



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

FELIPE MOURA PONTES

**MATURAÇÃO, ARMAZENAMENTO E METABOLISMO DA PAREDE CELULAR
DE DIFERENTES VARIEDADES DE MELÕES**

MOSSORÓ

2017

FELIPE MOURA PONTES

**MATURAÇÃO, ARMAZENAMENTO E METABOLISMO DA PAREDE CELULAR
DE DIFERENTES VARIEDADES DE MELÕES**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Pós-colheita

Orientadora:

Prof^a Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Co-orientador:

Prof. Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes

Mossoró-RN

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P814m Pontes, Felipe Moura.
MATURAÇÃO, ARMAZENAMENTO E METABOLISMO DA
PAREDE CELULAR DE DIFERENTES VARIEDADES DE MELÕES
/ Felipe Moura Pontes. - 2017.
88 f. : il.

Orientadora: Patrícia Lígia Dantas de Moraes.
Coorientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2017.

1. Acidulus. 2. Momordica. 3. Firmeza. 4.
Conservação. 5. Pectinases. I. Moraes, Patrícia
Lígia Dantas de, orient. II. Nunes, Glauber
Henrique de Sousa, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FELIPE MOURA PONTES

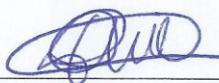
**MATURAÇÃO, ARMAZENAMENTO E METABOLISMO DA PAREDE CELULAR
DE DIFERENTES VARIEDADES DE MELÕES**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
como requisito para obtenção do título de
Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

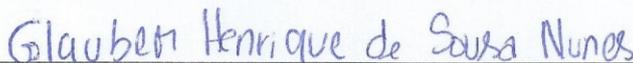
Linha de Pesquisa: Pós-colheita

Defendida em 23 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes – UFERSA
Orientadora



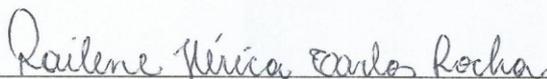
Prof. Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes – UFERSA
Co-orientador



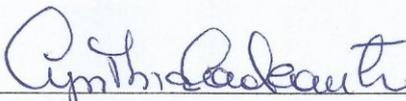
Prof. Dr. Josivan Barbosa Menezes Feitosa – UFERSA
Conselheiro



Prof.ª Dra. Francisca Marta Machado Casado de Araújo – UERN
Conselheira



Prof.ª Dra. Railene Hérica Carlos Rocha – UFCG
Conselheira



Prof.ª Dra. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque – UERN
Conselheira

À minha esposa, por todo o amor correspondido.

Ao meu filho, um presente de Deus.

Ao meu enteado, um querido questionador.

...às razões da minha vida.

Dedico

Aos meus pais, os verdadeiros detentores de minhas conquistas.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força que nos concede para continuar sempre em frente.

À UFERSA, por mais uma oportunidade de ampliar meus conhecimentos.

À CAPES, pelo auxílio financeiro, que permitiu a priorização do curso.

À professora Patrícia Lígia, pela oportunidade, paciência, incentivo e dedicação, orientando e ensinando cada passo dos trabalhos.

Ao professor Glauber Henrique, por oferecer material e conhecimento para a condução deste trabalho.

Aos professores Josivan, Francisca Marta, Railene Hérica e Cyntia, pela participação na banca examinadora e pelas contribuições intelectuais.

Aos meus amigos do laboratório, José Dárcio, Rydley, Maria Clara, Pedro, Ricardo, Terezinha, Paula, Valesca e Iara, pelo apoio com as análises e os conselhos sobre o trabalho.

À Naama Jéssica, que pelo excelente trabalho nos laboratórios, permitiu uma melhor realização das atividades.

Aos parceiros José Maria e Elaine, pela ajuda com a implantação do experimento.

À minha esposa, que mais uma vez, abdicou de muitas coisas e trabalhou comigo sempre que precisei.

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo, não só durante a execução do trabalho e do curso, mas durante toda a minha vida.

Aos funcionários da Horta Experimental da UFERSA, pela ajuda na condução do experimento.

Aos colegas e funcionários da Pós-Graduação, que tornaram agradável o convívio no ambiente de trabalho.

E, a todos os demais que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A firmeza da polpa tem estreita relação com a manutenção da estrutura da parede celular, dessa forma, um maior conhecimento sobre o metabolismo da parede celular é indispensável para análise de aspectos relativos às alterações na textura da polpa. No caso do melão, o estudo da firmeza da polpa é facilitado, uma vez que este apresenta uma elevada variabilidade, cuja amplitude permite observar melhor as diferenças entre fenômenos bioquímicos na parede celular. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento das variedades *acidulus* (acesso 16), *momordica* (acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic), com relação à maturação e armazenamento dos frutos. Para tanto, dois experimentos foram instalados. No primeiro, foram estudadas as transformações que ocorrem durante a maturação dos melões, onde os frutos foram colhidos em 5 estádios de maturação, que foram pré-determinados pela antese floral; tendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado. No segundo, os melões das variedades *acidulus*, *momordica* e *inodorus* foram armazenados em ambiente refrigerado (9 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ de umidade relativa), por até 32 dias e avaliados em períodos determinados para cada variedade, de modo a constituir um delineamento inteiramente casualizado para cada tipo de melão. Em ambos os experimentos os frutos foram avaliados quanto às características físicas e químicas, à atividade das pectinametilesterase, poligalacturonase e betagalactosidase, e conteúdo de pectinas em três níveis de solubilização: solúveis em água, em quelato e carbonato de sódio. O ponto de colheita ideal para os melões foram de 35 dias após a antese para cv. Iracema, 30 dias para cv. Olympic, 30 dias para o acesso 16, e 20 dias para o acesso 2. Durante a maturação foi observada elevada firmeza da polpa do acesso 16, em relação aos demais frutos avaliados, que foi associada à uma baixa atividade da betagalactosidase, bem como a manutenção de elevadas concentrações de pectinas solúveis em quelato e carbonato de sódio. O acesso 2 apresentou uma elevada queda na firmeza, com rompimento do tecido do fruto ao final da maturação; tal acontecimento foi acompanhado da elevação da concentração de pectina solúvel em água e redução das concentrações de pectinas solúveis em quelato e carbonato de sódio, em conjunto com uma elevação da atividade das pectinases ao final da maturação. O acesso 16 e o melão amarelo (cv. Iracema) possuem potencial de armazenamento de 30 dias, em condições refrigeradas. O acesso 2, nas mesmas condições, teve vida útil pós-colheita de 10 dias. A perda da firmeza dos melões estudados está associada à atividade da enzima Beta-gal, e à redução das frações de pectina, solúveis em quelato e carbonato. O acesso 16 teve elevada vida útil, com manutenção da firmeza da polpa até 32 dias, mantendo elevados níveis de pectina, solúveis em quelato e carbonato de sódio, devido à baixa atividade das pectinases. Os frutos do acesso 2 apresentaram uma queda elevada na firmeza da polpa, fato que deteriorou a aparência interna do fruto. Tanto a atividade das pectinases quanto a dissolução das pectinas contribuíram para o ocorrido.

Palavras-chave: *Acidulus*; *Momordica*; Firmeza; Conservação; Pectinases; *Cucumis melo*.

MATURATION, STORAGE AND CELL WALL METABOLISM OF DIFFERENT MELON VARIETIES

ABSTRACT

Fruit flesh firmness has a close relation with the cell wall compounds, thus, a higher knowledge about the metabolism of such compounds is indispensable to aspects related to flesh texture change. In the case of melon, the study of flesh firmness is facilitated since it has a great variability, whose amplitude allows a better observation of differences between biochemistry phenomena of cell wall. For that reason, the present work aimed to evaluate the comportment of the varieties *acidulus* (access 16), *momordica* (access 2), *inodorus* (cv. Iracema) and *cantalupensis* (cv. Olympic), related to maturation and storage of the fruits. Therefore, two experiments were installed. At first one, about maturation, fruits were obtained from determined harvest times by flower anthesis, and a completely randomized design for each mentioned variety was set. In the second one, melons of *acidulus*, *momordica* and *inodorus* varieties were stored in cooler with humidity control (9 ± 1 °C e $85\pm 5\%$), and evaluated from fruit samples randomly picked, on a determined time according to each variety durability. For both experiments, fruits were evaluated to physical and chemical characteristics; to the pectinases activity of pectin methylesterase, polygalacturonase and betagalactosidase; and pectin content in three solubilization levels: water soluble, chelate soluble and sodium carbonate soluble. The adequate harvest day for each melon was, 35 days after anthesis for cv. Iracema, 30 days for cv. Olympic, 30 days for access 16 and 20 days for access 2. During maturation, it was observed high flesh firmness of access 16, when compared to remain fruits evaluated, due to its low betagalactosidase activity, as well as its upkeep of chelate and sodium carbonate pectin. Access 2 showed a high decrease in firmness, followed by the tissue cracking at the end of maturation; such an event was consecutive of the water soluble pectin increase and decrease of the chelate and sodium carbonate soluble pectins, with a raise of all pectinases at the maturation ending. Access 16 and the yellow melon (cv. Iracema) has storage potential of 30 days, in refrigerated storage. Access 2, at same conditions, had durability of 10 days. The firmness loss of all studied melons types has been associated to the Betagalactosidase enzyme activity, and to the reduction of the chelate and sodium carbonate pectin fractions. Access 16 had high conservation, keeping flesh firmness until 32 days, with high pectin levels due to low pectinase levels. The access 2 fruits showed a high decrease on flesh firmness, what deteriorated the inner appearance of the fruit. Both pectinases activities as pectin dissolution contributed to the occurred.

Key words: *Acidulus*; *Momordica*; Conservation; Pectinase; *Cucumis melo*.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PSA	Pectina Solúvel em Água
PSQ	Pectina Solúvel em Quelato
PSC	Pectina Solúvel em Carbonato de Sódio
PME	Pectinametilsterase
PG	Poligalacturonase
Beta-gal	Betagalactosidase

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	13
INTRODUÇÃO GERAL	14
1.1 Referencial teórico.....	16
1.1.1 O melão	16
1.1.2 Maturação.....	17
1.1.3 Armazenamento	20
1.1.4 Parede celular	21
REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO 2 - ALTERAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS E METABOLISMO DA PAREDE CELULAR DURANTE A MATURAÇÃO DE DIFERENTES VARIEDADES DE MELÕES.	32
RESUMO.....	33
ABSTRACT	34
2.1 Introdução.....	35
2.2 Material e métodos	37
2.2.1 Obtenção dos frutos.....	37
2.2.2 Avaliações físicas.....	38
2.2.3 Preparo das amostras.....	38
2.2.4 Extração enzimática	39
2.2.5 Ensaio enzimáticos	39
2.2.6 Extração e fracionamento da parede celular	40
2.2.7 Análises estatísticas.....	40
2.3 Resultados e discussão.....	41
2.3.1 Características físicas	41
2.3.1.1 Massa de fruto	41
2.3.1.2 Diâmetro longitudinal e transversal	42
2.3.1.3 Espessura de polpa, cavidade e relação EP/C	42
2.3.1.4 Coloração.....	42
2.3.1.4.1 Cor da casca	42
2.3.1.4.2 Cor da polpa.....	44
2.3.2 Caracterização química	45
2.3.2.1 pH e acidez	45

2.3.2.2	Sólidos Solúveis	46
2.3.2.3	Açúcares solúveis totais	47
2.3.2.4	Vitamina C	47
2.3.3	Ponto de colheita	48
2.3.4	Metabolismo da parede celular	49
2.3.4.1	Firmeza	49
2.3.4.2	Atividade enzimática e concentração de pectinas	50
2.3.4.2.1	Atividade da PME	50
2.3.4.2.2	Atividade da PG	50
2.3.4.2.3	Atividade da Beta-gal	52
2.3.4.3	Concentração de pectina	53
2.3.4.3.1	Pectina solúvel em água (PSA)	53
2.3.4.3.2	Pectina solúvel em quelato (PSQ)	53
2.3.4.3.3	Pectina solúvel em carbonato (PSC)	53
2.4	Conclusões	55
	BIBLIOGRAFIA	56
	CAPÍTULO 3 - TRANSFORMAÇÕES BIOQUÍMICAS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE DIFERENTES VARIEDADES DE MELÕES.	60
	RESUMO	61
	ABSTRACT	62
3.1	Introdução	63
3.2	Material e Métodos	65
3.2.1	Obtenção e acondicionamento dos frutos	65
3.2.2	Avaliações físicas	66
3.2.3	Preparo das amostras	66
3.2.4	Extração enzimática	67
3.2.5	Ensaio enzimáticos	67
3.2.6	Extração e fracionamento da parede celular	68
3.2.7	Análises estatísticas	68
3.3	Resultado e Discussão	69
3.3.1	Aparência	69
3.3.2	Perda de massa	70
3.3.3	Coloração	71

3.3.3.1	Cor da casca.....	71
3.3.3.2	Cor da polpa	72
3.3.4	Caracterização química	73
3.3.4.1	Acidez e pH.....	73
3.3.4.2	Sólidos solúveis.....	74
3.3.4.3	Açúcares solúveis totais e redutores.....	75
3.3.4.4	Vitamina C	76
3.3.5	Metabolismo da parede celular	76
3.3.5.1	Firmeza.....	76
3.3.6	Atividade das pectinases	77
3.3.6.1	Atividade da PME	77
3.3.6.2	Atividade da PG	79
3.3.6.3	Atividade da Beta-gal.....	79
3.3.7	Concentrações de pectina.....	79
3.3.7.1	Pectina solúvel em água (PSA)	80
3.3.7.2	Pectina solúvel em quelato (PSQ).....	80
3.3.7.3	Pectina solúvel em carbonato (PSC)	80
3.4	Conclusões.....	82
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICE	86

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

INTRODUÇÃO GERAL

A evidente relevância do cultivo mundial do melão (*Cucumis melo* L.) pode ser observada, não só através de indicadores econômicos, mas também pelo número de pesquisas, com a cultura, que estão sendo desenvolvidas. A firmeza, por exemplo, característica que altera a qualidade pós-colheita de melões, é assunto de mais de 200 artigos científicos (Webofscience, 2016).

No Brasil, o transporte de melão para o exterior, de agosto de 2015 a fevereiro de 2016, somaram 206 mil toneladas, propiciando aos exportadores uma receita de US\$ 142 milhões (Costa e Julião, 2016). O montante de melão exportado na safra 2015/16, representa uma significativa fração da exportação de frutos *in natura* (FAO, 2016), motivo pelo qual a comunidade científica nacional está concentrando esforços no sentido de melhorar a qualidade do produto final. Em função disso, pesquisas estão sendo, gradativamente, desenvolvidas com o objetivo de melhorar aspectos relacionados ao cultivo e, principalmente, a qualidade dos frutos.

Dentre as áreas do conhecimento agrônomo, mais dedicadas ao estudo do melão, a pós-colheita se destaca por apresentar vários trabalhos relacionados à qualidade no ponto ideal de colheita e à conservação dos frutos. O melão, como espécie polimórfica, apresenta uma diversidade muito grande entre variedades, o que dificulta o estabelecimento de padrões ideais de colheita e conservação (Nunez-Paleniús *et al.*, 2008). Além disso, a maior parte das pesquisas envolve cultivares comerciais conhecidas, desconsiderando o potencial genético de variedades menos consumidas, seja pela alta perecibilidade dos frutos ou pela baixa apreciação em âmbito mundial. No entanto, tais variedades podem constituir inestimáveis objetos de estudo de pesquisadores da área de melhoramento vegetal, que busquem, por um lado, identificar possíveis genes resistentes à doenças ou condições ambientais desfavoráveis (Sugiyama *et al.*, 2006; Sales *et al.*, 2015), e, por outro, melhorar as características dos frutos. Dentre as propriedades organolépticas do melão, a textura se destaca quanto à aceitação do consumidor e à promoção de uma maior durabilidade do fruto, devido à estruturação da parede celular (Bianchi *et al.*, 2016).

A parede celular dos frutos é composta de celulose, hemicelulose, proteínas estruturais e pectinas. Estas últimas estão fortemente relacionadas à rigidez dos tecidos, por terem função de agregação das demais estruturas. Compostas por cadeias de ácidos D-galacturônicos, unidos por ligações α -1-4, parcialmente esterificado por grupos metil, as pectinas são desestruturadas durante o amadurecimento e a senescência dos frutos, pela ação de enzimas

que atuam nas ligações α -1-4 e, também, através da desesterificação. Em melões, as enzimas mais atuantes são poligalacturonase e β -galactosidase. A poligalacturonase não apresenta atuação direta na cadeia de ácidos urônicos metilados, necessitando antes de atuação prévia da pectinametilesterase para que possa encaixar-se no sítio de ação. A β -galactosidase, por outro lado, atua diretamente em ramificações da mencionada cadeia, simplificando a estrutura e, por conseguinte, tornando-a cada vez mais solúvel (Knee, 2002; Mohamed *et al.*, 2006; Uenojo e Pastore, 2007).

A solubilização da pectina está associada à firmeza, razão pela qual muitos trabalhos fazem uso de níveis de solubilização da pectina, para determinar o grau de deterioração e sua associação com a perda de firmeza de frutos (Knee, 2002). Em polpa de frutos de melão, a firmeza parece apresentar uma correlação com a concentração de pectinas de cadeias longas, como as solúveis em carbonato de cálcio (Chong *et al.*, 2015). Porém, poucos são os estudos dedicados à análise mais detalhada dessa correlação, e, considerando o grande número de variedades da espécie, seria possível, através de pesquisas com tal finalidade, encontrar maior número de associações entre os tamanhos de cadeias de ácidos urônicos, a firmeza da polpa e o grau de atividade de enzimas de degradação. Variedades como *acidulus* e *momordica*, por exemplo, apresentam valores de firmeza da polpa de frutos, diametralmente opostos. Não obstante, poucos são os estudos dedicados à tais variedades, no entanto, estudos visando entender a relação entre a firmeza da polpa, a solubilização das pectinas e a atividade enzimática desses frutos, em relação à variedades comerciais, poderiam subsidiar geneticistas dedicados ao trabalho de aprimorar a textura da polpa e a resistência pós-colheita de frutos de melão, através do melhoramento de cultivares comerciais.

Considerando o exposto, o presente trabalho teve por objetivo estudar o comportamento durante a maturação e o armazenamento, como também o metabolismo da parede celular das variedades de melão *acidulus*, *momordica*, *inodorus* e *cantalupensis*.

