹ de vitamina C de massa fresca. Almeida et al. (2011) reportaram valores inferiores ao deste estudo (0,18 mg g⁻¹ de vitamina C) em umbus procedentes do Ceará.

De maneira geral, considera-se que a capacidade de sequestro de radicais livres do umbu é fraca. Apesar disso, este fruto poderá contribuir com o aporte de antioxidante dietético necessário à proteção do organismo contra os danos causados pelos radicais livres (MELO; ANDRADE, 2010). Com base nos compostos que apresenta, não dispõe de algum que, individualmente e de maneira direta, possa proporcionar alto potencial antioxidante, o que sugere um sinergismo entre alguns deles.

Vidigal et al. (2011) consideraram que as propriedades de benefício à saúde existentes no umbu permitem a sua exploração como fatores não sensoriais a fim de ampliar a aceitação desses frutos e contribuir para o desenvolvimento econômico de regiões produtoras.

Amido

O amido é a forma de carbono de reserva mais importante nas plantas. Consiste de diferentes polímeros de glicose arranjados numa estrutura cristalina tridimensional. Sua biossíntese envolve tanto a produção de glucanas quanto o seu arranjo no grânulo de amido (MARTIN; SMITH, 1995).

Em muitos frutos, a degradação do amido é um evento característico do amadurecimento (TUCKER, 1993). A velocidade e a extensão da hidrólise nesse período variam entre frutos de diferentes espécies (KAYS, 1997) e envolvem a ação das enzimas α -amilase, β -amilase e amido fosforilase (TUCKER, 1993).

No umbu maduro, o teor de amido difere significativamente dos frutos em estádios iniciais de maturação, podendo ser encontrados teores de 1,28 g 100 g⁻¹ (NARAIN et al., 1992). Em um estudo realizado com umbu-laranja, observou-se que o teor de amido diminuiu com a maturação, de 1,1 g 100 g⁻¹ no fruto totalmente verde, para 0,7 g 100 g⁻¹ no fruto amarelo-esverdeado (LOPES, 2007). Porém, as diferenças genéticas respondem por variações nos teores desde 0,69 g 100 g⁻¹ até 2,04 g 100 g⁻¹ em frutos de maturidade intermediária ou "de vez" (DANTAS JÚNIOR, 2008), e de 0,45 g 100 g⁻¹ a 2,58 g 100 g⁻¹ em frutos colhidos maduros (GONDIM, 2012).

Substâncias pécticas

As pectinas são compostas por ácido D-galacturônico, L-ramnose, L-arabinose e D-galactose. Em menor proporção, os açúcares D-xilose, 2-O-metil-L-fucose, D-apiose e o ácido D-glucórnico também estão presentes.

Estruturalmente, são reconhecidas regiões diferentes na molécula, referidas como ramnogalacturonana I, ramnogalacturonana II, homogalacturonana, arabinanas, galactanas e arabinogalactanas (JOHN; DEY, 1986). Durante o amadurecimento, ocorrem alterações na fração denominada ramnogalacturonana ou pectina ácida, perda de açúcares neutros que constituem as pectinas neutras e aumento na solubilidade dos poliuronídeos, que podem se tornar progressivamente despolimerizados (TUCKER, 1993).

Em umbu, os teores de substâncias pécticas diminuem ao longo da maturação até aproximadamente 1,0 g 100 g⁻¹ (DANTAS JÚNIOR, 2008; NARAIN et al., 1992). Dias et al. (2007), trabalhando com umbus maduros, verificaram teor de pectina total de 0,38 g 100 g⁻¹, apenas.

O aumento na proporção de pectinas solúveis é um dos fenômenos mais observados durante o amadurecimento dos frutos. Ele está diretamente associado ao amaciamento e pode explicar as diferenças de seletividade entre paredes celulares jovens e maduras (KAYS, 1997). Em umbu, Dantas Júnior et al. (2008) destacaram que a proporção de pectina solúvel em relação à total, independente do genótipo, corresponde, em média, a apenas 9,23%.

Compostos voláteis

Uma diversidade de compostos voláteis é sintetizada durante o amadurecimento do umbu, resultando em aroma característico no fruto maduro. Essa síntese foi objeto de estudos realizados com o objetivo de caracterizar, por meio de diferentes técnicas, a natureza e a variedade destes compostos.

Em frutos colhidos em estágio intermediário de maturação, quando a casca se apresenta verde-amarelada, Narain et al. (2007) detectaram 67 compostos voláteis, sendo os principais identificados como β -cariofileno (22,2%), 2-metil butanal (19,3%), 2-hexanol (18,6%), etil butirato (7,6%) e α -cariofileno (3,9%). Em frutos maduros, exibindo caracteristicamente

coloração amarelo-esverdeada, foram identificados 70 compostos. Os máis proeminentes quantitativamente foram: 2-metil butanal (28,4%), 2-hexanol (15,0%) e β -cariofileno (14,1%), etil butirato (6,1%) e β -cariofileno (2,4%). Os autores destacaram que há notável distinção quantitativa nos analitos predominantes, como β -cariofileno e 2-hexanol, que estão presentes em maiores níveis nos frutos em estágio intermediário de maturação, enquanto 2-metil butanal, conhecido por apresentar aroma de fruto pungente, aumentou com a maturação.