1.1 Referencial teórico

1.1.1 O melão

O melão (*Cucumis melo* L.), originado na África ou Ásia, é produzido em todos os continentes, sendo a maior parte dessa produção observada na Ásia, seguida da América e África (Faostat, 2016b). Chegou ao Brasil por volta do século XVI, possivelmente trazido por escravos durante a colonização. No século XIX, por influência da imigração europeia da época, a cultura do melão se estabeleceu definitivamente no país, sendo introduzida no Nordeste somente na década de 60 (Fontes e Puiatti, 2005). A produção nacional supera 500 mil toneladas, sendo, grande parte, exportada principalmente para Europa e Estados Unidos (Faostat, 2016a). Essa produção se concentra, majoritariamente, na região Nordeste do país, mais especialmente, nos agropólos do Mossoró/Assú (RN) e Baixo Jaguaribe (CE), devido à facilidade de plantio favorecida pelas condições edafoclimáticas (Borges *et al.*, 2015).

Pertencente à família Cucurbitaceae, o melão foi dividido, devido ao elevado número de variedades e ao controverso centro de origem, em duas subespécies, a saber: *agrestis*, com pelos curtos no ovário da flor; e *melo*, com pelos longos (Jeffrey, 1980). O elevado polimorfismo da espécie dificulta a criação de um sistema de classificação preciso para as variedades, o primeiro foi feito por Naudin (1859) e, baseado neste modelo, foram criadas diversas outras classificações (Alefeld, 1866; Cogniaux e Harms, 1924; Pangalo, 1958; Filov, 1960; Whitaker e Davis, 1962; Grebenscikov, 1986; Kirkbride, 1993; Pyzhenkov e Malinina, 1994; Robinson e Decker-Walters, 1999). Pitrat *et al.* (2000) propuseram uma síntese completa para a classificação do melão. Eles identificaram os sinônimos de epítetos, usados em inúmeras publicações, para chegar a uma categorização, reconhecendo, assim, 16 grupos, os quais denominaram como variedades.

As variedades de elevado valor comercial, pertencentes à subespécie *melo*, apresentam sabor adocicado e os frutos são, principalmente, consumidos in natura. Dentre as variedades mais consumidas no Brasil e no mundo, a *cantalupensis* se destaca devido ao elevado teor de sólidos solúveis, polpa alaranjada e aromática, que atraem consideravelmente os consumidores. Outra variedade bastante apreciada é a *inodorus*, uma das mais adequadas à exportação, em virtude da excelente vida útil pós-colheita dos frutos; de polpa esbranquiçada e sem aroma, a *inodorus* apresenta elevada firmeza, principalmente no exocarpo, além de menor custo de produção, em relação à *cantalupensis*. Ambas as variedades apresentam comportamento pós-colheita divergente, mesmo pertencendo à mesma subespécie (Costa *et*

al., 2000; Nunes *et al.*, 2004; Brasil, 2014). Por serem variedades de valor comercial, são alvo de inúmeras pesquisas, coisa que não ocorre com as variedades da subespécie *agrestis*, as quais apresentam frutos consumidos em salada.

Os frutos da variedade *acidulus*, apresentam um considerável potencial de armazenamento, pois, apesar de um exocarpo de baixa resistência, demonstram firmeza elevada devido à coesão da polpa. Possuem sabor azedo, e, como o nome da variedade indica, apresentam elevada acidez e baixa concentração de açúcares.

Outra variedade com características organolépticas semelhantes é a *momordica*, que tem como peculiaridade o rápido amaciamento da polpa durante a maturação, seguido do rompimento dos tecidos, provocando abertura do fruto e exposição das sementes, o que reduz consideravelmente sua resistência pós-colheita (Dhillon *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2009; Manohar e Murthy, 2012; Aragao *et al.*, 2013). As rachaduras dos melões *momordica* são consideradas desordens fisiológicas, pois não dependem de uma desordem hídrica na planta para que ocorra. O fenômeno da rachadura acontece mesmo após o fruto ser destacado da planta (Fernandez-Trujillo *et al.*, 2013; Qi *et al.*, 2015). Tais variedades apresentam grande distinção em relação à textura, que está relacionada à estruturação da parede celular. A textura confere aos frutos uma diferenciação que os tornam bastante apreciados, sendo consumidos em saladas na Ásia, ou até como ingredientes na preparação de comidas indianas (Dhillon *et al.*, 2011; Fergany *et al.*, 2011; Meena *et al.*, 2016). No Brasil, o cultivo de melões *momordica* é feito por pequenos produtores (Dantas *et al.*, 2012), e o consumo, na forma de “massa doce”, ou seja, polpa misturada com açúcar, é bastante comum no Nordeste. Ver Ferguny *et al* com Glauber.

Os estudos realizados com as variedades *momordica* e *acidulus* são, em sua maioria, relacionados à classificações genéticas ou de resistência à pragas e doenças (Sugiyama *et al.*, 2006; Dhillon *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2009; Fergany *et al.*, 2011; Manohar e Murthy, 2012; Aragao *et al.*, 2013; Pandey *et al.*, 2013; Sales *et al.*, 2015). Existem poucos estudos comparando a maturação e a conservação dos frutos dessas variedades com as variedades comerciais.

1.1.2 Maturação

O desenvolvimento de frutos compreende três fases fisiológicas, a saber: crescimento, com a ocorrência de rápida multiplicação e expansão celular; maturação, caracterizada por reações específicas, iniciadas ao final do crescimento que culminam com o amadurecimento;

e a senescência, que constitui uma série de reações de degradação. No amadurecimento, estágio correspondente ao final da maturação, os frutos se tornam atrativos ao consumidor, sendo esse, um processo normal e irreversível (Paliyath *et al.*, 2009).

A maturação durante a colheita é um dos fatores mais importantes quando se considera a vida útil pós-colheita, e a qualidade do fruto. Frutos colhidos imaturos são sujeitos à murcha, à danos mecânicos, e, apresentam qualidade inferior quando comparados aos maduros. Frutos ao início da senescência tornam-se macios e farináceos, e apresentam pouco sabor logo após a colheita. Qualquer fruto colhido, tanto muito cedo quanto muito tarde, fora do estágio de maturação adequada, é mais suscetível à desordens fisiológicas e tem baixo potencial de armazenamento em relação ao fruto colhido no ponto ideal (Kader, 1999). A maioria dos frutos atinge sua melhor qualidade quando amadurecem na planta. Todavia, alguns frutos são normalmente colhidos na maturação fisiológica, mas não maduros, de modo que possam resistir ao transporte a longas distâncias.

A maturação de frutos pode ser avaliada com a finalidade de identificar as principais alterações físicas, físico-químicas e bioquímicas relacionadas às alterações sensoriais durante o desenvolvimento. Em melão, o ponto de colheita é determinado, principalmente, pelo teor de sólidos solúveis, pela firmeza da polpa, pela cor e por o aspecto do melão (Filgueiras *et al.*, 2000).

Os sólidos solúveis em melão são compostos por, aproximadamente, 97% de açúcares, com a sacarose representando cerca de 50% desses (Zhang e Li, 2005). Durante a maturação, ocorre a degradação e síntese de ácidos orgânicos e outras substâncias, na medida em que ocorre um intenso descarregamento de açúcares do floema para os frutos; o aumento na concentração de açúcares é, também, inerente à ação metabólica dos frutos, observada pelo decréscimo da atividade da enzima invertase-ácida e aumento da atividade das enzimas sacarose-fosfatase e sacarose-sintase (Beaulieu *et al.*, 2003).

Para melões, o valor aceitável de sólidos solúveis, para o mercado externo, principalmente para o continente europeu, não pode estar abaixo que 9,0% no momento da colheita (Filgueiras *et al.*, 2000). Os valores de sólidos solúveis podem ser afetados por fatores pré-colheita como, por exemplo, condições de cultivo, não sendo, portanto, tais valores, regidos apenas pela condição de maturação dos frutos (Vargas *et al.*, 2008). Giehl *et al.* (2008), verificaram uma variação de 4,0%, de 25 a 37 dias após a antese, para melões *cantalupensis*; Ionica *et al.* (2015) estudando o desenvolvimento de seis cultivares de melão, verificaram uma variação de 2,23 a 10,43% no teor dos sólidos solúveis de melão cv. Makdimon, de 14 a 36 dias após a polinização.

As concentrações de ácidos orgânicos, assim como suas variações no decorrer da maturação de melões, são baixas (Ionica *et al.*, 2015), sendo comum uma tendência de declínio de tal conteúdo durante o amadurecimento, seja pelo consumo na respiração via oxidação no ciclo do ácido cítrico, ou no uso como substrato para a formação de açúcares (Kays, 1991; Wills *et al.*, 1998). Menon e Rao (2014), ao estudarem alterações bioquímicas em melões da cultivar Kundan, verificaram que a atividade da enzima invertase ácida responsável pela clivagem de açúcares de cadeia em hexoses, apresenta maior atividade em um estágio prematuro dos frutos, quando o crescimento ainda está acelerado, ao passo que a enzima sacarosefosfato sintase tem atividade extremamente elevada, em um estágio precedente ao amadurecimento pleno. Zhang *et al.* (2016), observaram um aumento significativo na concentração de ácido cítrico de melões da variedade *Ameri*, a partir de 20 dias após a floração, atingindo aproximadamente 3,0 mg/g de tecido fresco, aos 40 dias pós floração; porém a concentração de ácido málico, para o mesmo material, decresceu desde os 10 dias após a floração, caindo de 1,0 a menos de 0,5 mg/g, ao final do desenvolvimento; tal incremento de ácido cítrico provavelmente afetou o sabor, por reduzir o índice de maturação. Zhang *et al.* (2016), ainda verificaram um incremento na concentração de sacarose, a partir dos 20 dias após floração, de mais de 40 mg/g de tecido fresco.

A mensuração da firmeza, através do uso de aparelhos de tensão, é uma prática corriqueira na determinação da maturação de uma amostra de frutos. Vargas *et al.* (2013), ao estudarem diferentes genótipos de melões rendilhados, obtiveram resultados que demonstram uma variação elevada entre as médias da firmeza da polpa do material colhido ao mesmo estágio de maturação, indo de 22,68 a 9,45 N. No decorrer da maturação, a firmeza da polpa de melões decresce entre 50 a 80%, em pouco mais de 10 dias; tal variação ocorre devido ao elevado polimorfismo da espécie (Beaulieu e Lea, 2007; Giehl *et al.*, 2008; Saladie *et al.*, 2015). Vallone *et al.* (2013), ao estudarem melões rendilhados de três cultivares, verificaram uma queda na firmeza, desde o início da maturação até a completa ruptura do pedúnculo de até 77,22% para a cultivar Thunderbird, enquanto que, para a cultivar Navegaitor, constataram uma queda de apenas 50%.

A determinação do estágio de maturação em melão, a partir da cor, apresenta uma vasta gama de classificações, dada a variabilidade de exocarpos e mesocarpos nas diversas variedades e cultivares. Giehl *et al.* (2008), verificaram em melão cantaloupe uma independência da alteração nas cores do mesocarpo e na produção de etileno, durante o desenvolvimento, e demonstraram que o início das reações de degradação da clorofila e sínteses de carotenóides, não teve relação com o climatério do fruto. Nunez-Paleniuss *et al.*

(2007), estudando melões transgênicos, com alterações das características relacionadas à síntese de etileno, perceberam que um prejuízo na produção de etileno interfere na alteração da cor da casca de melão do tipo Gália, mantendo-se, a mesma, com manchas esverdeadas; esse resultado foi verificado pela redução da variação do ângulo Hue, no decorrer da maturação. A cor do melão deve estar associada ao teor de sólidos solúveis, para que seja possível uma melhor indicação do ponto de colheita, por isso faz-se necessária a avaliação de mais de um atributo para que seja feita uma colheita ideal (Filgueiras *et al.*, 2000).

1.1.3 Armazenamento

O melão apresenta variedades com elevada atividade metabólica após a colheita, com pico de produção de etileno e taxas respiratórias elevadas, consumindo o conteúdo nutritivo do fruto e comprometendo a qualidade do produto final (Benedetti *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2012; Jin *et al.*, 2013; Supapvanich e Tucker, 2013a). Dentre as características relacionadas à qualidade do melão, que podem ser afetadas pelo armazenamento, estão inclusas as descritas por Filgueiras *et al.* (2000), tais como, o teor de sólidos solúveis, que representa, aproximadamente, a quantidade de açúcares presentes na polpa do melão; essa concentração diminui à medida que o fruto respira, consumindo os carboidratos disponíveis para tal ação.

Ferrante *et al.* (2008), ao estudarem o melão da variedade Reticulatus, quando armazenados a 10 °C e a 80% de umidade relativa, verificaram que, após oito dias de armazenamento, houve uma queda significativa de mais de 2,0 °Brix. O consumo de ácidos orgânicos e a degradação de substâncias aromáticas, através da atividade de enzimas, também são observados, reduzindo a qualidade do fruto com relação ao aroma, à coloração e à características nutricionais importantes (Ferrante *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2012; Morgado *et al.*, 2015; Plaza *et al.*, 2016). A redução da firmeza da polpa, no decorrer do amadurecimento, indica o início das reações de degradação. O amaciamento é mais evidente quanto maior a taxa respiratória dos frutos, e representa um aspecto indesejado para o consumidor (Jeong *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2012).

A perda de massa é um dos fatores que indica queda de qualidade, além da diminuição na renda bruta do produtor devido à redução no volume de produto obtido. Esse fenômeno ocorre, principalmente, pela perda de água do fruto para a atmosfera, em função da variedade, condições ambientais e tempo de armazenamento (Benedetti *et al.*, 2008; Bett-Garber *et al.*, 2011; Znidarcic *et al.*, 2013; Morgado *et al.*, 2015).

A refrigeração é a principal forma de redução da atividade metabólica do fruto, porém, é necessário estudar previamente as condições ideais de temperatura e umidade a serem utilizadas, a fim de evitar danos pelo frio, provocando, conseqüentemente, perda de qualidade dos frutos. Liu *et al.* (2012), ao estudarem melões da variedade Makua Makino, verificaram uma durabilidade de 10 dias, quando os frutos foram expostos à temperatura de 24 °C; neste estudo, os autores observaram queda nos valores de sólidos solúveis, a partir do quarto até o sétimo dia, enquanto a firmeza caiu gradativamente até o décimo dia, variando entre 3,7 a 5,25 N/cm², para cada tratamento. Ma *et al.* (2012), estudando melões Yujinxiang, armazenados a 10 °C, verificaram uma maior durabilidade, comparado ao estudo anteriormente citado, com níveis de firmeza de polpa elevados ao vigésimo dia.

A redução da temperatura de armazenamento retarda a atividade metabólica, principalmente pela redução da respiração, e, conseqüentemente, diminui a produção de etileno, responsável por sinalizar as reações do amadurecimento e início da senescência (Ferrante *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2012; Jin *et al.*, 2013; Supapvanich e Tucker, 2013a). Todavia, o uso de baixas temperaturas apresenta limites, por exemplo, o emprego de frio excessivo, que pode provocar danos e diminuir a qualidade nutricional de melões cantaloupe (Bett-Garber *et al.*, 2011). A temperatura de armazenamento ideal para melões depende da variedade e das condições de cultivo. Morgado *et al.* (2015), verificaram, para o melão cv. Louis, uma temperatura ideal de 6,0 °C, Bett-Garber *et al.* (2011), ao armazenar melões cantaloupe, minimamente processados, a 4,0 °C, e constataram uma injúria severa, causando elevada perda de massa.

A alta variabilidade do melão é considerada um fator importante para o estudo da conservação, tornando necessário um elevado número de pesquisas para a espécie. De modo geral, o melão rendilhado, quando colhido após o início da maturação, inicia o amadurecimento independente da planta mãe, apresentando pico de etileno durante o climatério; ao passo que o melão *inodorus* não apresenta tal pico, e, se colhidos fora do estágio ideal de maturação, dificilmente ocorrerá aumento nas concentrações de açúcares durante o armazenamento (Nunez-Paleniús *et al.*, 2008). Estudos de melhoramento podem aprimorar cultivares com relação à vida útil pós-colheita.

1.1.4 Parede celular

As células de plantas superiores apresentam uma estrutura peculiar, como a parede celular, responsável por diversas funções nas plantas. Em frutas, suas principais funções são

estruturais e de resistência, mantendo a integridade e a forma das células. Em plantas, de um modo geral, a parede celular é dividida em três camadas, que, de fora para dentro, são: lamela média, parede primária e parede secundária; porém, em frutas, devido ao grau de especialização das células, só estão presentes a lamela média e a parede primária. A lamela média é uma fina camada que promove a junção de células adjacentes, originada durante a divisão celular; é constituída por substâncias pécticas e proteínas. As paredes primárias são constituídas de celulose, hemicelulose, pectinas e proteínas estruturais. A celulose é uma molécula longa e não ramificada, formada por moléculas de glicose, e sintetizada por um complexo enzimático com celulose sintase, localizada na membrana plasmática; as junções de várias moléculas de celulose através de pontes de hidrogênio formam as micro-fibrilas de celulose. As hemiceluloses e pectinas são sintetizadas no Complexo de Golgi, e transportadas para a membrana celular por vesículas que liberam seu conteúdo ao se fundirem com a bicamada fosfolipídica (Taiz e Zeiger, 2010).

Na última década, muitos trabalhos foram publicados, tendo por foco as relações entre a parede celular de frutas e alterações na textura, nas mais diversas condições. Parte desses trabalhos referem-se à melões e, em muitos casos, foram verificadas estreitas relações entre pectinas, ou suas enzimas de degradação, e a firmeza (Nishiyama *et al.*, 2007; Chisari *et al.*, 2009; Lunn *et al.*, 2013; Supapvanich e Tucker, 2013a; Chen *et al.*, 2015; Chong *et al.*, 2015). As substâncias pécticas são polímeros de carbono, encontrados na parede celular primária e lamela média, ligadas aos demais polissacarídeos estruturais, porém em maior concentração e complexidade (Mohamed *et al.*, 2006). As substâncias pécticas apresentam uma variedade elevada de açúcares em sua composição, podendo apresentar diferentes massas moleculares e graus de esterificação. Confere rigidez à célula vegetal sem interferir na permeabilidade da membrana, sendo assim responsável pela turgidez do tecido vegetal (Koblitz, 2010).

As substâncias pécticas são classificadas em quatro tipos, a saber: protopectina, ácido pectínico, ácido péctico e pectina, sendo os três últimos, total ou parcialmente, solúveis em água (Uenojo e Pastore, 2007). As autoras descrevem cada substância péctica da seguinte maneira: protopectina, insolúvel em água, é a forma originária e, quando hidrolisadas, produzem ácidos pectínicos ou pectina; ácidos pécticos são compostos de ácido poligalacturônico coloidal, em que os grupos carboxilas contêm poucos grupos metil éster e seus sais são pectatos neutros ou ácidos; ácido pectínico é um grupo de compostos contendo ácido poligalacturônico coloidal com poucos grupos metil éster; pectina designa ácidos pectínicos, com grau variável de grupos metil éster e um grau de neutralização capaz de formar gel com açúcares e ácidos em condições adequadas. A pectina, ainda de acordo com

Uenojo e Pastore (2007), consiste em uma estrutura de ligações axiais de unidades de ácido α -1, 4-D-galacturônico e contêm moléculas de L-ramnose, arabinose, galactose e xilose como correntes laterais. Pectinas, com teor de metoxilas acima de 50%, têm o poder de geleificação na presença de açúcares e ácidos, enquanto que a geleificação de pectinas com baixo teor de metoxilação é possível na ausência de açúcares e na presença de alguns íons metálicos, afirmam as autoras.