Utilizando a técnica de extração e destilação simultâneas e analisando-se os extratos por cromatografia gasosa (GC) acoplada a espectrometria de massa (GC/MS), Galvão et al. (2010a) detectaram 148 e 159 compostos voláteis em umbus avaliados em estágio intermediário de maturação e maduros, respectivamente. Os principais compostos voláteis presentes foram limoneno, 1-heptanol, 2-pentanol, 3-hexanol, 1-nonanol, 2-octanol, 2-nonanol, 2,2-dimetil 4-octenal, 3-metiletil 2-butanoato, butil benzoato, 3-alil ciclohexeno, 2-acetil furano, 1-penten-3-ona, 3-hexanona, 5-metil furfural, 2-hexil furano, β -cariofileno e metil-pirazina (GALVÃO et al., 2010a). Essa composição é bastante semelhante à encontrada em cajá-umbu e outras espécies do gênero *Spondias* (BICAS et al., 2011).

Em trabalho posterior do mesmo grupo que caracterizou os voláteis em frutos em dois estádios de maturação, utilizando-se a técnica GC-Olfatometria, outros compostos foram identificados em umbus maduros, como: 4-metil-3-penten-2-ona, etil benzeno, 2-acetil tiazona e p-xileno (GALVÃO et al., 2011). Os autores relataram que há notável aumento nos teores de compostos terpênicos nos frutos maduros comparados àqueles colhidos em estágio de maturação em que a casca se encontra verde-amarelada.

Um total de 37 compostos voláteis foi observado com atributos característicos do aroma em umbu. Os principais deles e que podem ser responsáveis pelo aroma característico da polpa do

fruto foram β -cis-ocimeno, metil pirazina, 2-butil-tiofeno, metil octanoato, 2-hexil furano, 2-octanol, (E)-2-ciclohexen-1-ona, 3-bromo-ciclohexeno, 1-heptanol, 2-nonanol e 1-octanol (GALVÃO et al., 2011).

Minerais

Apesar da existência de poucos estudos sobre o assunto, as variações nos teores de minerais também refletem as mudanças fisiológicas e estruturais que caracterizam a maturação do umbu. A partir dos trabalhos conduzidos por Narain et al. (1992), constatou-se que os teores de cálcio, ferro e cinzas não variaram com o avanço da maturação, entretanto, a redução nos níveis de fósforo caracteriza essa fase fenológica do fruto. Vidigal et al. (2011) destacaram o umbu como uma boa fonte dos três nutrientes minerais (cálcio, ferro e fósforo).

Práticas para a colheita e pós-colheita

Colheita

O período de safra do umbu corresponde a poucos meses do ano. É regulado pela disponibilidade hídrica e se restringe, em geral, ao período de dezembro a março (MAIA et al., 1998). Nesta ocasião, os agricultores, que sobrevivem da agricultura em regime de dependência das chuvas, comercializam o fruto, como atividade extrativista, nas feiras livres das cidades vizinhas ou mesmo à beira das estradas.

Da floração até a colheita dos frutos em estágio correspondente à maturidade fisiológica (coloração da casca verde-claro e início de amaciamento), o ciclo é de aproximadamente 91 dias (Figura 1a). Mais 27 dias, em média, são necessários para que os frutos completem o amadurecimento

na planta, exibindo coloração totalmente amarela (Figura 1b) e em vias de ocorrer a abscisão (CAMPOS, 2007).



Figura 1. Aspecto do umbu na maturidade fisiológica (A) e maduro (B).

O momento ideal para a colheita corresponde à maturidade fisiológica, uma vez que permite o manuseio, acondicionamento, armazenamento e transporte dos frutos com menor risco de danos. Nesse estágio de maturação, os frutos têm, em geral, teor de sólidos solúveis de 7% e acidez titulável correspondente a 2,0%–2,7% ácido cítrico (COSTA et al., 2001; LOPES, 2007; SCHUNEMANN, 2012). Deve-se atentar, porém, para as variações naturais, comuns a um produto extrativista e cujas plantas não são submetidas a nenhum manejo de produção de frutos.

Finalmente, o destino do fruto, se para consumo fresco ou para indústria, tem importância relevante na decisão de quando realizar a colheita. Quando destinado ao mercado de frutos frescos, os umbus devem ser colhidos próximo à maturidade fisiológica e nas horas do dia de temperaturas mais amenas, buscando-se minimizar os impactos e os danos físicos de modo que a qualidade seja mantida e que se obtenha a máxima vida útil pós-colheita. Sendo destinados para a indústria, a colheita é feita quanto os frutos já estão maduros.

Manejo e tecnologia pós-colheita

A literatura científica dispõe de alguns estudos sobre a caracterização de umbus de diferentes procedências do Nordeste brasileiro (GALDINO et al., 2005; RIBEIRO et al., 2005). Estudos realizados pela Embrapa Semiárido destacaram a variabilidade genética, no que se refere principalmente a dimensões, formato e massa, de materiais oriundos dos diferentes estados do Nordeste (ARAÚJO et al., 2000; SANTOS et al., 1999, 2008).

No entanto, o conhecimento acerca da conservação pós-colheita de umbu é bastante limitado. Ao mesmo tempo, é estratégico para a ampliação da oferta desses frutos e a redução de perdas decorrentes do rápido avanço do amadurecimento após a colheita (ARAÚJO et al., 2009a; POLICARPO et al., 2007).

Nesta área, é importante o estudo de técnicas simples e viáveis que podem ter uso imediato. Considerando-se esses aspectos, a refrigeração tem sido um dos métodos de conservação mais eficientes. Porém, quando se reporta a um produto de exploração extrativista, o custo de implantação de uma unidade de refrigeração representa um considerável investimento. Para se tornar viável, deve ser entendido como produto de uma ação cooperativa, que permitiria ampliar a oferta de umbu e reduzir perdas decorrentes do rápido avanço do amadurecimento após a colheita. Por meio da refrigeração, é possível atrasar a velocidade dos eventos fisiológicos que conduzem ao amadurecimento e posterior senescência (LIMA et al., 2010).

Além da refrigeração, outras técnicas podem ser implementadas a fim de assegurar a qualidade do fruto. O uso de filmes poliméricos e de soluções com função de recobrimento, formando uma película superficial, pode interferir no metabolismo respiratório dos frutos e nos mecanismos físicos de transferência de vapor de água. Com isso, pode-se estender sua vida útil e ou preservar a aparência dos mesmos por mais tempo.

O conhecimento acerca da evolução dos componentes químicos relacionados à qualidade do umbu bem como da sua resposta a tratamentos pós-colheita é necessário para a exploração mais racional, o que poderia incrementar a participação desta atividade na geração de renda para os agricultores do Semiárido.

Manejo da temperatura

Segundo Maia et al. (1998), o umbu colhido, se mantido sob condições de temperatura ambiente, tem vida útil limitada a 2 ou 3 dias. Essa característica representa um desafio para uma comercialização racional, que tenha como princípio básico a redução de perdas para melhor aproveitamento do produto. Por conseguinte, faz-se necessária a adoção de técnicas ou métodos que promovam maior vida útil ao umbu e que sejam acessíveis aos agricultores nos tradicionais moldes de comercialização.

O emprego da refrigeração é considerado fundamental para estender a vida útil de frutos muito perecíveis. Campos (2007) avaliaram a vida útil de umbus colhidos na maturidade fisiológica e armazenados em temperatura ambiente, variando de 23 °C a 29 °C e com umidade relativa (UR) de 45% a 80%, e sob refrigeração, a 12 °C e 82% UR. Nestas condições, a vida útil dos frutos foi de 6 dias, em temperatura ambiente, e 14 dias, sob refrigeração.

O armazenamento a temperatura de 12 °C e 95% de UR também foi estudado por Vieira et al. (2011a), em umbus colhidos em três estádios de maturação: maturidade fisiológica (coloração tornando-se verde-clara), coloração verde-amarelada e coloração predominantemente amarela. Nesta condição, observou-se tendência de aumento do teor de açúcares com o avanço do período de armazenamento e os frutos colhidos em estádio correspondente à coloração da casca predominantemente amarela apresentaram os maiores teores de açúcares redutores. O estudo indicou que a refrigeração manteve o conteúdo de açúcares quase constante durante o armazenamento (VIEIRA et al., 2011a). Essa mesma resposta, segundo os

autores, é observada a 8 °C. Nessa temperatura, observa-se, ainda, menor perda de massa dos frutos, pouca variação dos teores de sólidos solúveis e decréscimo do teor de ácido ascórbico (VIEIRA et al., 2011b).

Comparando-se as temperaturas de armazenamento de 8 °C e 12 °C, observou-se que o fruto em estádio com predominância de coloração amarela apresentou-se aceitável ao consumidor por aproximadamente 8 dias. Para os outros dois estádios de maturação avaliados, esse período foi menor (VIEIRA et al., 2011a, 2011b).

Deve-se atentar para o fato de que frutos em estádios de maturação mais avançados podem ser armazenados a temperaturas menores, porém, não se pode esperar uma vida útil prolongada, visto que já apresentou mudanças fisiológicas importantes que o aproximaram da fase de senescência. Desta forma, o armazenamento em estádios iniciais de maturação cria a expectativa de maior conservação pós-colheita, desde que se observe a temperatura mínima que não cause dano por frio.

Galvão et al. (2010b) compararam a vida útil de umbus colhidos em estádio intermediário de maturação e maduros após armazenamento a 27±2 °C e 60–75% UR (ambiente) e a 9±2 °C e 40–60% UR. Os frutos colhidos em estádio intermediário de maturação puderam ser armazenados durante 10 dias, sob refrigeração, sem apresentar sinais de senescência, enquanto os maduros somente puderam ser mantidos por 6 dias. Os frutos colhidos em estádio intermediário de maturação também apresentaram alta relação sólidos solúveis/acidez titulável, a 9 °C, o que os tornou mais apreciados pelos consumidores (GALVÃO et al., 2010b).

Para a conservação dos frutos frescos, Almeida (1999) sugere o armazenamento de umbus maduros sob refrigeração a 5 °C. Nesta condição, podem ser armazenados por até 15 dias. Caso os frutos sejam colhidos na maturidade fisiológica, poderão ser armazenados sob refrigeração a 10 °C por até 30 dias. Neste período, a temperatura altera as taxas que levam à senescência do fruto e inibe parcialmente a atividade dos microrganismos.