Durante o armazenamento, de forma geral, existe uma relação entre a firmeza da polpa e as pectinas solúveis em água, quelato e carbonato de sódio, nas ordens direta e indireta, respectivamente (Chen et. al., 2015). Porém, a solubilização da pectina não está necessariamente associada à expansão da parede celular; apesar desse fenômeno parecer intuitivo, muitos resultados demonstram que, alterações dos pesos moleculares de cadeias *in vitro* não representam alterações *in vivo*, por ocorrer realocação de frações em diversos estádios (Knee, 2002). Chong *et al.* (2015), trabalhando com armazenamento de melões minimamente processados, verificaram essa relação somente para as pectinas solúveis em carbonato de sódio, ou seja, nas condições do estudo, só se pode observar a perda da firmeza a partir da degradação das cadeias longas de pectina, mas o surgimento ou deterioração de pectinas de cadeias mais curtas não explicava o amaciamento da polpa.

A degradação da parede celular ocorre principalmente por ação enzimática. Dentre as enzimas de degradação da parede celular, as pectinases apresentam importância peculiar, sendo classificadas em dois tipos principais: as pectinaesterases, que removem um grupo metil éster, podendo converter a pectina em pectato; e as despolimerizantes, que incluem as hidrolíticas e as liases, sendo responsáveis por catalisar a clivagem das ligações glicosídicas das substâncias pécticas (Uenojo e Pastore, 2007).

As pectinases mais importantes, estudadas em melões, são a pectinametilesterase (PME), a poligalacturonase (PG) e a β -galactosidase (Beta-gal). A primeira, catalisa a esterificação da cadeia péctica, reduzindo o número de grupos metil. Em muitos estudos, a PME foi associada diretamente ao amaciamento de frutos, até que se percebeu ação associada desta com a PG, que apresenta preferência por substratos menos metilados, tendo a função de hidrolisar a pectina, desfazendo as ligações α -1-4. Apesar da verificação dessa relação, atualmente, alguns trabalhos ainda fazem uso da associação da PME com a firmeza, dada a ocorrência de analogia entre essas variáveis (Tappi *et al.*, 2016). A PME, ainda de forma indireta, eleva a resistência da parede na presença de íons metálicos, como cálcio, promovendo ligações mais fortes entre cadeias lineares de pectina (Alandes *et al.*, 2009; Silveira *et al.*, 2011). A Beta-gal atua nas ligações (1-4)- β -galactosídicas de cadeias laterais

de pectinas, extraindo, principalmente, galactose, reduzindo o esqueleto polimérico. Em certos casos, em que a PG não apresentou atividade suficiente para explicar a redução da firmeza em frutos, a Beta-gal pareceu ter maior relação com a degradação da parede (Supapvanich e Tucker, 2013a).

Chisari *et al.* (2010), demonstraram que a atividade das pectinases ocorre de dentro para fora do pericarpo, indo da região anterior para posterior do fruto, seguindo um gradiente de ação relacionado à perda da firmeza, que é afetado pela produção de etileno. Supapvanich e Tucker (2013b), descreveram a redução da atividade de PG e Beta-gal, através do uso de 1-MCP, um inibidor da ação do etileno, estreitando a relação dessas enzimas com a concentração de etileno em torno das células. Yuan *et al.* (2013), ao avaliarem tratamento térmico para redução da incidência de doenças pós-colheita, durante o armazenamento de melões, verificaram um decréscimo na atividade das enzimas PG e Beta-gal, resultando em um prolongamento da manutenção da firmeza dos frutos.

A compreensão do funcionamento da parede celular e suas transformações, permitirão o desenvolvimento de técnicas e cultivares que, através de pesquisas, possibilitará elevar a vida útil pós-colheita da cultura do melão, facilitando o acesso a mercados mais distantes, com elevada qualidade de frutos.

REFERÊNCIAS

- ALANDES, L. et al. Improving the Quality of Fresh-Cut Apples, Pears, and Melons Using Natural Additives. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 2, p. 90-96, 2009.
- ALEFELD, F. **Landwirtschaftliche Flora**. Berlin: Wiegandt und Hempel, 1866.
- ARAGAO, F. A. S. et al. Genetic divergence among accessions of melon from traditional agriculture of the Brazilian Northeast. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6356-6371, 2013.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993.
- BEAULIEU, J. C.; LEA, J. M. Quality changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 5, p. 720-728, 2007.
- BEAULIEU, J. C. et al. Sugar and organic acid variations in commercial cantaloupes and their inbred parents. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 4, p. 531-536, 2003.
- BENEDETTI, B. C. et al. Effect of Pre-processing Controlled Atmosphere Storage on the Quality of Fresh-cut Galia Melons. **Food Science and Technology International**, v. 14, p. 13-19, 2008.
- BETT-GARBER, K. L. et al. EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE VARIATIONS ON SENSORY QUALITY OF FRESH-CUT CANTALOUPE MELON. **Journal of Food Quality**, v. 34, n. 1, p. 19-29, 2011.
- BIANCHI, T. et al. Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: Sensory and physical-chemical evaluation. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 46-56, 2016.
- BORGES, V. P. et al. Energy balance and evapotranspiration of melon grown with plastic mulch in the Brazilian semiarid region. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 5, p. 385-392, 2015.
- BRASIL, A. **Perfil exportador de melões brasileiros**. Brasília: Agência Brasileira de Promoção de Exportação e Investimentos, 2014.
- BRAZ, V. B. et al. Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 225-232, 2008.
- CHEN, H. J. et al. Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest blueberries during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 188, p. 44-48, 2015.
- CHISARI, M. et al. Distribution of degradative enzymatic activities in the mesocarp of two melon groups. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 5, p. 1016-1023, 2010.

_____. Ripening stage influenced the expression of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin methylesterase and polygalacturonase in two melon cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 940-946, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2°. Lavras: UFLA, 2005.

CHONG, J. X.; LAI, S. J.; YANG, H. S. Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. **Food Control**, v. 53, p. 195-205, 2015.

COGNIAUX, A.; HARMS, H. Cucurbitaceae–Cucurbitae– Cucumerineae. In: ENGLER, A. (Ed.). **Das Pflanzenreich. Regni bvegetabilis conspectus**. Leipzig: Wilhelm Engelmann, v. 88, 1924. p.116-157.

COSTA, I.; JULIÃO, L. Exportação de melão - HF Brasil. 2016. Disponível em: < <http://www.hfbrasil.org.br/exportacao-de-melao.aspx> >.

COSTA, N. D. et al. **Cultivo do melão**. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2000.

DANTAS, A. C. A. et al. Caracterização molecular de acessos de melão coletados no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 183-189, 2012.

DHILLON, N. P. S. et al. Melon landraces of India: contributions and importance. **Plant Breeding Reviews**, v. 35, p. 85-150, 2011.

_____. Diversity among landraces of Indian snapmelon (*Cucumis melo* var. *momordica*). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 6, p. 1267-1283, 2007.

FAO. Trade / Crops and livestock products. 2016. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/E> >. Acesso em: 17/08/2016.

FAOSTAT. Brazilian melon production. 2016a. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> >.

_____. World melon production 2013. 2016b. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> >. Acesso em: 21/08/2016.

FERGANY, M. et al. Variation in melon (*Cucumis melo*) landraces adapted to the humid tropics of southern India. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, n. 2, p. 225-243, 2011.

FERNANDEZ-TRUJILLO, J. P. et al. Pre- and Postharvest Muskmelon Fruit Cracking: Causes and Potential Remedies. **Horttechnology**, v. 23, n. 3, p. 266-275, 2013.

FERRANTE, A. et al. Effect of nitrogen fertilisation levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 4, p. 707-713, 2008.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Colheita manuseio e pós-colheita. In: ALVES, R. E. (Ed.). **Melão: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.

FILOV, A. The problem of melon systematics. **Vestnik sel'skookhozhajstvennoj nauki.**, n. 1, p. 126-132, 1960.

FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. Cultura do meloeiro. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura teoria e prática**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 407-428.

GIEHL, R. F. H. et al. Growth and physicochemical changes during the ripening of hybrid Torreon muskmelon fruits (*Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naud.). **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 371-377, 2008.

GREBENSIKOV, I. Cucurbitaceae. In: SCHULTZE-MOTEL, J. e MANSFELDS, R. (Ed.). **Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer**. Berlin: Akademie, 1986. p. 914-951.

IONICA, M. E.; NOUR, V.; TRANDAFIR, I. EVOLUTION OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS DURING GROWTH AND DEVELOPMENT OF MUSKMELON (*Cucumis melo* L.). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 52, n. 2, p. 265-271, 2015.

JEFFREY, C. A REVIEW OF THE CUCURBITACEAE. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 81, n. 3, p. 233-247, 1980.

JEONG, J. et al. Storage life and deterioration of intact cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit treated with 1-methylcyclopropene and fresh-cut cantaloupe prepared from fruit treated with 1-methylcyclopropene before processing. **Hortscience**, v. 43, n. 2, p. 435-438, 2008.

JIN, Y. Z. et al. Ethanol vapor treatment maintains postharvest storage quality and inhibits internal ethylene biosynthesis during storage of oriental sweet melons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 372-380, 2013.

KADER, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relationship. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 203-208, 1999.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

KIRKBRIDE, J. H. **Biosystematic Monograph of the Genus Cucumis (Cucurbitaceae)**. Boone, NC: Parkway Publishers, 1993. 159.

KNEE, M. **Fruit Quality and Its Biological Basis**. Sheffield Academic Press, 2002. ISBN 9780849397813. Disponível em: < <https://books.google.com.au/books?id=xH76ZG8oaswC> >.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de Alimento: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

LI, X. W. et al. 1-MCP suppresses ethylene biosynthesis and delays softening of 'Hami' melon during storage at ambient temperature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 14, p. 2684-2688, 2011.

LIU, W. W. et al. Ethanol treatment inhibits internal ethylene concentrations and enhances ethyl ester production during storage of oriental sweet melons (*Cucumis melo* var. makuwa Makino). **Postharvest Biology and Technology**, v. 67, p. 75-83, May 2012. ISSN 0925-5214. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000302424500011 >.

LUNN, D. et al. Cell wall composition of tomato fruit changes during development and inhibition of vesicle trafficking is associated with reduced pectin levels and reduced softening. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 66, p. 91-97, 2013.

MA, W. P. et al. EFFECTS OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON STORAGE QUALITY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF HARVESTED & quot; YUJINXIANG & quot; MELON (*Cucumis melo* L.) FRUIT. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 413-420, 2012.

MANOHAR, S. H.; MURTHY, H. N. Estimation of phenotypic divergence in a collection of *Cucumis melo*, including shelf-life of fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 74-82, 2012.

MEENA, S. R. et al. Most favourite traditional cucurbitaceous vegetables and their utilization pattern in Thar desert of the western Rajasthan, India. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 15, n. 3, p. 385-394, 2016.

MENON, S. V.; RAO, T. V. R. HEALTH-PROMOTING COMPONENTS AND RELATED ENZYME ACTIVITIES OF MUSKMELON FRUIT DURING ITS DEVELOPMENT AND RIPENING. **Journal of Food Biochemistry**, v. 38, n. 4, p. 415-423, 2014.

MOHAMED, S. A. et al. Biochemical characterization of an extracellular polygalacturonase from *Trichoderma harzianum*. **Journal of Biotechnology**, v. 127, n. 1, p. 54-64, 2006.

MORGADO, C. M. A. et al. Quality of 'Louis' melons stored under four storage temperatures. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 11, p. 1953-1958, 2015.

NAUDIN, C. Essais d'une monographie des espèces et des variétés du genre *Cucumis*. **Annual Science Natural Botonic**, v. 4, p. 5-87, 1859.

NISHIYAMA, K. et al. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 6, p. 1281-1290, 2007.

NUNES, G. H. D. S. et al. Aspectos produtivos e de qualidade de híbridos de melão cultivados no Agropólo Mossoró-Assú. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 744-747, 2004.

NUNEZ-PALENIUS, H. G. et al. Melon fruits: Genetic diversity, physiology, and biotechnology features. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 28, n. 1, p. 13-55, 2008.

_____. Fruit ripening characteristics in a transgenic 'Galia' male parental muskmelon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Ser.) line. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 2, p. 95-100, 2007.

PALIYATH, G. et al. **Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers**. Wiley, 2009.

PANDEY, S. et al. Evaluation of Melons and Indigenous *Cucumis* spp. Genotypes for Drought Tolerance. **ii International Symposium on Underutilized Plant Species: Crops for the Future - Beyond Food Security**, v. 979, p. 335-339, 2013.

PANGALO, K. J. [Dyni] Gosudarstvennoe izdatel'stvo. In: (Ed.). **Kishinev**, 1958.

PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon. In: KA, N. e PARIS, H. S. (Ed.). **Cucurbit Genetics and Breeding**. Ma'ale Ha Hamisha, Israel, 2000. p. 29-36.

PLAZA, L. et al. Changes in the quality and antioxidant properties of fresh-cut melon treated with the biopreservative culture *Pseudomonas graminis* CPA-7 during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 25-30, 2016.

PYZHENKOV, V.; MALININA, M. [Tykvennye (Ogurec, Dynja)] **Cucurbitaceae (*Cucumis sativus* L., *Cucumis melo* L.)**. Kul'turnaja flora. Moscow: Kolos. 21 1994.

QI, Z. et al. Inheritance of fruit cracking resistance of melon (*Cucumis melo* L.) fitting E-0 genetic model using major gene plus polygene inheritance analysis. **Scientia Horticulturae**, v. 189, p. 168-174, 2015.

ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS, D. S. **Cucurbits**. Wallingford, NY.: CAB International, 1999.

SALADIE, M. et al. Comparative transcriptional profiling analysis of developing melon (*Cucumis melo* L.) fruit from climacteric and non-climacteric varieties. **Bmc Genomics**, v. 16, p. 20, 2015.

SALES, R. et al. Reaction of melon accessions to *Rhizoctonia solani*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 196-202, 2015.

SILVEIRA, A. C. et al. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 1, p. 77-84, 2011.

SUGIYAMA, M.; OHARA, T.; SAKATA, Y. A new source of resistance to Cucumber green mottle mosaic virus in melon. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 75, n. 6, p. 469-475, 2006.

SUPAPVANICH, S.; TUCKER, G. A. Cell Wall Hydrolysis in Netted Melon Fruit (*Cucumis melo* var. *reticulatus* L. Naud) during Storage. **Chiang Mai Journal of Science**, v. 40, n. 3, p. 447-458, 2013a.

_____. The Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Quality and Cell Wall Hydrolases Activities of Fresh-Cut Muskmelon (*Cucumis melo* var *reticulatus* L.) During Storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 8, p. 2196-2201, 2013b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Sinauer Associates, 2010.

TAPPI, S. et al. Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 33, p. 225-233, 2016.

TORRES, J. et al. MORPHOLOGIC CHARACTERIZATION OF MELON ACESSIONS COLLECTED IN THE BRAZILIAN NORTHEAST. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 174-181, 2009.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, p. 388-394, 2007.

VALLONE, S. et al. An integrated approach for flavour quality evaluation in muskmelon (*Cucumis melo* L. *reticulatus* group) during ripening. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 171-183, 2013.

VARGAS, P. F. et al. Quality of net melon (*Cucumis melo* L.) in function of the culture system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 137-142, 2008.

_____. Physicochemical characteristics of experimental net melon hybrids developed in Brazil. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 351-355, 2013.

WEOFSCIENCE. Web of Science [v.5.22.3] - Web of Science Core Collection Results. 2016. Disponível em: http://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=WOS&SID=3BsgpxUsuj1KQmA4P1J&search_mode=GeneralSearch&prID=3e11fbdf-38c6-47de-b72f-40a90f8563d8 >. Acesso em: 17/08/2016.

WHITAKER, T. W.; DAVIS, G. N. **Cucurbits. Botany, Cultivation, and Utilization**. New York: Interscience Publishers, Inc., 1962.

WILLS, R. B. H. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. Australia: New South Wales University Press: 262 p. 1998.

YUAN, L. et al. Postharvest hot water dipping reduces decay by inducing disease resistance and maintaining firmness in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 101-110, 2013.

ZHANG, H. et al. Transcriptome profiling of *Cucumis melo* fruit development and ripening. **Horticulture Research**, v. 3, p. 10, 2016.

ZHANG, M. F.; LI, Z. L. A comparison of sugar-accumulating patterns and relative compositions in developin fruits of two oriental melon varieties as determined by HPLC. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 785-790, 2005.

ZNIDARCIC, D.; SIRCELJ, H.; MARSIC, N. K. THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND STORAGE TIME ON CANTALOUPE MELONS PHYSICOCHEMICAL QUALITY. **Italian Journal of Food Science**, v. 25, n. 4, p. 459-464, 2013.

**CAPÍTULO 2 - ALTERAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS E METABOLISMO DA
PAREDE CELULAR DURANTE A MATURAÇÃO DE DIFERENTES
VARIEDADES DE MELÕES**

RESUMO

O melão apresenta elevada diversidade entre suas variedades, das quais, existe um destaque para *acidulus* e *momordica*, que possuem características organolépticas diferentes das observadas em variedades comumente comercializadas, além de uma elevada distinção entre a firmeza do mesocarpo em ambas as variedades. Tendo isto em vista, este trabalho teve como objetivo avaliar transformações físicas e bioquímicas de melões *acidulus* (acesso 16), *momordica* (acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic), durante a maturação. Os frutos, produzidos na horta experimental da UFERSA, foram colhidos em diferentes estádios de maturação, dos 15 aos 35 dias após a antese (DAA). Os frutos, arranjados em delineamento inteiramente casualizado, foram avaliados, nos dias de colheita, quanto as características físicas e químicas. Posteriormente, as polpas extraídas foram conservadas em freezer a -18 °C para análises da atividade das enzimas pectinametilesterase, poligalacturonase, betagalactosidase e do conteúdo de pectinas em três níveis de solubilização: solúveis em água, em quelato e carbonato de sódio. O ponto de colheita ideal para os melões foi de 35 dias após a antese para cv. Iracema, 30 dias para cv. Olympic, 30 dias para o acesso 16, e 20 dias para o acesso 2. A elevada firmeza de polpa do acesso 16 está associada a elevados níveis de pectina solúvel em carbonato e a baixos níveis de atividade das enzimas poligalacturonase e betagalactosidase. A desestruturação dos frutos do acesso 2 está relacionada à elevada atividade de pectinases, bem como a degradação de pectinas.