Avaliando a conservação pós-colheita de umbus colhidos na maturidade fisiológica, Silva et al. (2009) estudaram as respostas do fruto ao armazenamento sob três condições: $25,1 \pm 2,1$ °C e $38 \pm 6\%$ UR; $14,1 \pm 2,6$ °C e $74 \pm 11\%$ UR; e $11,2 \pm 2,1$ °C e $73 \pm 11\%$ UR. Sob essas condições, a perda de massa do umbu aumentou ao longo do tempo, alcançando 18,01% a 25 °C. A perda de massa dos frutos foi menor a 14 °C e 11 °C, sendo, no máximo, de 9,62% e 10,04%, respectivamente. Segundo Araújo et al. (2009a), a perda de massa é intensificada se ocorrer aumento da temperatura de armazenamento.

Em frutos colhidos na maturidade fisiológica e armazenados a 11 °C também se observou retenção da firmeza (SILVA et al., 2009). Sob a temperatura de 25 °C houve amaciamento do fruto já a partir do décimo dia de armazenamento. Os autores ressaltaram que, no 13º dia sob 14 °C, a firmeza era maior do que aquela observada no fruto no quarto dia de armazenamento a 25 °C. No 13º dia, nos frutos armazenados a 25 °C, também se verificou o amarelecimento da casca. Porém, nessa ocasião, os frutos já se apresentavam murchos.

A 14 °C, a cor da casca do umbu sofre poucas variações, mantendo-se verde-clara durante 13 dias. Essa coloração também foi mantida nos frutos acondicionados a 11 °C. Entretanto, nessa temperatura foram observadas manchas escuras, em forma de pontuações superficiais na casca, causadas pelo frio, comprometendo a aparência externa e prejudicando a comercialização (SILVA et al., 2009).

Considerando a melhor resposta ao armazenamento a 14 °C, Araújo et al. (2009a) avaliaram a vida útil de umbu sob esta temperatura seguido de acondicionamento em temperatura ambiente. A vida útil possível sob esta condição foi de 19 dias em ambiente refrigerado, devendo ser consumido até o terceiro dia de acondicionamento a temperaturas próximas de 25 °C. Os fatores que limitaram a extensão desse período foram a perda de

massa, que repercutiu diretamente na aparência, e as variações na acidez titulável (ARAÚJO et al., 2009a).

Em síntese, a situação desejável corresponde ao resfriamento, em menor tempo possível, para a temperatura que reduza a atividade metabólica do fruto sem causar dano por frio, e à manutenção da cadeia de frio durante todas as etapas de distribuição. A interrupção da refrigeração, além de acelerar o metabolismo, permite a condensação do vapor d'água em torno do fruto, tornando a superfície vulnerável ao crescimento microbiano.

Danos pelo frio

O armazenamento refrigerado é uma das ferramentas mais importantes utilizadas no prolongamento da vida útil pós-colheita de frutos e hortaliças. Entretanto, frutos tropicais e subtropicais são geralmente sensíveis ao distúrbio fisiológico denominado *chilling injury* ou dano pelo frio, quando mantidos a temperaturas abaixo de certo limite crítico, acima da temperatura de congelamento, resultando em perdas pós-colheita quantitativas e qualitativas.

O controle do amadurecimento de um fruto a baixas temperaturas exige o conhecimento dos processos metabólicos característicos na época da colheita, bem como das respostas indesejáveis quando é armazenado sob temperaturas críticas, suscetíveis a dano pelo frio, que resultam em alterações das características físicas e físico-químicas. Além da temperatura, o tempo de exposição é determinante no desenvolvimento desse dano (WANG, 1994).

A incidência de dano pelo frio provoca o enfraquecimento dos tecidos, tornando-os incapazes de desenvolver, normalmente, os processos metabólicos, o que é geralmente atribuído à alteração da permeabilidade das membranas celulares (LEVITT, 1980). Os sintomas associados com a ocorrência de dano pelo frio usualmente tornam-se aparentes somente após a transferência do produto para temperaturas mais elevadas (WANG, 1994).

No entanto, os tipos, graus e suscetibilidade desses sintomas são variáveis entre tecidos e espécies (LEVITT, 1980). Os sintomas mais comumente reportados para frutos são a inibição no desenvolvimento e/ou modificação das cores externa e interna dos tecidos, manchas escuras aprofundadas na casca, exsudação, amadurecimento irregular, modificação na textura e no sabor, aumento da incidência de infestação microbiana e aumento da taxa de deterioração (WANG, 1994).

No caso do umbu, danos pelo frio têm sido observados a temperaturas de 5 °C a 11 °C, dependendo do estágio de maturação em que o fruto foi colhido e do tempo de exposição à temperatura. Ainda são necessários estudos mais detalhados a fim de caracterizar os danos relacionados a temperaturas e estágios de maturação específicos em umbu. A referência mais próxima e com informações disponíveis é do estudo realizado por Martins et al. (2003) com outra espécie do gênero *Spondias*, a ceriguela. Para esta, danos pelo frio foram observados em frutos colhidos no estágio de coloração predominantemente amarela, quando estiveram expostos durante 5 dias a 9 °C. As ceriguelas no estágio de coloração verde-clara apresentaram sintomas irreversíveis de dano pelo frio a 14,5 °C, após 3 dias. Desta forma, a temperatura ideal de armazenamento, aquela que potencialmente prolongue a conservação pós-colheita sem promover danos fisiológicos nos frutos, é muito variável (LEVITT, 1980). Ainda, a espécie, a cultivar e o estágio de maturação são fatores que interferem nesta variação (WANG, 1994).

Danos físicos

Cuidados com o manuseio e o transporte reduzem ou mesmo eliminam a ocorrência de injúrias. Danos mecânicos decorrentes de queda, vibração, fricção ou compressão resultam em escurecimento da casca ou, quando envolve maior impacto, em rompimento. Estas alterações depreciam o fruto, podendo acelerar a maturação e facilitar a infecção por microrganismos. O manuseio descuidado assim como o empilhamento de frutos em recipientes de transporte ou embalagens inadequados aumenta,

também, a perda de água, podendo afetar significativamente a qualidade textural e a aparência durante o período pós-colheita.

Perda de massa

Após a colheita, alterações na massa dos frutos decorrem, principalmente, da perda de água. Elas são estimuladas por condições inapropriadas de manuseio, armazenamento e exposição do fruto. Suas principais implicações são perda de brilho e de elasticidade da casca, enrugamento e alteração do sabor.

Algumas medidas podem ser tomadas para preveni-las, incluindo o acondicionamento em ambiente com alta umidade relativa e temperatura amena, a observação da necessidade de ventilação do ambiente, o uso de embalagem que proporcione troca de gases e vapor de água compatível com as taxas respiratórias bem como o manuseio cuidadoso, que preserve a integridade física do fruto.

Após a colheita, a perda de massa do umbu aumenta de maneira gradativa, mas é fortemente reduzida por meio do uso de filmes plásticos. É influenciada também pelo estágio de maturação de forma que, nos frutos maduros, a perda de massa é maior, comparada à daqueles no estágio "de vez". A partir dessa resposta, têm-se um indicativo do estágio de maturação de maior aptidão para o armazenamento (LOPES, 2007; MOURA et al., 2013).

Modificação da atmosfera

A utilização de técnicas adequadas de conservação pós-colheita para o umbu pode promover o desenvolvimento do comércio local, trazendo maiores oportunidades às populações envolvidas na atividade e reduzir as dificuldades inerentes à sazonalidade do fruto. Algumas delas podem ser associadas à refrigeração, como o uso de filmes poliméricos e de revestimentos ou recobrimentos.

A conservação em condições de atmosfera modificada (AM) passiva, por meio do uso de materiais como filmes poliméricos, pode induzir ao retardo do amadurecimento por causa da redução da taxa de respiração e de produção de etileno associado à desaceleração de diversas alterações metabólicas resultantes da degeneração pós-colheita (LANA; FINGER, 2000).

O emprego de AM por meio de filmes flexíveis tem se mostrado eficiente na conservação pós-colheita de frutos do umbuzeiro (LIMA et al., 2010; LOPES, 2007; MOURA et al., 2013). Lima et al. (2010) destacaram a eficiente limitação da perda de água resultante do acondicionamento de umbus colhidos na maturidade fisiológica em bandejas de poliestireno expandido com filme plástico de cloreto de polivinila (PVC), quando mantidos sob armazenamento a $14,1 \pm 0,6$ °C e $88 \pm 1,6\%$ UR. Porém, em virtude, provavelmente, da inadequada permeabilidade do filme utilizado a gases e a vapor de água, os frutos perderam 71% da firmeza inicial, aos 7 dias de armazenamento. Nos frutos que não foram acondicionados em PVC e no mesmo período, essa queda foi de 46%. Ao 19º dia de armazenamento, os frutos cobertos com o filme de PVC não apresentavam qualquer resistência ao toque, indicando precocidade de senescência. Observou-se também o aparecimento de fungos à medida que evoluía o amaciamento. Desta forma, há necessidade de mais estudos sobre a taxa respiratória do umbu após a colheita, assim como a sua interação com os gases presentes na atmosfera gerada ao seu redor, além de outros processos que afetam a fisiologia desse fruto.

Lopes (2007) reportou que o uso de AM por filme de PVC de 12 µm associado ao armazenamento a 10 °C preservaram a qualidade dos umbus colhidos nos estádios de maturação totalmente verde, verde-claro e verde-amarelado. Os frutos mantiveram a firmeza e apresentaram menor perda de massa e melhor aparência. Entretanto, a influência da AM na manutenção da qualidade foi melhor para umbus do estágio verde-claro. Nestes, a qualidade comercial foi mantida por 15 dias, correspondendo a um aumento em 10 dias da vida útil, comparado ao fruto colhido no estágio

amarelo-esverdeado. Nos frutos nos estádios verde-claro e verde-amarelado, o uso de AM associada à refrigeração manteve os teores de sólidos solúveis, de ácido ascórbico e a acidez titulável.

Para umbus armazenados a 25 °C com filme de PVC de 14 µm, o emprego da AM foi determinante na manutenção da qualidade, reduzindo a perda de massa, mantendo a aparência atrativa, permitindo a evolução da coloração para a amarela mais intensa e proporcionando incremento em 2 e 1 dia na vida útil aos frutos colhidos nos estádios verde e verde-maduro, respectivamente (MOURA et al., 2013).

As diferenças em perda de massa observada em frutos mantidos em AM por filme de PVC são decorrentes, principalmente, da barreira física à perda de água por transpiração, podendo também ser atribuída à redução da concentração de oxigênio e acúmulo de CO₂ no interior das embalagens, com consequente redução da taxa de respiração dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; RAJU et al., 2011).