Palavras-chave: Amaciamento; *Acidulus*; *Momordica*; Pectina; Pectinase.

PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES DURING MATURATION OF DIFFERENT MELON VARIETIES, AND CELL WALL METABOLISM

ABSTRACT

Melon has a high diversity among its varieties, which, there is a highlight to *acidulus* and *momordica*, with distinct organoleptic characteristics when compared to ordinary varieties, and a high contrast about flesh firmness, between both varieties. About that, this work aimed to evaluate physical and biochemical transformations in melon varieties *acidulus* (access 16), *momordica* (access 2), *inodorus* (cv. Iracema) and *cantalupensis* (cv. Olympic), during its maturation. Fruits, produced in the experimental field of UFERSA, were picked in different maturation stages, from 15 to 35 days after anthesis (DAA). The fruits, arranged in completely randomized design, had been evaluated on the harvest days to physical and chemical characteristics. Then, the fruit flesh was extracted and properly stored (freezer at -18° C) for posterior pectin methylesterase, poligalacturonase and betagalactosidase enzymes; and pectin contents of three solubilization levels: water soluble, chelate soluble and sodium carbonate soluble. The ideal harvest for each melon were, 35 days after anthesis for cv Iracema, 30 days after anthesis for cv. Olympic, 30 days after anthesis for access 16, and 20 days after anthesis for access 2. The high flesh firmness of access 16 is associated to the high levels of sodium carbonate soluble pectin and low levels of poligalacturonase and betagalactosidase activity. Fruit cracking in access 2 is related to the high levels of pectinases activity, as well as the pectin degradation.

Key words: Softening; *Acidulus*; *Momordica*; Pectin; Pectinase.

2.1 Introdução

O melão (*Cucumis melo*) é uma planta caracterizada por um alto grau de polimorfismo. Tal variabilidade genética facilita os trabalhos de melhoramento, como os voltados para o desenvolvimento de resistência às condições ambientais adversas, bem como para a produção de cultivares que atendam às exigências de um maior e mais diversificado número de mercados consumidores (Escribano e Lazaro, 2012; Aragao *et al.*, 2013). Porém, a preferência pelo consumo do fruto *in natura* do melão faz com que a maioria dos trabalhos científicos, especialmente os de pós-colheita, tenha como objeto de estudo as variedades de maior aceitação comercial, tais como a *inodorus* e *cantalupensis*. Por outro lado, variedades como *acidulus* e *momordica*, com pouca importância em mercados tradicionais de melão, apresentam potencial para o melhoramento genético da fruta, por conterem características organolépticas peculiares. Tais características, embora despertem um restrito interesse de consumidores do mercado brasileiro, são bastante apreciadas na Índia e em outros países da Ásia (Sales *et al.*, 2015; Meena *et al.*, 2016).

O conhecimento das transformações no fruto, durante seu desenvolvimento, permite a colheita de um produto com atributos ideais para consumo e/ou conservação. Existem diversos estudos sobre o desenvolvimento de frutos de várias espécies de plantas, incluindo melões, nos quais são investigados os genes que regem as reações relacionadas a cada etapa desse processo de desenvolvimento (Nunez-Paleniuss *et al.*, 2007; Ezura e Owino, 2008; Nunez-Paleniuss *et al.*, 2008; Pech *et al.*, 2008). Em estudos para a escolha do estágio de maturação ideal de melões, as principais variáveis determinantes são: sólidos solúveis e firmeza da polpa, embora outras variáveis também sejam avaliadas para determinar a qualidade do fruto no ponto de colheita. Os teores de sólidos solúveis de melões são compostos, em sua maioria, por açúcares, mas, variedades como *momordica* ou *acidulus*, apresentam sabores distintos, mais cítricos, devido à elevada acidez e a menor concentração de açúcares (Aragao *et al.*, 2013). A firmeza, um componente da textura, tende a reduzir no decorrer da maturação, devido, principalmente, à degradação da parede celular, ocorrendo especialmente por ação de enzimas (Chen *et al.*, 2015).

O amaciamento da polpa afeta consideravelmente a qualidade do melão, para isto, estudos do metabolismo da parede celular, com finalidade de conhecer causas bioquímicas da perda de firmeza, podem contribuir com o desenvolvimento de tecnologias pós-colheita. Quanto maior a diferença fenotípica de materiais avaliados em tais estudos, mais diversificados e significativos serão os resultados.

A solubilização de pectina é uma das principais causas de perda de firmeza em frutas. Durante o desenvolvimento, a forma insolúvel das substâncias pécticas, a protopectina, é despolimerizada por protopectinases, formando as pectinas, agora solúveis. As pectinas, durante o amadurecimento, podem sofrer ação das pectinases, elevando o grau de solubilização (Chen *et al.*, 2015). Em melões, as principais pectinases são: pectina metilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e betagalactosidase (Beta-gal). A PME age em conjunto com a PG, esterificando o esqueleto de ácidos urônicos, tornando o substrato apto para ser clivado. A Beta-gal catalisa a hidrólise de ramos de açúcares neutros, principalmente a galactose (Li *et al.*, 2011; Yuan *et al.*, 2013).

As variedades *acidulus* e *momordica* apresentam estados extremamente distintos com relação à textura, e apresentam sabor diferenciado quando relacionadas à cultivares tradicionais. Estudos revelam que a variedade *acidulus* apresenta uma elevada vida útil pós-colheita, em relação a outros melões comerciais, por outro lado, a variedade *momordica* é altamente perecível, apresentando, inclusive, rompimento dos tecidos ao final do amadurecimento (Manohar e Murthy, 2012). Considerando as características peculiares de tais variedades, especialmente as relacionadas à textura do mesocarpo, o objetivo deste trabalho foi avaliar as transformações físicas, químicas e as atividade de pectinases, bem como a solubilização das pectinas de parede celular de melões das variedades *acidulus*, *momordica*, *inodorus* e *cantalupensis* durante a maturação.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Obtenção dos frutos

O objeto de estudo da presente pesquisa foi um conjunto de quatro variedades de melão (*acidulus*, acesso A16; *momordica*, acesso A2; *inodorus*, cv. Iracema; e *cantalupensis*, cv. Olympic), cujos frutos foram colhidos na horta didática e campo experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, localizada a 5°12'25.9"S 37°19'06.5"O, na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte.

O plantio foi realizado no dia sete de julho de 2015. O transplântio foi procedido sete dias após o plantio, em duas fileiras de 30 metros, para cada material, em espaçamento de 2,00 x 0,3 m. Semanalmente foram realizados controle de plantas invasoras e aplicação dos produtos Desis e Connect, para controle de mosca branca, nas concentrações recomendadas pelo fabricante, de acordo com o grau de incidência da praga.

A fertirrigação, até os 60 dias após o transplântio, foi realizada com 155 kg/ha de ureia, 148 kg/ha de MAP, 85 kg/ha de KCl, 56 kg/ha de sulfato de magnésio e 214 kg/ha de sulfato de potássio.

As flores femininas abertas foram marcadas com lã colorida, uma cor para cada dia, durante todas as manhãs, desde o início da floração, de modo que os frutos eram colhidos a partir de tempos pré-determinados, após a antese floral, de acordo com a tabela 1. Foram coletados cinco frutos para cada estágio.

Tabela 1 – Esquema de colheita do experimento.

Material	Variedade	Origem	Abertura da primeira flor (DAP*)	Estádios de maturação (DAA**)				
				E1	E2	E3	E4	E5
Acesso 16	<i>Acidulus</i>	UFERSA	35	15	20	25	30	35
Acesso 2	<i>Momordica</i>	UFERSA	39	15	20	25	30	33
Iracema	<i>Inodorus</i>	Sakata	40	15	20	25	30	35
Olympic	<i>Cantalupensis</i>	Sakata	37	15	20	25	30	33

*DAP – Dias após plantio

**DAA – Dias após a antese

Os frutos, sempre colhidos ao amanhecer, seguiam imediatamente para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutos da UFRSA, onde eram higienizados para a realização das avaliações.

2.2.2 Avaliações físicas

Foram realizadas as seguintes mensurações: da massa (g), utilizando balança digital de duas casas decimais; diâmetro longitudinal e transversal (mm), utilizando paquímetro digital; relação de formato, dividindo-se o diâmetro longitudinal pelo transversal; espessura de polpa e cavidade (mm); relação espessura de polpa por cavidade (EP/C); coloração da casca e polpa, utilizando colorímetro digital da marca Minolta modelo CR410, em sistema CIELab; e firmeza do fruto e da polpa (N), a primeira, obtida a partir da perfuração de dois pontos opostos no equador da superfície externa do fruto com casca, e, a segunda, a partir de dois pontos na parte central do mesocarpo do fruto seccionado longitudinalmente, utilizando um texturômetro digital computadorizado, da marca Stable Micro Systems, modelo TA.XTExpress/TA.XT2icon, configurado com velocidade de pré-teste de 1 mm/segundo, velocidade de teste de 5 mm/segundo, velocidade de pós-teste de 10 mm/segundo, profundidade de penetração de 10 mm, força de penetração de 0,0049 N e equipado com ponteira P/5 inox cilíndrica de 5 mm de diâmetro.

2.2.3 Preparo das amostras

Após as avaliações físicas realizadas nos frutos seccionados, foi extraída a polpa inteira dos mesmos, até o final da região comestível próxima à casca, e então foram processadas em liquidificador doméstico. Uma porção da polpa foi utilizada para a análise imediata de potencial hidrogeniônico (pH), utilizando um potenciômetro digital, com mensuração direta no suco (AOAC, 2002); acidez titulável (mmol de H₃O⁺/100mL de suco), pelo método da titulometria (IAL, 2005); porcentagem de sólidos solúveis, com uso de um refratômetro digital (AOAC, 2002) e vitamina C, pelo método da titulometria com DFI (Strohecker e Henining, 1967). O restante da polpa foi coletado em um conjunto de três recipientes plásticos com tampa, um exclusivo para as análises enzimáticas, outro para extração de parede celular e o último para determinação da porcentagem de açúcares solúveis totais, pelo método da antrona (Yemn e Willis, 1954). O material coletado foi acondicionado em freezer a -18 °C, até a realização de cada análise.

2.2.4 Extração enzimática

Cada enzima foi extraída da seguinte forma: para pectinametilesterase (PME), 5g de polpa foram homogeneizados em turax, por 1 minuto, com 20 mL de solução de NaCl 0,2 N, e, em seguida, filtrada (Jen e Robinson, 1984); a poligalacturonase (PG) foi extraída de 5g de polpa, com 30 mL de solução tampão acetato de sódio 0,1 M a pH 6,0 contendo 1% de polivinilpirrolidona (PVP) e 0,5 mL de NaCl, homogeneizada em turax por 30 segundos, e, posteriormente, filtrada com organza, resultando em uma fração líquida que foi centrifugada a 10000 rpm, por 30 minutos, a 4 °C, cujo sobrenadante constituiu o extrato enzimático (Pressey e Avants, 1973); a betagalactosidase (Beta-gal) foi extraída de 5g de polpa homogeneizada em turax, por 30 segundos, com 25 mL de NaCl 0,15 M contendo 1% de PVP, cujo homogeneizado foi centrifugado a 10000 rpm, por 20 minutos, a 4 °C, e o sobrenadante resultante constituiu o substrato enzimático (Li *et al.*, 2011).

2.2.5 Ensaio enzimáticos

O ensaio enzimático, para a PME, foi realizado através da titulação de NaOH 0,01 N, durante 10 minutos, em uma mistura de 30 mL de pectina cítrica a 1%, diluída em NaCl a pH 7, com 5 mL do extrato enzimático, mantida sob agitação constante. A finalidade da titulação foi retomar o pH 7, à medida que a atividade enzimática reduzia o pH, no decorrer do tempo. Após os 10 minutos, foi verificada a quantidade de NaOH gasto, para, então, calcular a atividade da enzima. A PG foi determinada a partir da mistura de 3,0 mL do extrato com 3,0 mL de ácido poligalacturônico 0,25%, diluído em tampão acetato de sódio com pH 5,0 em um tubo de ensaio (AR2), e na sequência, deixou-se reagir por três horas a 30 °C. Em seguida, interrompeu-se a reação com banho-maria a 100 °C, por 5 minutos, e, imediatamente, os tubos foram esfriados em banho de gelo. Em outro tubo foi colocado 3,0 mL de água com mais 3,0 mL do extrato, para determinar o branco da amostra (AR1). Para obter a atividade enzimática foi feita a diferença entre as concentrações de AR1 e AR2, obtidas pelo método de Miller (1959). A Beta-gal foi determinada a partir da incubação de 0,5 mL do extrato enzimático, com 0,5 mL do substrato sintético p-nitrofenil β -galactopiranosídeo 0,003M dissolvido em tampão McIlwaine pH 4,0, por 15 minutos, a 37 °C. Em seguida, a reação foi interrompida com a adição de 1,5 mL de carbonato de sódio 0,1 M (adquirindo cor amarela), para posteriormente realizar fotometria a 400 nm (Dey e Pridham, 1969). Todas as atividades enzimáticas foram expressas em $\eta\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ de tecido fresco.

2.2.6 Extração e fracionamento da parede celular

O material de parede celular foi obtido de acordo com Chong *et al.* (2015), com poucas alterações. Para a extração, 20g do pericarpo foram fervidas em 200 mL de etanol 80%, por 20 minutos, e após esfriar ao natural a amostra foi filtrada e todo o procedimento foi repetido por mais duas vezes. Ao final do processo de fervura, o resíduo foi incubado em 50 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) (9:1 v/v), a 4,0 °C, por 12 horas. Em seguida, o resíduo foi mergulhado em 200 mL de clorofórmio etanol (2:1 v/v), por 10 minutos, e, posteriormente, lavado com acetona até o branqueamento total. Após seco, o resíduo foi coletado como material de parede celular (MPC). O peso do MPC foi utilizado para calcular o rendimento de MPC/polpa fresca. Para o fracionamento, 0,1g de MPC foi mergulhado em 10 mL de água destilada; a mistura foi mantida sob agitação durante 4 horas, a 25 °C, e, posteriormente, foi centrifugada a 10000 rpm, por 10 minutos, a 4 °C, tendo sido coletado o sobrenadante; o procedimento foi repetido mais duas vezes. A mistura dos três sobrenadantes obtidos foi armazenada como extrato de pectina solúvel em água (PSA). Para o extrato de pectina solúvel em quelato (PSQ), o mesmo processo foi adotado, usando o resíduo obtido do extrato de PSA mergulhado em 10 mL de ácido 1,2 ciclohexileno dinitrilo tetracético (CDTA) 50 mm. As três frações sobrenadantes de CDTA compuseram o extrato de PSQ. A pectina solúvel em carbonato de sódio (PSC) foi obtida substituindo CDTA 50 mm por carbonato de sódio 50 mm contendo 2,0 mm de CDTA. A determinação da concentração dos extratos, expresso em mg/100g, foi realizada por fotometria pelo método do carbazol com curva de ácido galacturônico e leitura a 530 nm.

2.2.7 Análises estatísticas

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições para cada variedade. Os tratamentos consistiram de cinco estádios de maturação, relacionados na tabela 1. Utilizou-se um fruto por parcela, totalizando 25 frutos para cada variedade. Foram realizadas análises de variância para regressão polinomial pelo software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011), quando não significativas foram expressas as médias gerais de cada variável.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Características físicas

2.3.1.1 Massa de fruto

Observou-se uma elevada variação de valores médios de massa, com a menor e maior média para acesso 16 e acesso 2 (563,00 a 1359,20g, respectivamente, tabela 2). A cultivar Iracema apresentou valor médio de massa de 1137,00g, inferior ao observado por Santos *et al.* (2011), que, ao estudar aspectos produtivos e qualitativos de híbridos de melão amarelo, verificou valores médios variando entre 1340 a 1640g, para os genótipos CNPH 133 e CNPH 136, respectivamente. A cultivar Olympic, teve massa média de 965,20g, inferior ao observado para melões cantaloupe no trabalho de Medeiros *et al.* (2011), que, ao estudar diferentes níveis de salinidade na água de irrigação durante a produção de híbridos ‘Sedna’, obtiveram massa média de fruto de 1190g.

Tabela 2 – Características físicas de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic)**.

Melão	Massa (g)	Diâmetro longitudinal (mm)	Diâmetro transversal (mm)	Índice de formato	Espessura da Polpa (mm)	Cavidade (mm)	Relação EP/C*
Acesso 16	563,00 ±271,78	162,41 ±28,62	78,10 ±14,30	2,09 ±0,16	19,20 ±5,08	41,08 ±5,79	0,46 ±0,09
Acesso 2	1359,20 ±565,01	193,97 ±108,82	84,66 ±46,37	2,29 ±0,31	20,84 ±11,48	44,89 ±24,85	0,47 ±0,09
“Iracema”	1137,00 ±347,69	159,66 ±35,33	128,46 ±33,12	1,25 ±0,07	31,90 ±5,05	57,13 ±6,31	0,56 ±0,08
“Olympic”	965,20 ±309,35	138,88 ±39,99	138,83 ±38,62	1,00 ±0,05	35,49 ±5,88	51,67 ±5,60	0,69 ±0,13

*Relação espessura de polpa por cavidade.

** Valores expressos pela média ± desvio padrão (n= 25).

Segundo Araújo Neto *et al.* (2008), o mercado externo tem preferência por frutos com massa média inferior a 1800g, valor correspondente aos obtidos neste trabalho, em todos os tipos de frutos estudados.

2.3.1.2 Diâmetro longitudinal e transversal

O Acesso 2 apresentou a maior média de diâmetro longitudinal, 193,97 mm, seguido do Acesso 16, com 162,41 mm (Tabela 2). A média da cv. Iracema, 159,66 mm, está dentro da variação encontrada por Santos *et al.* (2011), ao estudar o comportamento de genótipos de melão Amarelo, que foi de 136,20 a 172,4 mm. O melão Olympic apresentou a menor média, 138,88 mm, superior aos obtidos por Queiroga, *et al.* (2008) para melões cantaloupe, 134,00 mm.

Com relação ao diâmetro transversal, os Acesso 16 e 2 apresentaram os menores valores, 78,10 e 84,66 mm, respectivamente (Tabela 2). Queiroga, *et al.* (2008), avaliando melões cantaloupe em cultivo controlado, verificaram, para híbridos “Torreon”, valores de diâmetro transversal variando de 104,00 a 126,00 mm, valores inferiores aos observados para as cultivares Iracema e Olympic no presente trabalho.