Frente aos desafios da sustentabilidade, tem se buscado utilizar embalagens que produzam a menor quantidade de resíduos e que causem menor impacto ambiental. Neste sentido, os recobrimentos solúveis também têm se tornado alternativa para frutos como o umbu. Eles são utilizados para prolongar a vida útil e melhorar a aparência, podendo retardar a perda de água, o amadurecimento e a deterioração (BALDWIN et al., 1995). A maioria dos produtos usados comercialmente para este fim consiste em formulações que contêm misturas de ceras derivadas de plantas e/ou derivados do petróleo. Muitos são compostos principalmente por parafina, que promove reduzida perda de massa, mas é pouco eficiente em promover o brilho superficial, e por cera de carnaúba, que resulta numa superfície mais brilhante, porém, menos eficiente no controle da perda de umidade e de microrganismos. Além destes, formulações contendo polietileno, materiais resinosos, açúcares e seus derivados, quitosanas e agentes emulsificantes e

umidificantes também podem ser usadas como recobrimentos para frutos (AMARANTE et al., 2001).

A atmosfera criada por estes materiais pode alterar as respostas dos produtos às condições ambientais, tais como temperatura e umidade, por causa do efeito combinado da respiração do fruto e da barreira física ao fluxo normal de oxigênio e gás carbônico no tecido (BALDWIN et al., 1995). Entretanto, os recobrimentos biodegradáveis, assim como os filmes poliméricos, que são usados com finalidade semelhante, podem, indiretamente, induzir alterações de sabor e odor em decorrência da interrupção da maturação resultante da respiração anaeróbica e do aumento da concentração de etanol. Contudo, efeitos benéficos, como melhoria da aparência, redução de perda de massa e extensão da vida útil, têm sido relatados (SAÑUDO et al., 2001). Para isso, faz-se necessário verificar que material ou composição é mais adequado ao metabolismo do fruto que se pretende conservar.

No caso do umbu, a aplicação de recobrimento à base de carboximetilcelulose (CMC) e dextrina reduziu a perda de massa até o 22º dia de armazenamento, dos quais 20 dias foram a $14,1 \pm 0,6$ °C e $88 \pm 1,6$ % UR e os 2 dias seguintes sob temperatura ambiente ($23,3 \pm 2,9$ °C e $48 \pm 7,1$ %UR). Mas, ao 24º dia, o tratamento contendo apenas dextrina a 1,0% mostrou-se mais efetivo na redução da perda de massa, sugerindo seu uso para períodos mais prolongados de armazenamento (ARAÚJO et al., 2009b). Além da perda de massa, a aplicação de recobrimentos em umbu incrementou o brilho da casca.

Recomendações

Por causa do caráter estratégico do umbuzeiro para o Semiárido, esforços das instituições de ensino, pesquisa e extensão, bem como dos órgãos de fomento, devem ser direcionados com o objetivo de propor modelos organizados de uso e valoração da espécie.

Ações de seleção de genótipos promissores com aptidão para o mercado de fruto fresco e para a indústria, de estabelecimento de métodos de propagação que permitam precocidade de produção, de domesticação e de manejo da planta são necessárias, podendo gerar resultados de alto impacto social. Paralelamente, também se faz necessário estudar a fisiologia do fruto e estabelecer índices de maturidade, padrões de identidade, bem como descrever aspectos aprofundados da qualidade, tanto para os frutos frescos como para seus produtos e subprodutos, a exemplo das moléculas com propriedade funcionais e suas contribuições para a atividade antioxidante. Paralelamente, também, deve-se atentar para o desenvolvimento de tecnologias de conservação pós-colheita acessíveis ao pequeno produtor, utilizando recobrimentos à base de matérias-primas locais, bem como o desenvolvimento de produtos e a transferência dessas tecnologias para os seus usuários diretos.

Perspectivas

Com a limitada disponibilidade de informações técnico-científicas específicas para o umbu, várias lacunas permanecem abertas em relação à conservação pós-colheita. Os estudos sobre a qualidade dos frutos avançaram, embora informações mais detalhadas acerca, por exemplo, dos mecanismos enzimáticos que promovem determinadas mudanças nas características físicas e químicas permanecem como demandas científicas.

Reconhece-se que os desafios de disponibilizar frutos de qualidade a diferentes mercados se ampliam quando se refere a um sistema extrativista e com pouca inserção tecnológica, como o que envolve o umbu. Porém, a associação comunitária tem promovido o acesso a alguns mercados importantes. Abre-se também a oportunidade de valorização de um produto regional, com forte componente cultural e econômico, a partir da contribuição que representa para a renda do agricultor familiar de áreas dependentes de chuva do Semiárido. Neste campo, o investimento em estruturas

coletivas de armazenamento e no desenvolvimento de embalagens de baixo custo e eficazes no controle dos eventos fisiológicos pós-colheita, bem como a análise da viabilidade de inserir estratégias de proteção e valoração comercial, por meio de marcas coletivas ou de indicação geográfica, por exemplo, poderão contribuir efetivamente para o crescimento da demanda pelo fruto. Este crescimento, para ser efetivo, deve vir atrelado à adoção de técnicas de manejo de produção que permitam planejar, com algum grau de certeza, o volume disponível para comercialização.