O formato médio dos frutos dos acessos 16 e 2 é cilíndrico, índice superior a 1,70 (Tabela 2). As cultivares Iracema e Olympic apresentaram frutos no formato oblongo ($1,10 < IF \leq 1,70$), e esférico ($0,90 < IF \leq 1,10$), respectivamente. A indústria tem preferência por frutos com índices próximos de 1, visto que valores distantes a este comprometem a acomodação dos frutos nas embalagens (Purqueiro; Cecílio Filho, 2005).

2.3.1.3 Espessura de polpa, cavidade e relação EP/C

Os acessos 16 e 2 apresentaram os menores valores médios de espessura de polpa, 19,20 e 20,84 mm, e menor cavidade, 41,08 e 44,89 mm, respectivamente (Tabela 2). Segundo Rizzo e Braz (2001), frutos com menor espessura de polpa apresentam maior cavidade, fato não observado em ambos os acessos, porém, a relação EP/C para estes foi menor em relação às cultivares, indicando menos polpa em relação à cavidade.

2.3.1.4 Coloração

2.3.1.4.1 Cor da casca

As cascas de todos os melões apresentaram elevação da luminosidade (Figura 1 A). A luminosidade da casca está associada ao estágio de maturação (Munira *et al.*, 2013). Essa propriedade física está relacionada à capacidade de retenção de luz pela clorofila, ou seja, à

medida que os níveis de clorofila na casca do fruto são reduzidos, por degradação, a retenção de luz diminui, de modo que as substâncias de coloração predominante passam a ser os carotenóides, com menor espectro de absorção que as clorofilas. Tadmor *et al.* (2010), estudando pigmentação na casca de melões cv. Dulce, Rochet e Noy-Amid, verificaram redução nas concentrações de clorofila, no decorrer da maturação, para todos os frutos.

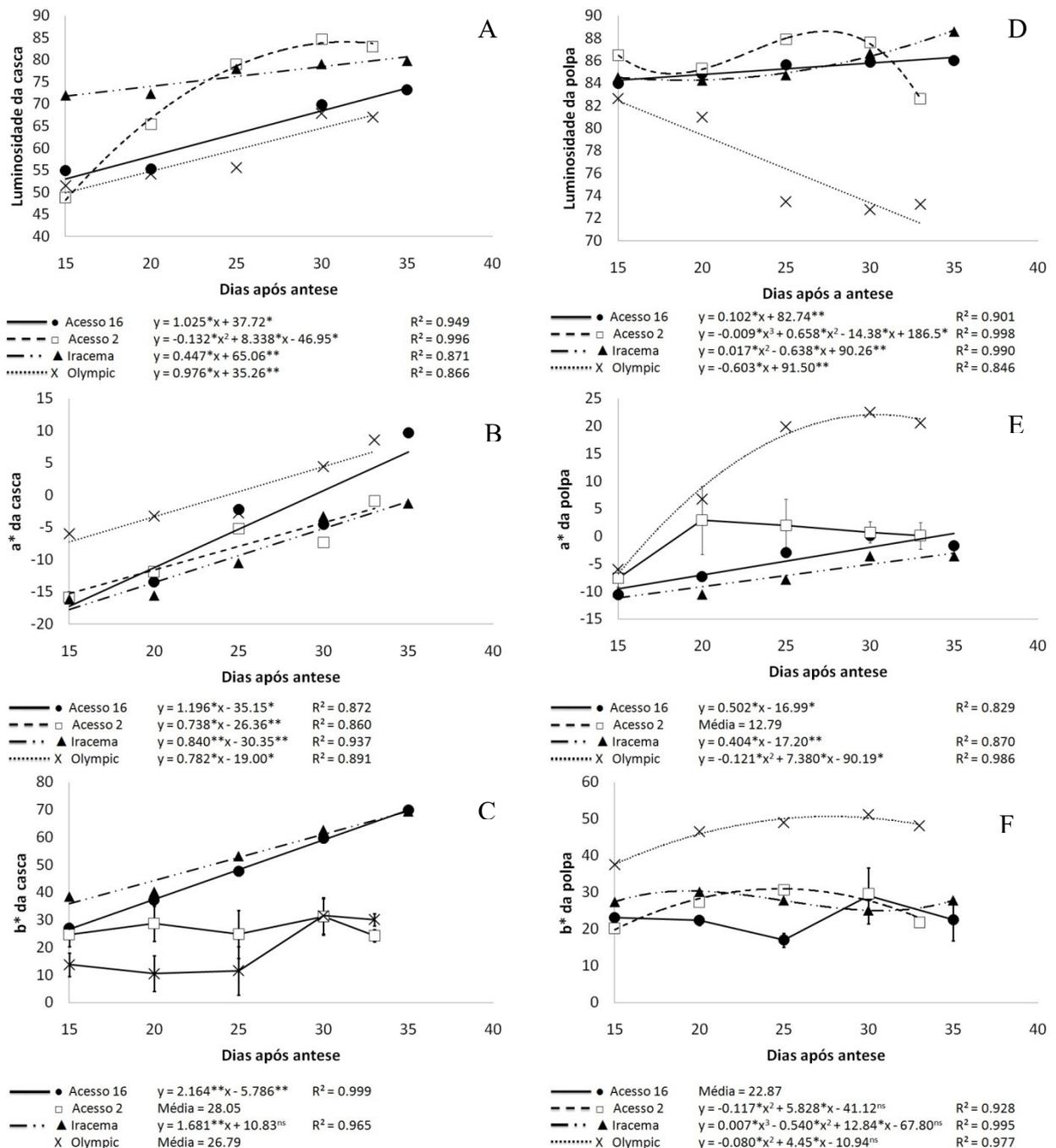


Figura 1 – Cor da casca e polpa, mensurada pelo sistema Ciel*a*b* de melões, das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic), durante a maturação. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

As cascas de todos os frutos apresentaram aumento nos valores da variável a^* , indicando uma redução da coloração verde (Figura 1 B). O acesso 16 e a cultivar Olympic apresentaram, nos últimos dias de maturação, valores mais elevados para a variável a^* , 6,71 e 6,83, respectivamente, fato que pode estar relacionado à uma maior concentração de carotenóides determinantes da coloração na faixa do laranja ao vermelho. O acesso 2 e cultivar Iracema apresentaram, ao último dia, valores de a^* próximos de zero, -2,01 e 0,95, respectivamente, ou seja, menor intensidade da cor vermelha. Tadmor *et al.* (2010), verificaram que, durante a maturação das cultivares Dulce e TVT, houve incremento de carotenóides na casca dos frutos, porém para a cv. Noy Amid ocorreu redução dessas mesmas substâncias, o que interferiu na formação da cor da casca dos frutos, reduzindo a coloração verde, e melhorando a intensidade da cor.

O acesso 2 foi não significativo para a variável b^* (média geral de 28,05; Figura 1 C); nos últimos estádios de maturação, os frutos deste grupo apresentaram cor amarelo esverdeado. Para os demais melões, houve uma tendência de elevação dos valores da variável b^* , porém, a cultivar Olympic apresentou menor valor no estádio (valor médio de 30,18). A coloração amarela do acesso 16 e a cultivar Iracema apresentaram elevada cromaticidade devido ao elevado valor de b^* , 68,8 e 69,7 respectivamente; tal coloração é, possivelmente, propiciada pela elevada quantidade de flavonóides presentes na casca de ambos os tipos de frutos. Tadmor *et al.* (2010), verificaram um incremento significativo do Flavonóide Chalcona Naringenen, durante a maturação das cultivares Noy Amid e Rochet, associando o incremento da substância à intensificação da cor amarela na casca dos frutos.

2.3.1.4.2 Cor da polpa

A polpa dos frutos do acesso 16 e a cultivar Iracema apresentaram elevação da luminosidade durante toda a maturação (Figura 1 D). O acesso 2 apresentou uma queda na luminosidade aos últimos dias devido, possivelmente, à perda de umidade em decorrência da abertura do tecido, reduzindo a reflexão de luz. E a cultivar Olympic apresentou acentuado declínio (-13,16%), por passar de branco esverdeado a laranja intenso, no decorrer da maturação.

Em relação à variável a^* , as polpas de todos os frutos apresentaram aumento (Figura 1 E), entretanto, apenas a cv. Olympic atingiu valores positivos nos últimos DAA. Nos acessos 16 e 2 e cv. Iracema, ocorreu redução da cromaticidade, devido a valores de a^* próximos de zero, associada a poucas alterações nos valores da variável b^* (Figura 1 F). Contrariando este

resultado, os valores de a^* e b^* , para a cv. Olympic resultaram no aumento do croma. Tal variação na cor da cultivar Olympic se dá devido à intensificação da coloração laranja na polpa, o que não é observado nos demais tratamentos que mantiveram uma cor mais esbranquiçada.

2.3.2 Caracterização química

2.3.2.1 pH e acidez

O sabor das frutas é determinado por uma combinação de açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis. A maioria dos frutos apresenta uma forte acidez, porém, melões doces são, comumente, detentores de baixa acidez, quando na maturação, com pH em torno de 6, de modo que a qualidade do melão pode ser determinada apenas pelo conteúdo de açúcar. Todavia, existe uma grande variação genética nesta espécie, e, alguns genótipos, podem acumular elevados níveis de ácido no fruto, caracterizado por pH abaixo de 5,00 (Cohen *et al.*, 2012).

Os níveis de acidez aumentaram durante toda a maturação para os acessos 16 e 2, o que caracteriza o sabor de azedo a amargor das variedades *acidulus* e *momordica* (Figura 2 A), com destaque para o acesso 16 que aos 29 dias chegou ao limite de $11,72 \text{ meq.}100^{-1}$. As cultivares Iracema e Olympic apresentaram elevação da acidez, até os 20 e 25 dias respectivamente, e em seguida os níveis reduziram até os últimos dias. O pH, apesar da estreita variação, se comportou de forma inversa ao observado na acidez (Figura 2 B), o qual os menores valores de pH foram observados nos últimos dias dos acessos, com valores próximos de 5, ao passo que as cultivares obtiveram valores acima de 6, ao final da maturação. O incremento da acidez pode estar relacionado à baixa atividade respiratória desses frutos (ciclo do ácido cítrico reduzido), causando acúmulo de ácidos orgânicos oriundos do descarregamento do floema. Zhang *et al.* (2016), estudando o perfil transcriptômico de melões “Hami”, verificaram que as enzimas ao início do ciclo do ácido cítrico atuam de forma sinérgica no acúmulo de citrato, e que, níveis excessivos de citrato, na célula, ativam enzimas que iniciam a sua degradação, o que explica o ponto de inflexão observado na acidez do acesso 16 e cultivares.

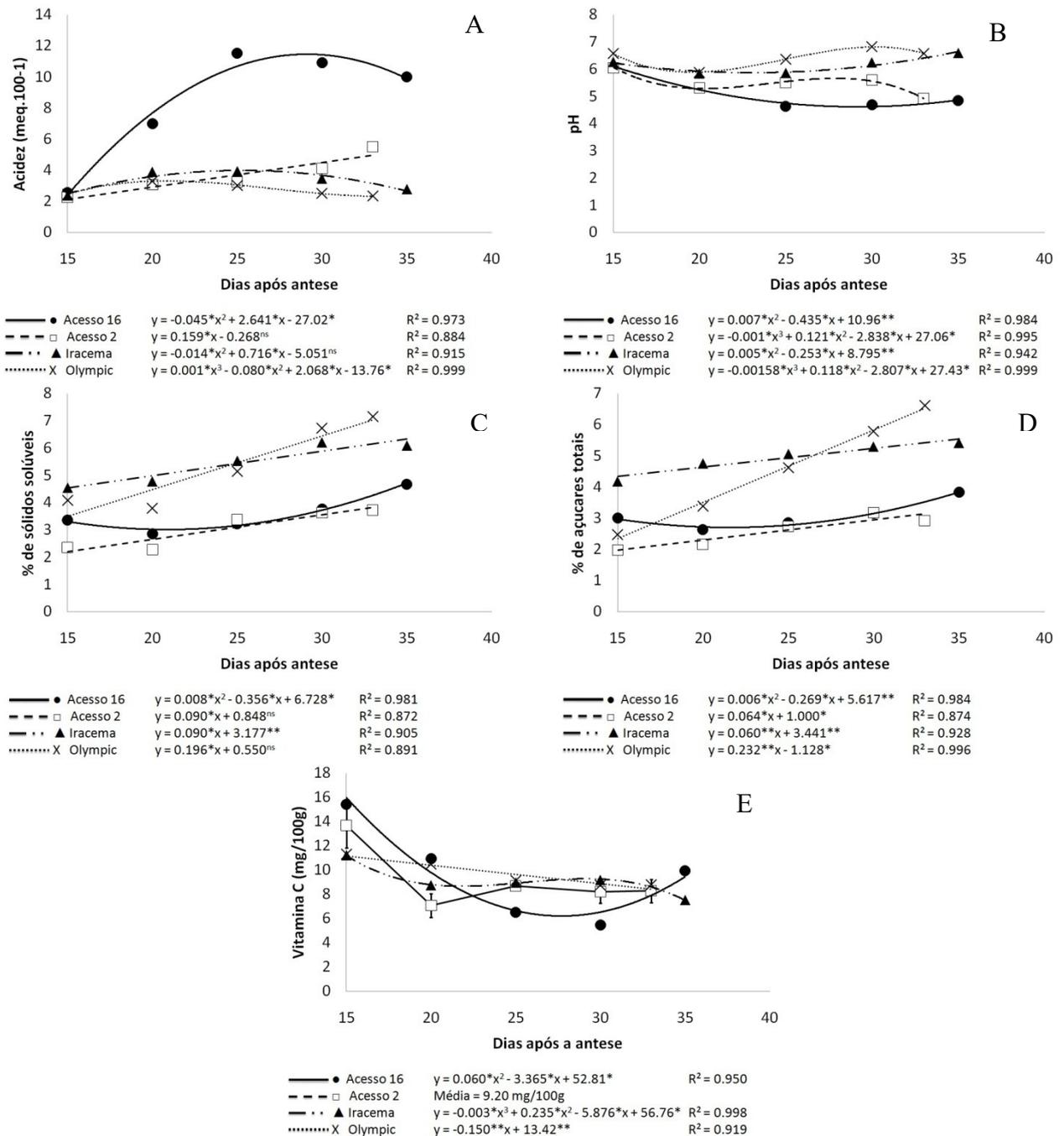


Figura 2 – Acidez, pH, sólidos solúveis, açúcares totais e vitamina C da polpa de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic), durante a maturação. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

2.3.2.2 Sólidos solúveis

Todos os frutos apresentaram aumento dos sólidos solúveis durante a maturação, para diferentes taxas: acesso 16 (27,60%), acesso 2 (73,70%), cultivar Iracema (31,65%), cultivar Olympic (101,09%) (Figura 2 C). Tomaz *et al.* (2009), ao estudarem cinco híbridos de melão

amarelo, encontraram variação de SS de 8,58 a 10,04%. As discrepâncias entre estudos relativos a sólidos solúveis estão associadas à diferenças entre variedades, condições de cultivo e método de obtenção da maturação dos frutos durante a colheita (Vallone *et al.*, 2013). Os acessos 16 e 2 apresentaram valores estimados de sólidos solúveis, no último dia, de 4.6 e 3.8%, respectivamente. Apesar de serem valores inferiores aos parâmetros comerciais, são condizentes com os valores observados em trabalhos com a variedade *momordica*, como os de Aragão *et al.* (2013) e Dhillon *et al.* (2007).

2.3.2.3 Açúcares solúveis totais

Os valores relativos a açúcares solúveis totais aumentaram, a exemplo do que ocorreu com os sólidos solúveis (Figura 2 E), em todos os frutos, porém o incremento de açúcares nos sólidos solúveis só foi observado na cultivar Olympic, com o último estágio apresentando 93,02% de açúcares em relação a sólidos solúveis, o que correspondeu a um aumento de 38,02%, durante a maturação. A cultivar Iracema, apesar de ter a concentração de açúcares reduzida, em relação aos sólidos solúveis (- 3,04%), apresentou 91,24% de açúcares, no último dia. Os acessos 16 e 2, apresentaram queda mais acentuada na proporção de açúcares em sólidos solúveis (- 5,06 e - 8,59%, respectivamente), chegando, no último dia, a 87,32 e 81,51%, respectivamente. A elevação da concentração de açúcar no melão, durante a maturação, pode ser atribuída à síntese de estaquiase e rafinose nas folhas e o posterior transporte para o fruto, onde é convertido em sacarose, via sistema enzimático (Dai *et al.*, 2006).

2.3.2.4 Vitamina C

Foi observada redução dos teores de vitamina C no decorrer da maturação, para todos os materiais avaliados, com valores estimados variando entre 7 e 10 mg/100g de polpa aos últimos dias. Vargas *et. al.* (2008), ao avaliarem diferentes híbridos de melão rendilhado verificaram valores de vitamina C de 17,88 a 22,33 mg/100mL de sulco, tal diferença entre estes valores e aos observados pelo autor podem ser atribuídas às diferenças dos materiais e às condições de cultivo.

2.3.3 Ponto de colheita

Considerando as variáveis estudadas, é possível determinar um ponto de colheita ideal para cada tipo de melão, nas condições do experimento, levando-se em conta a possibilidade dos frutos apresentarem comportamento climatérico ou não climatérico. Dentre as cultivares, a Iracema, por pertencer à variedade *inodorus*, deve, portanto, completar seu desenvolvimento junto à planta. De acordo com os dados da pesquisa, o ponto de colheita ideal deve ocorrer aos 35 DAA, confirmados pelos dados de SS e coloração, os quais apresentaram melhores valores nesse dia. A cultivar Olympic, pertencente à variedade *cantalupensis*, pode amadurecer mesmo após a destacada da planta.

No presente estudo, a cultivar Olympic apresentou desenvolvimento diferenciado a partir de 20 DAA, quando ocorreu o início da descoloração, associada ao consumo de ácidos orgânicos. A colheita, a partir desse ponto, garante manutenção da resistência ao transporte e manuseio, devido à elevada firmeza; por outro lado, colheitas realizadas precocemente podem resultar na redução da qualidade do fruto, após o amadurecimento, visto que não haveria mais translocação de nutrientes da planta. Neste caso, o destino comercial do produto é um fator determinante para a colheita desse tipo de fruto, pois, se for necessário transportar, o fruto pode ser colhido antes dos 30 DAA, mas os atributos ideais para consumo surgem a partir desse momento.