Referências

- ALMEIDA, M. M. de. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): Alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação**. 1999. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- ALMEIDA, A. da S.; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S.; SOARES, D. J.; FREITAS, S. P. de A. F. Características físicas de frutos de plantas nativas de umbuzeiro oriundos do Semi-Árido piauiense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL AGRICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Livro de resumos**. Vitória: Incaper, 2008. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M. de; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M. DO; MAGALHÃES, C. E. de C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. de. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Great Britain, v. 44, n. 7, p. 2.155-2.159. 2011.
- AMARANTE, C.; BANKS, N.; GANESH, S. Effects of coating concentration, ripening stage, water status and fruit temperature on pear susceptibility at friction discolouration. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 283-290, 2001.
- ARAÚJO, A. A. de; LIMA, M. A. C. de; SILVA, R. P. da; TRINDADE, D. C. G. da; OLIVEIRA, A. B. de. Utilização de revestimentos para conservação pós-colheita de umbu. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009a. p.192-198.
- ARAÚJO, A. A. de; LIMA, M. A. C. de; SANTOS, A. C. N. dos; SILVA, R. P. da; COSTA, A. C. S.; COELHO, E. R. Vida útil de umbu sob armazenamento refrigerado contínuo e seguido de temperatura ambiente. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009b. p.185-191.
- ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; CAVALCANTI, N. de B. **Cultivo do umbuzeiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 24).
- BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.; SHAW, P. E.; BURNS, J. Effect of coating and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees brix and ascorbic acid levels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Columbus, v. 43, n. 5, p. 1321-1331, 1995.
- BICAS, J. L.; MOLINA, G.; DIONÍSIO, A. P.; BARROS, F. F. C.; WAGNER, R.; MARÓSTICA, M. R.; PASTORE, G. M. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, Oxford, v. 44, n. 7, p. 1.843-1.855, 2011.
- BUREN, J. van. Fruit phenolics. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1970, v. 1, p. 269-304.
- CAMPOS, C. de O. **Frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda): características físico-químicas durante seu desenvolvimento e na pós-colheita**. 2007. 113 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu.
- CAMPOS, C. O.; NASCIMENTO, C. E.; SANTOS, C. A. F. **Formação do Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara)**. Juazeiro: Universidade do Estado da Bahia, 1999. 10 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 785 p.
- COSTA, N. P. da; BRUNO, R. de L. A. B.; SOUZA, F. X. de S.; LIMA, E. D. P. de A. Efeito do estágio de maturação do fruto e do tempo de pré-embebição de endocarpos na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arr. Câm.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 738-741, 2001.
- COSTA, F. R. da; RÊGO, E. R. do; RÊGO, M. M. do; NEDER, D. G.; SILVA, S. de M.; SCHUNEMANN, A. P. P. Análise biométrica de frutos de umbuzeiro do semiárido brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 682-690. 2015.
- COSTA, N. P. da; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. de L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 65-71, 2004.
- DANTAS JÚNIOR, O. R. **Qualidade e atividade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro**. 2008. 90 f. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- DANTAS JÚNIOR, O. R.; ALVES, R. E.; SILVA, S. M.; LIMA, M. A. C. de; ARAGÃO, F. A. S. de; SOARES, D. J.; SOUZA, M. C. de; RUFINO, M. S. M. Atividade antioxidante total em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro oriundos de Petrolina, PE. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURAE, 54., 2008, Vitória. **Book of abstracts**. Vitória: ISTH; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 272.
- DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, S. A.; CAVALCANTI, M. B. A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 1., 2007, Natal. **Resumos...** Natal: Associação Norte-Nordeste de Química: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007. 1 CD-ROM.
- FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em

- câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.
- GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; SILVA, R. N. G. da; GALDINO, P. O. Caracterização química de umbu produzidas no comércio local de Campina Grande, PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2005. 1 CD-ROM.
- GALVÃO, M. de S.; NARAIN, N.; CARNELOSSI, M. A. G. Evaluación de la calidad postcosecha de las características físico-químicas y químicas en el fruto de umbu a diferentes condiciones de almacenamiento. **Journal of Food**, Santiago de Compostela, v. 8, n. 2, p. 103-108, 2010a.
- GALVÃO, M. de S.; NARAIN, N.; MADRUGA, M. S.; SANTOS, M. do S. P. dos. Volatile compounds in umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) fruits during maturation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 2010b. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/864/864_68.htm>. Acesso em: 5 maio 2015.
- GALVÃO, M. de S.; NARAIN, N.; SANTOS, M. do S. P. dos; NUNES, M. L. Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. **Food Research International**, Great Britain, v. 44, n. 7, p. 1.919-1.926, 2011.
- GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1985. 446 p.
- GONÇALVES, A. E. de S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e de vitamina C**. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GONDIM, P. J. **Identificação de carotenoides e quantificação de compostos bioativos e atividade antioxidante em frutos do gênero *Spondias***. 2012. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- JONH, M. A.; DEY, P. M. Postharvest changes in fruit cell wall. **Advances in Food Research**, New York, v. 30, n. 1, p. 139-185, 1986.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1997. 532 p.
- LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; EMBRAPA-CNPq, 2000. 34 p.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**: chilling, freezing, and high temperature stresses. 2nd ed. New York: Academic Press, 1980. 497 p.
- LIMA, M. A. C. de; OLIVEIRA, A. B. de; ROSATTI, S. R.; SANTOS, A. C. N. dos; ARAÚJO, A. A. de; SILVA, R. P. da. Armazenamento refrigerado de umbu sob atmosfera modificada com uso de filme de cloreto de polivinila In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** Natal: Emparn, 2010. 1 CD-ROM.