Os frutos do acesso 16 apresentaram elevados valores de acidez titulável quando comparado com os demais melões estudados, apresentando um pico aos 29 DAA. A concentração de ácidos orgânicos, normalmente, não representa uma variável determinante para a colheita do melão, isso porque em muitos trabalhos os níveis de ácidos orgânicos variam de forma irregular (Vallone *et al.*, 2013). A colheita do acesso 2 deve ocorrer aos 20 DAA, pois a elevação dos SS não foi acentuada e, com o passar do tempo, a queda na firmeza é muito elevada. O acesso 2 também apresentou uma elevação nos teores de AT até o final da maturação menos proeminente que a do acesso 16. Ionica *et al.* (2015), ao analisarem a maturação de seis cultivares de melão, verificaram, também, comportamentos diferentes relativos à acidez titulável, porém os valores de acidez não ultrapassaram 0,1%.

Os acessos, como observado nos resultados, apresentam características físico-químicas diferentes, culminando em alterações no aroma e no sabor dos frutos. Os frutos de melão são comumente consumidos como frutos doces de mesa, porém, as variedades *acidulus* e *momordica*, apresentam características boas para o uso culinário, sendo apreciadas na cozinha indiana, em saladas ou para temperar comidas (Meena *et al.*, 2016).

2.3.4 Metabolismo da parede celular

2.3.4.1 Firmeza

Os frutos dos acessos apresentaram menores valores de firmeza de fruto em relação às cultivares Iracema e Olympic (Figura 3 A), porém, o acesso 16 apresentou uma boa manutenção da firmeza no decorrer da maturação, apresentando um baixo coeficiente angular em função do tempo. No que se refere à firmeza de polpa, o acesso 16 apresentou maiores valores durante todos os estádios de maturação (Figura 3 B). Este fato está relacionado à maior resistência mecânica da casca das cultivares. A variação na firmeza de polpa do acesso 16, no período avaliado, foi de -30,83%, enquanto que, para a cultivar Iracema, a redução foi de 42,74%, no mesmo período, além de menor perda de firmeza da polpa os frutos do acesso 16 apresentaram valores elevados de firmeza ao final da maturação, tomando por referência os pontos estimados dos demais materiais aos 15 DAA. O acesso 2 teve redução na firmeza da polpa de 67,38%, valor menor que o observado na cultivar Olympic (-71,73%). Chisari *et al.* (2009), estudando o comportamento das cultivares Piel de sapo e Galia, no decorrer da maturação, constataram queda de firmeza da polpa de 29,19% e 70,77%, respectivamente. Os valores de firmeza das cultivares do presente trabalho corroboram também os valores encontrados em outros trabalhos (Dos-Santos *et al.*, 2011; Vallone *et al.*, 2013).

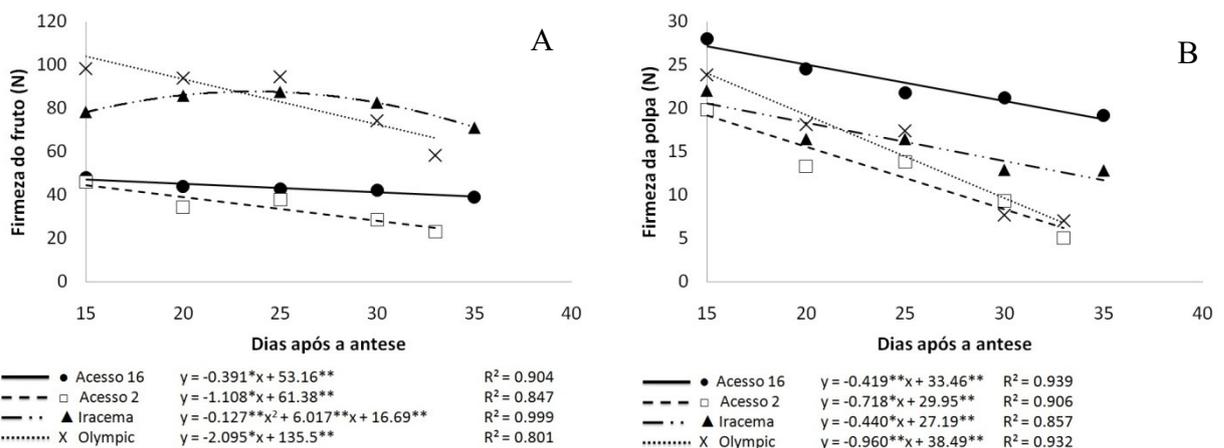


Figura 3 – Firmeza da casca e da polpa de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic), durante a maturação. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

2.3.4.2 Atividade enzimática e concentração de pectinas

2.3.4.2.1 Atividade da PME

A enzima pectina metilesterase (PME) apresentou elevada atividade para os acessos 16 e 2, no decorrer da maturação (Figura 4 A), com valores de 5671,60 e 3834,50 UA/g de polpa/min. aos 29 e 33 DAA, respectivamente, ao passo que para as cultivares comerciais, essa variável não ultrapassou 1200 UA/g de polpa/min. A atividade desta enzima pode apresentar tanto ação na redução da firmeza da polpa (Yuan *et al.*, 2013; Morgado *et al.*, 2015) quanto manter, ou, até mesmo, aumentar a firmeza, pois, tanto há relatos de que essa enzima pode facilitar a perda da firmeza, através da desmetilação, que torna as regiões do esqueleto de ácidos urônicos substratos aptos para receberem a poligalacturonase (PG), quanto de propiciar a associação de íons de cálcio à ligação disponibilizada, inibindo o acesso da PG, e permitindo ainda a ligação cruzada entre esqueletos de ácidos urônicos, podendo, inclusive, elevar a firmeza da polpa (Silveira *et al.*, 2011).

2.3.4.2.2 Atividade da PG

Os valores da atividade de PG, para todos os tratamentos, foram considerados elevados (Figura 4 B), chegando a quase 149,4 UA/g de polpa/min, principalmente quando comparados com valores obtidos por Supapvanich e Tucker (2013). Estes autores, ao avaliarem a hidrólise da parede celular de melões rendilhados, durante o armazenamento, obtiveram valores máximos de apenas 5 UA/g de polpa/min. As cv. Iracema e Olympic apresentaram comportamento esperado quanto ao relacionamento da PG com a PME, pois o pico de ação da PME antecede o pico de ação da PG (23 e 20 DAA, para PME, e 28 e 25 DAA, para PG, respectivamente, Figuras 4 A e B). A atividade máxima da PG para o acesso 16 antecedeu em um dia o valor máximo observado para PME, aos 29 DAA; O acesso 2 não chegou a apresentar um pico de ação da PME, antes do rompimento dos tecidos dos frutos. A atuação elevada da PG, por parte das cultivares, é inibida pela baixa ação da PME nas mesmas, por outro lado, o acesso 2 apresenta uma maior eficiência de ação da PG, devido a associação com a atividade crescente da PME. Este fato pode estar relacionado com o rompimento do tecido dos frutos do acesso 2, nos últimos dias de maturação. Apesar da elevada ação da PME, o acesso 16 apresentou os menores valores de PG, o que lhe garante uma melhor retenção de pectinas de cadeia longa.

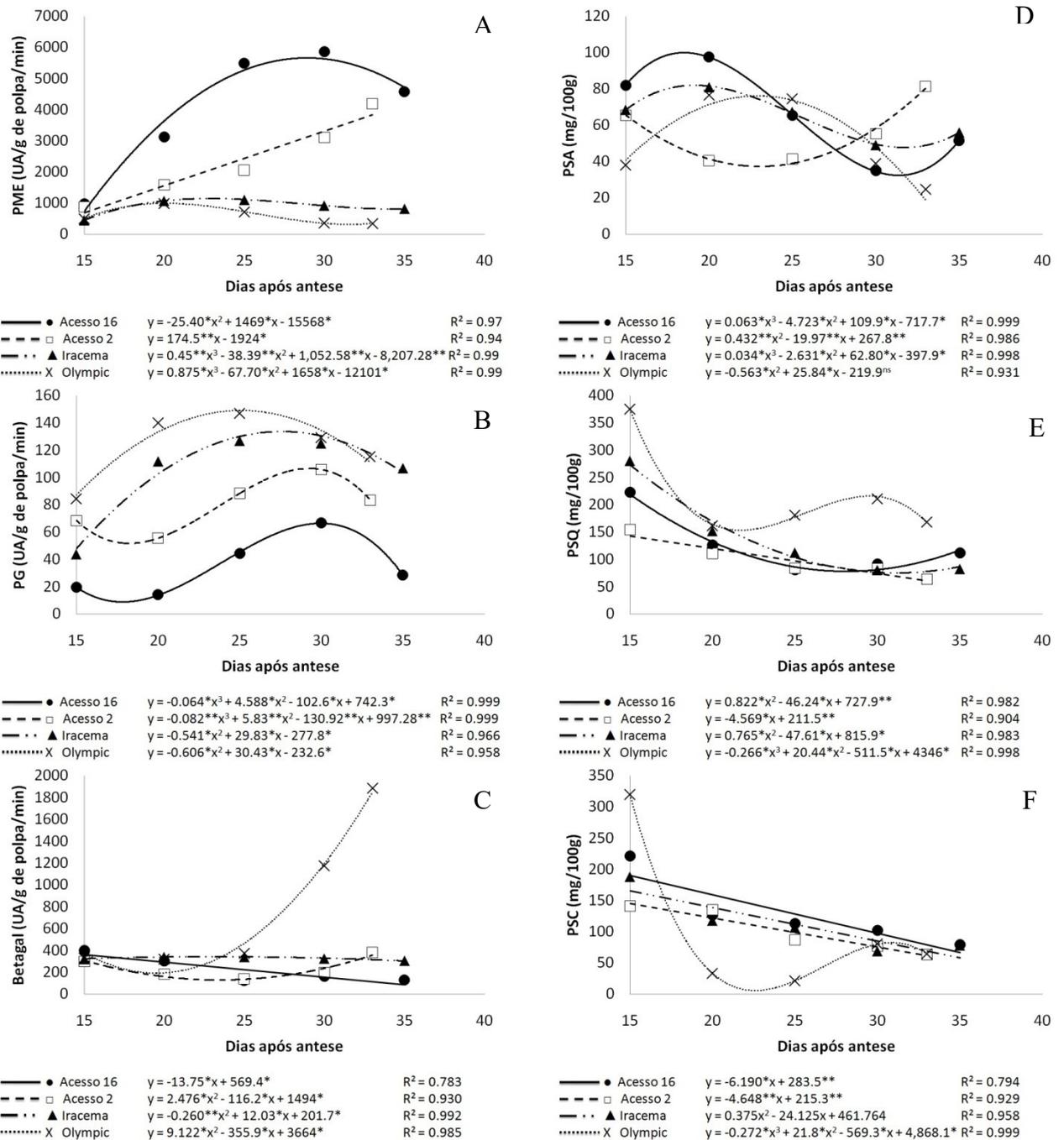


Figura 4 – Atividade da pectina-metilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e beta-galactosidase (Beta-gal), e pectinas solúveis em água, em quelato e em carbonato de cálcio (PSA, PSQ e PSC, respectivamente) de melões, das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2), *inodorus* (cv. Iracema) e *cantalupensis* (cv. Olympic), durante a maturação. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

2.3.4.2.3 Atividade da Beta-gal

A enzima Beta-gal é responsável por desestruturar as cadeias laterais do esqueleto principal do polímero péctico. No decorrer do desenvolvimento, a cultivar Olympic apresentou um crescimento abrupto na atividade desta enzima a partir dos 20 DAA, chegando a um valor máximo superior a 1800 UA/g de polpa/min. no último dia (Figura 4 C), o que afetou consideravelmente a firmeza da polpa, apresentando a maior taxa de redução de firmeza no decorrer do tempo (mencionado em firmeza de polpa). O acesso 2 apresentou elevação similar na atividade da Beta-gal, porém, bem menos intensa, com aumento iniciado aos 23 dias, chegando a 355,76 UA/g de polpa/min. no último dia. Tanto a cultivar Iracema quanto o acesso 16, apresentaram redução da atividade dessa enzima no decorrer do tempo, com decréscimo de 15,47 e 68,15%, respectivamente; a reduzida atividade da Beta-gal, para o acesso 16, está relacionada com a elevada firmeza de polpa do fruto no decorrer da maturação.

A Beta-gal é uma enzima que pode, ainda, atuar no sistema de concentração de açúcares nos frutos, durante o desenvolvimento. Em melões, os açúcares são translocados principalmente na forma de estaquiose, que durante o descarregamento é quebrada até a forma de sacarose, ou, mais ainda, até as formas frutose e glicose; esse processo é conduzido por um complexo enzimático, desde o pedúnculo até o fruto, podendo a enzima Beta-gal atuar na clivagem das galactoses presentes na estaquiose (Fox, 1991). Quanto maior a atividade metabólica do fruto, mais forte é o dreno no sistema de distribuição de nutrientes pelo floema, de modo que a elevada atividade da enzima em questão indica elevados níveis metabólicos (Taiz e Zeiger, 2010). De acordo com os resultados do presente trabalho, houve incremento de açúcares na concentração de sólidos solúveis somente para a cultivar Olympic, que apresentou elevada atividade de Beta-gal, podendo-se associar a atividade dessa enzima não só à firmeza do fruto, mas, também, à concentração de solutos.

Vallone *et al.* (2013), estudando a cultivar MasRico e Navigator, pertencentes à variedade Reticulatus, verificaram através de análise sensorial e físico-químicas, que a MasRico apresentou aroma de pepino, sabor amargo e textura mais elevada, enquanto a cultivar Navigator comportou-se de forma oposta, ou seja, menor firmeza com sabor doce. Bianchi *et al.* (2016), analisando texturas de melões, não verificaram correlação entre o teor de sólidos solúveis e a firmeza dos frutos, obtida por análise sensorial, no entanto, Obando *et al.* (2008), utilizando o método instrumental para obtenção da firmeza, verificaram uma correlação negativa entre sólidos solúveis e firmeza de polpa ($r = -0,22$).

2.3.4.3 Concentração de pectina

2.3.4.3.1 Pectina solúvel em água (PSA)

Dentre as pectinas, as que apresentaram maior relação com a firmeza foram as solúveis em quelato e as solúveis em carbonato de sódio. As pectinas solúveis em água apresentaram comportamento inesperado para o acesso 16 e cultivares (Figura 4 D), com um pico de crescimento seguido de decréscimo. Este fato ocorreu, provavelmente, pelo elevado teor de pectinas metilizadas, que são sintetizadas no complexo de Golgi, ao início da maturação, e transportadas por vesículas para o exterior das células, onde são desmetilizadas por pectina-esterases, formando então ligações entre si, tornando-se menos solúveis (Taiz e Zeiger, 2010).

O acesso 2 apresentou um acúmulo de ácidos urônicos até o final da maturação. Segundo Chong *et al.* (2015), as frações pécticas de cadeias longas, ou seja, as menos solúveis são as que mais se relacionam à firmeza da polpa de melões, porém, o elevado teor de pectinas insolúveis no acesso 2, ao final da maturação, está associado com a reduzida firmeza e o rompimento do fruto.

2.3.4.3.2 Pectina solúvel em quelato (PSQ)

A pectina solúvel em quelato foi mais abundante para a cultivar Olympic (Figura 4 E), durante todo o desenvolvimento, apesar da queda da firmeza ter sido relativamente acentuada. Este resultado aponta para uma maior importância de outros elementos da parede celular, como hemicelulose e celulose, para o estudo da firmeza da variedade *cantalupensis*. Em relação ao acesso 16, este apresentou maiores valores estimados de pectina solúvel em quelato no último dia de maturação, quando comparado a cultivar Iracema, 116,45 e 86,68 mg/100g, respectivamente, devido, principalmente, a menor taxa de degradação enzimática por parte do acesso.

2.3.4.3.3 Pectina solúvel em carbonato (PSC)

A pectina solúvel em carbonato de sódio foi mais concentrada para os frutos do acesso 16 (66,85 mg/100g), em relação aos demais melões, aos 35 DAA, (Figura 4 F). Esse resultado exalta a relação entre pectinas de cadeia longa e a firmeza em frutos de melão. O

comportamento de queda das pectinas solúveis em carbonato está diretamente relacionado com o declínio na firmeza dos frutos, porém, os níveis de pectina e a atividade reduzida das pectinases estudadas, não explicam o rompimento dos tecidos dos frutos do acesso 2, podendo este ocorrer em razão de uma associação de fatores, tais como: solubilização das pectinas; degradação da celulose e hemicelulose e/ou desestruturação da membrana, provocando colapso do tecido. As frações pécticas em quelato apresentaram comportamento semelhante ao da firmeza de polpa, para os acessos e cv. Iracema, não tendo isso sido observado para cv. Olympic, o que firma a ideia de que para este material a firmeza de polpa pode estar relacionada a outros compostos da parede celular.

2.4 Conclusões

O ponto de colheita ideal para os melões foi de 35 dias após a antese para cv. Iracema, 30 dias para cv. Olympic, 30 dias para o acesso 16 e 20 dias para o acesso 2.

A elevada firmeza de polpa do acesso 16 está associada a elevados níveis de pectina solúvel em carbonato de sódio e quelato; e a baixos níveis de atividade das enzimas poligalacturonase e betagalactosidase.

A desestruturação dos frutos do acesso 2 está relacionada à elevada atividade das pectinases, bem como a degradação de pectinas.

BIBLIOGRAFIA

AOAC, **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17ed. Washington: AOAC, 2002. 1115p.

ARAGAO, F. A. S. et al. Genetic divergence among accessions of melon from traditional agriculture of the Brazilian Northeast. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6356-6371, 2013.

ARAÚJO NETO, S. E. de; GURGEL, F. de L.; FERNANDES; PEDROSA, J. F.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO, A. de P. Produtividade e qualidade de genótipos de melão-amarelo em quatro ambientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 30, n. 2, p. 455-458, 2008.

BIANCHI, T. et al. Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: Sensory and physical-chemical evaluation. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 46-56, 2016.

CHEN, H. J. et al. Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest blueberries during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 188, p. 44-48, 2015.

CHISARI, M. et al. Ripening stage influenced the expression of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin methylesterase and polygalacturonase in two melon cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 940-946, 2009.

CHONG, J. X.; LAI, S. J.; YANG, H. S. Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. **Food Control**, v. 53, p. 195-205, 2015.

COHEN, S. et al. The PH gene determines fruit acidity and contributes to the evolution of sweet melons. **Nature Communications**, v. 5, p. 9, 2014.

DAI, N. et al. Cloning and expression analysis of a UDP-galactose/glucose pyrophosphorylase from melon fruit provides evidence for the major metabolic pathway of galactose metabolism in raffinose oligosaccharide metabolizing plants. **Plant Physiology**, v. 142, n. 1, p. 294-304, 2006.

DEY, P. M.; PRIDHAM, J. B. PURIFICATION AND PROPERTIES OF ALPHA-GALACTOSIDASES FROM VICIA FABA SEEDS. **Biochemical Journal**, v. 113, n. 1, p. 49-&, 1969.

DHILLON, N. P. S. et al. Diversity among landraces of Indian snapmelon (*Cucumis melo* var. *momordica*). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 6, p. 1267-1283, 2007.

DOS-SANTOS, N. et al. Cell Wall Polysaccharides of Near-Isogenic Lines of Melon (*Cucumis melo* L.) and Their Inbred Parentals Which Show Differential Flesh Firmness or Physiological Behavior. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 14, p. 7773-7784, 2011.

ESCRIBANO, S.; LAZARO, A. Sensorial characteristics of Spanish traditional melon genotypes: has the flavor of melon changed in the last century? **European Food Research and Technology**, v. 234, n. 4, p. 581-592, 2012.

EZURA, H.; OWINO, W. O. Melon, an alternative model plant for elucidating fruit ripening. **Plant Science**, v. 175, n. 1-2, p. 121-129, 2008.

FERREIRA, D. F. A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E.; COSTA, F. V.; PEREIRA, L. S. E.; GOMES JÚNIOR, J. Colheita e manuseio pós-colheita. In: ALVARES, R. E. (Org.) **Melão pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 23-41. (Frutas do Brasil, 10), 2000.

FOX, P. F. **Food Enzymology**. Elsevier Applied Science Publishers, Limited, 1991.

GIEHL, R. F. H. et al. Growth and physicochemical changes during the ripening of hybrid Torreon muskmelon fruits (*Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naud.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 371-377, 2008.

IAL, **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. São Paulo: 2005.

IONICA, M. E.; NOUR, V.; TRANDAFIR, I. EVOLUTION OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS DURING GROWTH AND DEVELOPMENT OF MUSKMELON (*Cucumis melo* L.). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 52, n. 2, p. 265-271, 2015.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. PECTOLYTIC ENZYMES IN SWEET BELL PEPPERS (*Capsicum-annuum*-L). **Journal of Food Science**, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, 1984.

LI, X. W. et al. 1-MCP suppresses ethylene biosynthesis and delays softening of 'Hami' melon during storage at ambient temperature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 14, p. 2684-2688, 2011.

MANOHAR, S. H.; MURTHY, H. N. Estimation of phenotypic divergence in a collection of *Cucumis melo*, including shelf-life of fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 74-82, 2012.

MEDEIROS, D. C. de; MEDEIROS, J. F. de; PEREIRA, F. A. L.; SOUZA, R. O. de; SOUZA, P. A. de; Produção e qualidade de melão Cantaloupe cultivado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 92-98, 2011.

MEENA, S. R. et al. Most favourite traditional cucurbitaceous vegetables and their utilization pattern in Thar desert of the western Rajasthan, India. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 15, n. 3, p. 385-394, 2016.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-434, 1959.

MUNIRA, Z. A. et al. Effect of postharvest storage of whole fruit on physico-chemical and microbial changes of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L. *reticulatus* cv. Glamour). **International Food Research**, n. 20, p. 501-508, 2013.

NUNEZ-PALENIUS, H. G. et al. Melon fruits: Genetic diversity, physiology, and biotechnology features. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 28, n. 1, p. 13-55, 2008.

_____. Fruit ripening characteristics in a transgenic 'Galia' male parental muskmelon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Ser.) line. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 2, p. 95-100, 2007.

OBANDO, J. et al. Identification of melon fruit quality quantitative trait loci using near-isogenic lines. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n. 1, p. 139-151, 2008.

PECH, J. C.; BOUZAYEN, M.; LATCHE, A. Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. **Plant Science**, v. 175, n. 1-2, p. 114-120, 2008.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. 2 FORMS OF POLYGALACTURONASE IN TOMATOES. **Biochimica Et Biophysica Acta**, v. 309, n. 2, p. 363-369, 1973.

PURQUERIO, L. F. V.; CECÍLIO FILHO, A. B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 831-836, 2005.

QUEIROGA, R. C. F. de; PUIATTI, M.; PAULO; FONTES, C. R.; CECON, P. R. Produtividade e qualidade do melão Cantaloupe, cultivado em ambiente protegido, variando número e a posição dos frutos na planta. **Bragantina**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 911-920, 2008.

RIZZO, A. A. N.; BRAZ, L. T. Características de cultivares de melão rendilhado cultivadas em casa de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 370-373, 2001.

SALES, R. et al. Reaction of melon accessions to *Rhizoctonia solani*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 196-202, 2015.

SANTOS, M. F. dos; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, E. M. de; BARBOSA, J. W. da S. Avaliação de genótipos de melão amarelo em Paulista, PB. **Tecnol. e Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2011.

SILVEIRA, A. C. et al. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 1, p. 77-84, 2011.

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

SUPAPVANICH, S.; TUCKER, G. A. The Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Quality and Cell Wall Hydrolases Activities of Fresh-Cut Muskmelon (*Cucumis melo* var *reticulatus* L.) During Storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 8, p. 2196-2201, 2013.

TADMOR, Y. et al. Genetics of Flavonoid, Carotenoid, and Chlorophyll Pigments in Melon Fruit Rinds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 19, p. 10722-10728, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, 2010.

TOMAZ, H. V. de Q.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. de S.; BEZERRA NETO, F.; TOMAZ, H. V. de Q.; QUEIROZ, R. F. Qualidade pós-colheita de diferentes híbridos de melão-amarelo armazenados sob refrigeração. **Ver. Bras. Frutic.**, Jaboticabal – SP, v. 31, n. 14, p. 987-994, 2009.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, p. 388-394, 2007.

VALLONE, S. et al. An integrated approach for flavour quality evaluation in muskmelon (*Cucumis melo* L. reticulatus group) during ripening. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 171-183, 2013.

VARGAS, P. F. et al. Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**. Editora da Universidade Federal de Lavras (UFLA), v. 32, n. 1, p. 137-142, 2008.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

YUAN, L. et al. Postharvest hot water dipping reduces decay by inducing disease resistance and maintaining firmness in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 101-110, 2013.

ZHANG, H. et al. Transcriptome profiling of *Cucumis melo* fruit development and ripening. **Horticulture Research**, v. 3, p. 10, 2016.

**CAPÍTULO 3 - TRANSFORMAÇÕES BIOQUÍMICAS DURANTE O
ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE DIFERENTES VARIEDADES DE
MELÕES**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar as transformações bioquímicas e o potencial de conservação de melões, armazenados sob refrigeração. Os melões das variedades *acidulus* (acesso 16), *momordica* (acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema) foram armazenados em câmara fria a 9 °C a 85±5% de umidade relativa, durante 32, 18 e 30 dias, respectivamente. Em intervalos de dias determinados para cada variedade, os frutos arranjados em delineamento inteiramente casualizado, foram analisados quanto à aparência externa e interna; atributos físicos e químicos; atividade das enzimas pectinametilesterase, poligalacturonase e betagalactosidase; e conteúdo de pectinas divididas por grau de solubilização. O acesso 16 e o melão amarelo (cv. Iracema) possuem potencial de armazenamento de 30 dias, em armazenamento refrigerado (9±1 °C e 85±5 % UR). O acesso 2, nas mesmas condições, teve vida útil pós-colheita de 10 dias. A perda da firmeza dos melões estudados está associada à atividade da enzima Beta-gal e à redução das frações de pectina, solúveis em quelato e carbonato. Os frutos do acesso 16 têm elevada concentração de pectina solúvel em quelato e carbonato de sódio, e menor atividade da enzima Beta-gal em relação aos demais frutos, o que lhes confere melhor durabilidade com relação à firmeza de polpa do fruto. As alterações nas concentrações das três frações pécticas, durante o armazenamento, estiveram bem relacionadas com a firmeza da polpa e com a atividade da enzima Beta-gal para o acesso 2, apresentando, portanto, relação com o rompimento dos tecidos deste fruto ao final do armazenamento.

Palavras-chave: *Acidulus*; *Momordica*; Conservação; Pectinase.

Biochemistry changes during refrigerated storage of different melon varieties.

ABSTRACT

This work aimed to study the biochemical transformations and conservation potential of melons, stored in cooler. The melons from the varieties *acidulus* (access 16), *momordica* (access 2) and *inodorus* (cv. Iracema) were stored in cooler at 9 °C and 85±5% of relative air humidity, during 32, 18 and 30 days, respectively. In intervals of days determined for each variety, the fruits, arranged in totally randomized design, were analyzed to external and inner appearance; physical and chemical attributes; enzyme activity of pectin methylesterase, poligalacturonase and betagalactosidase; and pectin content divided in different degrees of solubilization. Access 16 and the yellow melon (cv. Iracema) showed high durability, with storage potential of 30 days in cooler (9±1 °C e 85±5 % relative humidity). The access 2, in same conditions, had low durability, lasting only 10 days. The flesh firmness lost of the studied fruits was associated to the Betagalactosidase activity, and the reduction of chelate and sodium carbonate soluble pectins, for all the fruits. Access 16 fruits have high concentration of chelate and sodium carbonate soluble pectin, and lower activity of betagalactosidase enzyme, in relation to the other fruits, what conferred to it a better durability about flesh fruit firmness. The changes in the three pectin fractions, during storage, were well correlated to flesh firmness, and with the activity of betagalactosidase enzymes, to access 2, showing, therefore, relation with the tissue cracking of this fruits at the end of storage.

Key words: *Acidulus*; *Momordica*; Conservation; Pectinase.

3.1 Introdução

O meloeiro é uma das culturas mais importantes do cenário agrícola brasileiro, com elevado volume de exportação, principalmente para a Europa. O total de melões enviados para o exterior do país, de agosto de 2015 a fevereiro de 2016, correspondeu a 206 mil toneladas, propiciando aos exportadores brasileiros uma receita de US\$ 142 milhões (Costa e Julião, 2016). As variedades mais consumidas no ocidente são as de sabor adocicado, tais como *inodorus* e *cantalupensis*; a despeito de tal realidade, o melão apresenta elevado polimorfismo, resultando em frutos com diferentes sabores, aparências e usos culinários (Escribano e Lazaro, 2012; Aragao *et al.*, 2013). Entre as variedades que podem atingir novos nichos de mercado, por apresentarem propriedades organolépticas bastante peculiares, destacam-se a *acidulus* e a *momordica*. Pertencentes à subespécie *agrestis*, de origem asiática, essas variedades apresentam elevada acidez, com sabor e textura distintos, sendo ideais no uso em saladas, ou consumidas com condimentos, por isso, são bastante apreciadas na Índia e em outros países da Ásia, além de serem, também, consumidas por pequenos produtores no Nordeste do Brasil (Sales *et al.*, 2015; Meena *et al.*, 2016). Além do aspecto diferenciado dos frutos, tais variedades apresentam grande diferença quanto à durabilidade pós-colheita; essa característica pode propiciar o desenvolvimento de pesquisa na área de melhoramento genético (Manohar e Murthy, 2012).

A firmeza de polpa, uma característica importante para o mercado de melões (*Cucumis melo*), tende a reduzir no decorrer do tempo. Um dos objetivos do armazenamento é manter a textura ideal dos frutos; porém, para um melhor desenvolvimento de tecnologias nessa área, faz-se necessário o conhecimento prévio das causas da degradação das estruturas bioquímicas que compõem a resistência mecânica dos tecidos. Para ampliar a compreensão deste fenômeno, o estudo de frutos com larga distinção de comportamento durante a conservação, constitui especial oportunidade de expandir a visão sobre variáveis relacionadas à resistência mecânica dos tecidos.

O armazenamento tem por objetivo aumentar a vida útil do fruto através da redução da atividade metabólica; para tanto, são alteradas as condições ambientais durante o acondicionamento, através do controle da temperatura, umidade e composição atmosférica. O controle da temperatura é a prática mais comum na conservação de frutas *in natura*; para melões, de forma geral, a temperatura ideal de armazenamento varia de 6 a 10 °C, porém, temperaturas extremamente baixas, podem provocar injúrias. A umidade da atmosfera deve estar elevada a fim de se evitar desidratação, uma das principais causas da perda de massa dos

frutos. Os principais critérios de avaliação da qualidade dos melões envolvem os sólidos solúveis e a firmeza de polpa (Ferrante *et al.*, 2008; Bett-Garber *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2012; Jin *et al.*, 2013; Supapvanich e Tucker, 2013a).

Durante o armazenamento de frutos climatéricos ocorre aumento na produção de etileno, que, por sua vez, sinaliza o início das reações de amadurecimento e senescência, incluindo a síntese de mais etileno, culminando no efeito autocatalítico. Por outro lado, em frutos não climatéricos, não há um pico de síntese de etileno, e, conseqüentemente, o metabolismo ocorre mais lentamente. Em melões, ocorrem variedades tanto climatéricas, como a var. *cantalupensis*, quanto não climatéricas, como a var. *inodorus* (Pech *et al.*, 2008). A respiração é a reação mais afetada pela sinalização do etileno, tendo como substrato, principalmente, açúcares e ácidos orgânicos, provocando alterações no sabor e fornecendo energia para as reações de degradação da parede celular. Esse processo resulta em perda de firmeza, devido, principalmente, à ação de enzimas que solubilizam pectinas, responsáveis pela coesão das células e manutenção da rigidez da parede primária (Uenojo e Pastore, 2007).

A solubilização enzimática de pectinas é uma das principais causas de alterações na textura de frutas. Em melões, as principais enzimas envolvidas nesse processo são: pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e beta-galactosidase (Beta-gal). A PME provoca a desmetoxilação da cadeia de ácidos urônicos, tornando a pectina um substrato apto a receber a PG, que catalisa a hidrólise das ligações α -1-4, reduzindo o tamanho da cadeia. A desmetoxilação pode favorecer a estruturação das pectinas, na presença de íons como o cálcio; por esse motivo, frutos ricos em cálcio têm melhor textura quando sujeitos à ação da PME. A Beta-gal, atua clivando ligações β -1-4 de cadeias laterais retirando açúcares neutros, principalmente a galactose, tornando a estrutura da pectina mais simples, facilitando a solubilização (Li *et al.*, 2011; Yuan *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2015).

Considerando a possibilidade de ocorrência de novos nichos de mercado para melões com características exóticas, e, ponderando também, que tais características possam servir de importante base de estudos na área de melhoramento, fica evidente a importância de trabalhos que tenham como objeto de estudo diferentes variedades de melão. Uma das alternativas de trabalho, diz respeito ao potencial de conservação dos frutos. Nesse contexto, estudos que incluam variedades com discrepante vida útil pós-colheita podem servir de referencial para futuras pesquisas, especialmente na área da genética. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo estudar as transformações bioquímicas e a vida útil pós-colheita de melões das variedades *acidulus*, *momordica* e *inodorus*, submetidos ao armazenamento refrigerado.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Obtenção e acondicionamento dos frutos

O objeto de estudo da presente pesquisa foi um conjunto de três variedades de melão (*acidulus*, acesso A16; *momordica*, acesso A2; e *inodorus*, cv. Iracema), cujos frutos foram colhidos na horta didática e campo experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, localizada a 5°12'25. 9"S 37°19'06. 5"O, na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte.

O plantio ocorreu no dia 10 de dezembro de 2014. O transplântio foi procedido no dia 22 do mesmo mês, em linhas de 7,5 metros, uma para cada material, em espaçamento 2,00 x 0,3 m. Semanalmente foram realizados controle de plantas invasoras e aplicação dos produtos Desis e Connect, para controle de mosca branca, nas concentrações recomendadas pelo fabricante, de acordo com o grau de incidência da praga.

A fertirrigação, até os 60 dias após o transplântio, foi realizada com 155 kg/ha de ureia, 148 kg/ha de MAP, 85 kg/ha de KCl, 56 kg/ha de sulfato de magnésio e 214 kg/ha de sulfato de potássio.

Na manhã de 12 de fevereiro de 2015, os frutos foram imediatamente colhidos, e levados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutos da UFERSA, onde foram, em seguida, lavados e higienizados. Após observar a aparência externa, excluíram-se os frutos danificados, sendo selecionados 20 frutos de *acidulus*, 25 de *momordica* e 12 de *inodorus*. Diferentes tempos de armazenamento foram considerados, de acordo com a vida útil pós-colheita de cada variedade (Tabela 3). Todos os frutos foram acondicionados, individualmente sob bandejas de poliestireno, em câmara fria e úmida, a uma temperatura de 9 ± 1 °C e

Tabela 3 – Identificação do material, amostragem e tempos de armazenamento.

Material	Variedade	Origem	Número de frutos	Frutos por tempo	Tempos de armazenamento (dias)				
					T0	T1	T2	T3	T4
Acesso 16	<i>Acidulus</i>	UFERSA	20	4	0	8	16	24	32
Acesso 2	<i>Momordica</i>	UFERSA	25	5	0	5	10	15	18
Cv. Iracema	<i>Inodorus</i>	Sakata	12	3	0	10	20	30	-

umidade relativa de 85 ± 5 %. Os frutos, correspondentes ao último tempo, foram pesados no início do armazenamento e em cada período de armazenamento, para obtenção da perda de massa dos frutos em porcentagem.

3.2.2 Avaliações físicas

Os frutos foram avaliados quanto à aparência em cada período de coleta, utilizando escala subjetiva proposta por Menezes (1996), a qual considera a ausência ou presença dos seguintes defeitos: depressões, murcha ou ataque fúngico (aparência externa); colapso interno, sementes soltas, líquido na cavidade das sementes (aparência interna); e manchas escuras na superfície dos frutos (injúria pelo frio). A escala subjetiva adotada corresponde a notas de 0 a 4, assim ordenadas: 0, para ausência de defeitos (sem defeitos); 1, para defeitos leves (1 – 10% de defeito); 2, para defeito moderado (11 – 30% de defeito); 3, defeito severo (31 – 50% de defeito); e 4, extremamente severo (acima de 50% do fruto afetado). Foi considerado como fruto inadequado para comercialização, aquele que apresentou nota acima de 3.

Quanto a coloração da casca e da polpa, os frutos foram analisados utilizando um colorímetro digital da marca Minolta modelo CR300, em sistema CIELab. A firmeza do fruto (N), foi obtida a partir da perfuração de dois pontos opostos no equador da superfície externa, e a firmeza da polpa (N), foi mensurada a partir de dois pontos na parte central do mesocarpo do fruto seccionado longitudinalmente, utilizando um texturômetro digital computadorizado, da marca Stable Micro Systems, modelo TA.XTExpress/TA.XT2icon, configurado com velocidade de pré-teste de 1 mm/segundo, velocidade de teste de 5 mm/segundo, velocidade de pós-teste de 10 mm/segundo, profundidade de penetração de 10 mm, força de penetração de 0,0049 N e equipado com ponteira P/5 inox cilíndrica de 5 mm de diâmetro.