- LOPES, M. F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.
- MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F. de O.; FIGUEIREDO, R. W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpa tropicais**: matérias-primas. Brasília, DF: ACEAS, 1998. v. 2, p. 219-224.
- MARTIN, C.; SMITH, A. M. Starch biosynthesis. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, n. 7, p. 971-985, 1995.
- MARTINS, L. P.; SILVA, S. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 23-26, 2003.
- MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Bioactive compounds and antioxidant potential from the "umbuzeiro" fruits. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.
- MOURA, F. T.; SILVA, S. de M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 764-772, 2013.
- NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. da S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, Oxford, v. 44, n. 4, p. 255-259, 1992.
- NARAIN, N.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, M. S. Volatile compounds captured through purge and trap technique in caja-umbu (*Spondias* sp.) fruits during maturation. **Food Chemistry**, Oxford, n. 102, n. 3, p. 726-731. 2007.
- POLICARPO, V. M. N.; BORGES, S. V.; ENDO, E.; CASTRO, F. T.; ANJOS, V. D.; CAVALCANTI, N. B. Green umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) preserve: physical, chemical and microbiological changes during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, n. 31, n. 2, p. 201-210, 2007.
- RAJU, P. S.; CHAUHAN, O. P.; BAWA, A. S. **Handbook of vegetables and vegetable processing**: postharvest handling systems and storage of vegetables. Iowa: Blackwell Publishing, 2011. 772 p.
- RIBEIRO, J. F.; SOUZA, M. C.; REBOUÇAS NETO, M. de O.; RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E. Caracterização física de frutos de umbuzeiro oriundos da região semi-árida piauiense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2005. 1 CD-ROM.
- ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, Oxford, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.
- RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MACINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Oxford, v. 121, n. 4, p. 996-1.002, 2010.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n.9, p. 923-930, set. 1997.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. de S.; CAMPO, C. de O. Preservação da variabilidade genética e melhoramento do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, p. 104-109, 1999.

SANTOS, C. A. F.; RODRIGUES, M. A.; ZUCCHI, M. I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 1037-1043, 2008.

SAÑUDO, R. B.; BRINGAS-TADEI, E.; OJEDA-CONTRERAS, J. L.; MERCADO-RUIZ, J. N. Uso de diferentes mezclas cerosas para evitar la deshidratacion del raquis en uva de mesa en postcosecha. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Florida, v. 42, p. 119-122, 2001.

SCHUNEMANN, A. P. P. **Qualidade e perfil sensorial de frutas nativas e não tradicionais do Nordeste do Brasil**. [Brasília, DF]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012. Relatório parcial.

SEYMOUR, G. B.; GROSS, K. C. Cell wall disassembly and fruit softening. **Postharvest News and Information**, London, v. 7, n. 3, p. 45-52, 1996.

SILVA, A. Q.; SILVA, H.; OLIVEIRA, B. E. M. Acumulação de matéria seca durante o crescimento de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 14., 1990. Recife. **Anais...** Recife: Sociedade de Botânica do Brasil, 1990. p. 108.

SILVA, R. P. da; LIMA, M. A. C. de; SANTOS, A. C. N. dos; COSTA, A. C. S.; LIMA, C. B. da S. Conservação pós-colheita de umbu sob diferentes temperaturas de armazenamento In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p. 211-217.

SILVA, S. M.; LOPES, M. F.; MENDONÇA, R. M. N.; HOLSCHUH, H. J.; ALVES, R. E.; SILVA, F. V. G. da.; MARTINS, L. M. Quality during maturation of orange-umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) from Paraíba State Semi-Arid, Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 894, p. 231-237, 2011.

SILVA, A. R. A. da; MORAIS, S. M. de; MARQUES, M. M.; OLIVEIRA, D. F. de; BARROS, C. C.; ALMEIDA, R. R. de; VIEIRA, I. G. P.; GUEDES, M. I. F. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of two *Spondias* species from Northeastern Brazil. **Pharmaceutical Biology**, Wageningen, v. 50, n. 6, p. 740-746, 2012a.

SILVA, F. V. G. da; SILVA, S. de M.; SILVA, G. C. da; MENDONÇA, R. M. N.; ALVES, R. E.; DANTAS, A. L. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 645-691, 2012b.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Champman & Hall, 1993. p. 1-51.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A. C. A. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: açai (*Euterpe*

oleracea Mart.), camu-camu (*Myrciaria dubia*), cajá (*Spondias lutea* L.) and umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, Great Britain, v. 44, n. 4, p. 1988-1996, 2011.

VIEIRA, M. M. S.; BEZERRA, J. M.; MEDEIROS, L. L.; SANTOS, A. F. dos; VENCESLAU, W. C. D. Conservação dos frutos do umbuzeiro em três de maturação e sob duas temperaturas de refrigeração. In: SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA DE ALIMENTOS DE POMBAL, 1., 2011. **Resumos...** Universidade Federal de Campina Grande, 2011a. 1 CD-ROM.

VIEIRA, M. M. S.; BEZERRA, J. M.; MEDEIROS, L. L.; SANTOS, A. F. dos; LOPES, M. F. Conteúdo de carboidratos em *Spondias* durante a fase pós-colheita sob refrigeração. In: SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA DE ALIMENTOS DE POMBAL, 1., 2011. **Resumos...** Universidade Federal de Campina Grande, 2011b. 1 CD-ROM.

WANG, C. Y. Chilling injury of tropical horticultural commodities. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 9, p. 986-988, 1994.