3.2.3 Preparo das amostras

Após as avaliações físicas realizadas nos frutos seccionados, foi extraída a polpa inteira dos frutos até a região comestível, próxima à casca, e então foram processados em liquidificador doméstico. Uma porção da polpa foi utilizada para a análise imediata de potencial hidrogeniônico (pH), utilizando um potenciômetro digital (AOAC, 2002); acidez titulável (mmol de H₃O⁺/100mL de suco) pelo método da titulometria (IAL, 2005); porcentagem de sólidos solúveis, com uso de um refratômetro digital (AOAC, 2002); e vitamina C, pelo método da titulometria com DFI (Strohecker e Henining, 1967). O restante da polpa foi coletado em recipientes plásticos com tampa, e acondicionado em freezer a -18 °C, divididos em três frações, uma exclusiva para as análises enzimáticas, outra para extração de parede celular e, a última, para determinação da porcentagem de açúcares solúveis totais,

pelo método da antrona (Yemn e Willis, 1954) e porcentagem de açúcares redutores, pelo método do ácido dinitrosalicílico (Miller, 1959).

3.2.4 Extração enzimática

Para cada enzima foram realizadas as seguintes formas de extrações: para pectinametilesterase (PME), 5g de polpa foram homogeneizadas em turax, por 1 minuto, com 20 mL de solução de NaCl 0,2 N, e em seguida, filtrada (Jen e Robinson, 1984); a poligalacturonase (PG) foi extraída de 5g de polpa, com 30 mL de solução tampão acetato de sódio 0,1 M a pH 6,0 contendo 1% de polivinilpirrolidona (PVP) e 0,5 mL de NaCl, homogeneizada em turax por 30 segundos, e, posteriormente, filtrada com organza, resultando numa fração líquida que foi centrifugada a 10000 rpm por 30 minutos a 4 °C, cujo sobrenadante constituiu o extrato enzimático (Pressey e Avants, 1973); a betagalactosidase (BetaGal) foi extraída de 5g de polpa homogeneizada em turax, por 30 segundos, com 25 mL de NaCl 0,15 M contendo 1% de PVP, cujo homogeneizado foi centrifugado a 10000 rpm por 20 min a 4 °C, e o sobrenadante resultante constituiu o substrato enzimático (Li *et al.*, 2011).

3.2.5 Ensaios enzimáticos

O ensaio enzimático para a PME, foi realizado através da titulação de NaOH 0,01 N, durante 10 minutos, em uma mistura de 30 mL de pectina cítrica a 1%, diluída em NaCl a pH 7,0 com 5 mL do extrato enzimático, mantida sob agitação constante. A finalidade da titulação foi retomar o pH 7,0 à medida que a atividade enzimática reduzia o pH, no decorrer do tempo. Após 10 minutos, era verificada a quantidade de NaOH gasto, para então calcular a atividade da enzima. A PG foi determinada a partir da mistura de 3,0 mL do extrato com 3,0 mL de ácido poligalacturônico 0,25% diluído em tampão acetato de sódio com pH 5,0, em um tubo de ensaio (AR2), na sequência, deixou-se reagir por três horas a 30 °C; em seguida, interrompeu-se a reação com banho-maria a 100 °C, por 5 minutos, e, imediatamente, os tubos foram esfriados em banho de gelo. Em outro tubo foi colocado 3,0 mL de água com mais 3,0 mL do extrato, para determinar o branco da amostra (AR1). Para obter a atividade enzimática foi feita a diferença entre as concentrações de AR1 e AR2, obtidas pelo método de Miller (1959). A Beta-gal foi determinada a partir da incubação de 0,5 mL do extrato enzimático, com 0,5 mL do substrato sintético p-nitrofenil β -galactopiranosídeo 0,003M dissolvido em tampão McIlwaine pH 4,0, por 15 minutos a 37 °C. Em seguida, a reação foi

interrompida com a adição de 1,5 mL de carbonato de sódio 0,1 M (adquirindo cor amarela), para, posteriormente, realizar fotometria a 400 nm (Dey e Pridham, 1969). Todas as atividades enzimáticas foram expressas em $\eta\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ de tecido fresco.

3.2.6 Extração e fracionamento da parede celular

O material da parede celular foi obtido, de acordo com Chong *et al.* (2015), com poucas alterações. Para a extração, 20g do pericarpo foram fervidas em 200 mL de etanol 80%, por 20 minutos, após esfriar ao natural a amostra foi filtrada e todo o procedimento foi repetido por mais duas vezes. Ao final do processo de fervura, o resíduo foi incubado em 50 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) (9:1 v/v), a 4,0 °C, por 12 horas. Em seguida, o resíduo foi mergulhado em 200 mL de clorofórmio etanol (2:1 v/v), por 10 minutos, e, posteriormente, lavado com acetona até o branqueamento total. Após seco, o resíduo foi coletado como material de parede celular (MPC).

A massa do MPC foi utilizada para calcular o rendimento de MPC/polpa fresca. Para o fracionamento, foi mergulhado em 10 mL de água destilada 0,1g de MPC; a mistura foi mantida sob agitação durante 4 horas, a 25 °C, e, posteriormente, foi centrifugada a 10000 rpm, por 10 minutos, a 4 °C, tendo sido coletado o sobrenadante; o procedimento foi repetido por mais duas vezes. A mistura dos três sobrenadantes obtidos foi armazenada como extrato de pectina solúvel em água (PSA).

Para o extrato de pectina solúvel em quelato (PSQ), o mesmo processo foi adotado, usando o resíduo obtido do extrato de PSA mergulhado em 10 mL de ácido 1,2 ciclohexileno dinitrilo tetracético (CDTA) 50 mm. As três frações sobrenadantes de CDTA compuseram o extrato de PSQ. A pectina solúvel em carbonato de sódio (PSC) foi obtida substituindo CDTA 50 mm por carbonato de sódio 50 mm contendo 2,0 mm de CDTA. A determinação da concentração dos extratos, expresso em mg/100g, foi realizada por fotometria, pelo método do carbazol com curva de ácido galacturônico e leitura a 530 nm.

3.2.7 Análises estatísticas

Foram realizados experimentos em delineamento inteiramente casualizado, para cada material individualmente, de acordo com o número de amostras exposto na Tabela 3, em que cada fruto compôs uma unidade experimental. Foram realizadas análises de variância para

regressão polinomial pelo software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011). Quando não significativas foram expressas as médias gerais de cada variável.

3.3 Resultado e Discussão

3.3.1 Aparência

O acesso 16 e a cultivar Iracema mantiveram boa aparência externa durante todo o período de armazenamento, apresentando poucos defeitos associados à perda da qualidade, como poucas manchas no exocarpo e sementes soltas (Tabela 4). O acesso 2 apresentou uma elevação repentina dos danos internos, devido ao início do rompimento dos tecidos aos 18 dias de armazenamento, o que agravou consideravelmente a aparência interna dos frutos (Tabela 4). Esse fenômeno de mudança brusca é, possivelmente, sinalizado por etileno, produzido pelo próprio fruto, de modo que, o rompimento de tecidos dos melões, da variedade *momordica*, pode estar associado ao climatério do fruto, porém, não há estudos relativos à atividade respiratória e a produção de etileno de frutos de tal variedade. Morgado *et al.* (2015), estudando melões da variedade cantaloupe, considerados climatéricos, verificaram que a durabilidade dos frutos em ambiente refrigerado não ultrapassou os 25 dias de armazenamento.

Tabela 4 – Aparência externa e interna de diferentes variedades de melões armazenados sob refrigeração (9 ± 1 °C 85 ± 5 % UR).

Variedades	Tempos de armazenamento	Aparência ext.	Aparência int.
<i>Acidulus</i> (Acesso 16)	0	0,00	0,00
	8	0,00	0,00
	16	0,00	1,00
	24	1,25	1,00
	32	1,25	1,25
<i>Momordica</i> (Acesso 2)	0	0,00	0,00
	5	0,00	0,00
	10	0,00	0,60
	15	1,40	0,60
	18	1,80	3,20
<i>Inodorus</i> ("Iracema")	0	0,00	0,00
	10	0,00	1,00
	20	0,00	1,00
	30	1,00	1,00

As variedades *acidulus* e *momordica* apresentam elevada resistência a patógenos (Dhillon *et al.*, 2007; Sales *et al.*, 2015), corroborando o observado no presente trabalho, uma vez que não houve incidência macroscópica de patógenos durante todo o período de armazenamento para todos os frutos. Não foi registrado, também, nenhum sintoma de injúria pelo frio até o final da avaliação, validando a temperatura como adequada ao acondicionamento dos frutos.

3.3.2 Perda de massa

Verificou-se um aumento na perda de massa durante o armazenamento, para todos os frutos (Figura 5).

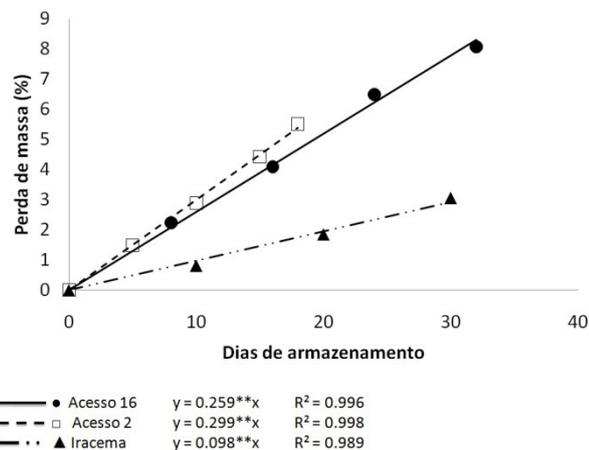


Figura 5 – Perda de massa de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema), submetidas a 9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante 32, 18 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. **significativo a 1% de probabilidade.

Este resultado pode ser atribuído, principalmente, à perda de umidade e de material de reserva pela evapotranspiração e respiração, respectivamente. Aos 18 dias de armazenamento, o acesso 2 apresentou o maior valor de perda de massa (5,38%); aos 30 dias o acesso 16 apresentou maior valor de perda quando comparado à cultivar Iracema (7,77 e 2,94%, respectivamente). Maiores valores de perda de massa entre acessos, em relação a cultivar Iracema, podem estar associados a uma melhor resistência do exocarpo da cultivar, que apresenta maior firmeza do fruto (Figura 9 A); A maior e mais rápida perda de massa do acesso 2, ocorreu devido ao elevado grau de transformação dos frutos, decorrente das fraturas do endocarpo e por uma baixa resistência do exocarpo (Figura 9 A). Ferrante *et al.* (2008), estudando o armazenamento de melões da variedade *Reticulatus* à temperatura de 10° C,

verificaram perda de massa acima de 4%, superior ao observado nesse trabalho; Bett-Garber *et al.* (2011), ao armazenarem melões cantaloupe a 4 e a 10° C, verificaram que os menores valores de perda de massa ocorrem a 4° C, porém, menores alterações do sabor dos frutos puderam ser observadas à temperatura de 10° C, o que conota a escolha correta da temperatura, entre outras condições de armazenamento, em relação à variedade.

3.3.3 Coloração

3.3.3.1 Cor da casca

Ocorreu aumento da luminosidade da casca, para os acessos, e redução para a cv. Iracema, no decorrer do tempo (Figura 6 A), porém, a cv. Iracema manteve valores mais elevados de luminosidade durante todo o armazenamento. A redução da luminosidade pode estar associada à degradação, ou oxidação, de polifenóis presentes no tecido, enquanto que a elevação da luminosidade pode estar associada à degradação de resíduo de clorofila, responsável por maior retenção de luz (Tadmor *et al.*, 2010). Ao final do armazenamento observa-se uma redução na luminosidade dos acessos.

A variável a^* , representa a variação na cor, de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos), tanto o acesso 16 quanto a cultivar apresentaram uma elevação nos valores de a^* (Figura 6 B), provavelmente, devido à relação com a degradação de resíduos de clorofila e/ou síntese de substâncias carotenóides. Tal incremento reduz a intensidade da cor para o acesso 16, pois no último dia, em relação ao primeiro, os valores foram próximos de zero. O acesso 2 manteve-se com valores abaixo de zero indicando que a casca destes frutos manteve-se verde durante todo o período avaliado.

A variável b^* (Figura 6 C) representa a variação entre a cor azul (valores negativos) e cor amarela (valores positivos). A cultivar Iracema apresentou elevação tanto em a^* quanto em b^* , o que corresponde a uma melhor manutenção da cor. Os acessos tiveram redução de b^* , uma diminuição na cor amarela, reduzindo a intensidade da cor observada, dado que a relação entre a^* e b^* determina a cor e a cromaticidade (Konica Minolta, 2017).

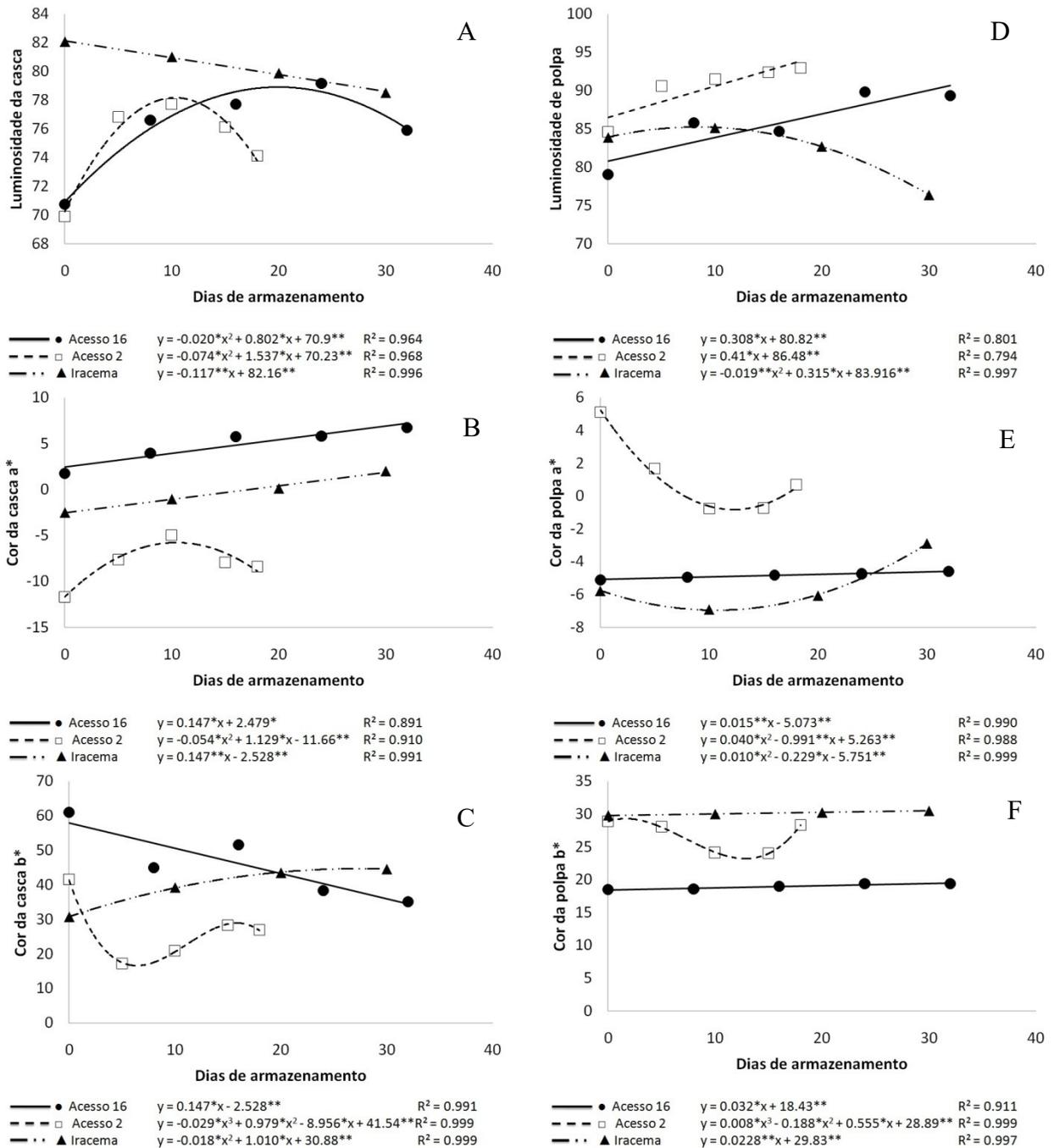


Figura 6 – Coloração da casca e da polpa, em CieL*a*b*, de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema), submetidas a 9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante 32, 18 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

3.3.3.2 Cor da polpa

A luminosidade da polpa apresentou elevação para os acessos e queda para a cv. Iracema (Figura 6 D), tendo sido afetada tanto pela degradação ou síntese de substâncias que

refletem ou retém luz em diferentes comprimentos de onda, quanto pelo teor de água (Munira *et al.*, 2013).

Ocorreu uma tênue elevação da variável a^* para o acesso 16 (Figura 6 E); o acesso 2 sofreu uma queda brusca, chegando a valores próximos de zero, nos últimos dias, o que acarretou uma redução elevada da cor da polpa, podendo isto estar relacionado com a elevada perda de massa deste fruto, consequência da desestruturação dos tecidos da polpa. A cultivar Iracema apresentou maior elevação de a^* , fato que pode estar associado a uma maior degradação de clorofila, dado que a cor da polpa destes frutos era branca esverdeada ao início do armazenamento, e ao final, o verde perdeu intensidade.

O acesso 16 apresentou, também, para a variável b^* , uma leve elevação (Figura 6 F), o que caracteriza uma alteração ínfima na intensidade da cor da polpa, quando combinada a pequena alteração na variável a^* ; tal característica indica durabilidade da aparência do acesso; em contrapartida, o acesso 2 apresentou queda para ambos canais, a^* e b^* , provocando redução da intensidade. A cultivar Iracema apresentou uma elevação sutil em b^* , com cor mais intensa ao final do armazenamento, assim como observado para o acesso 16. Porém, menos luminosa, podendo indicar oxidação de compostos fenólicos.

3.3.4 Caracterização química

3.3.4.1 Acidez e pH

Foram verificadas pequenas elevações na acidez para todos os melões, fato que pode ter ocorrido devido à interferência na respiração dos frutos durante o armazenamento, provocando acúmulo de ácidos orgânicos (Figura 7 A). Benedetti *et al.* (2008), estudando o armazenamento de melões Gália em condições de atmosfera controlada, com posterior processamento mínimo, e acondicionamento dos pedaços em embalagens de atmosfera modificada, verificaram que a elevada interferência na respiração, resultou em um aumento abrupto na acidez, no último dia de avaliação, porém não foram observados sintomas de fermentação. O pH não sofreu grandes alterações no decorrer do armazenamento, para acessos e cultivar, em função do elevado poder tampão dos frutos (figura 7 B), apresentando baixos valores para os acessos, em conformidade com a elevada acidez.

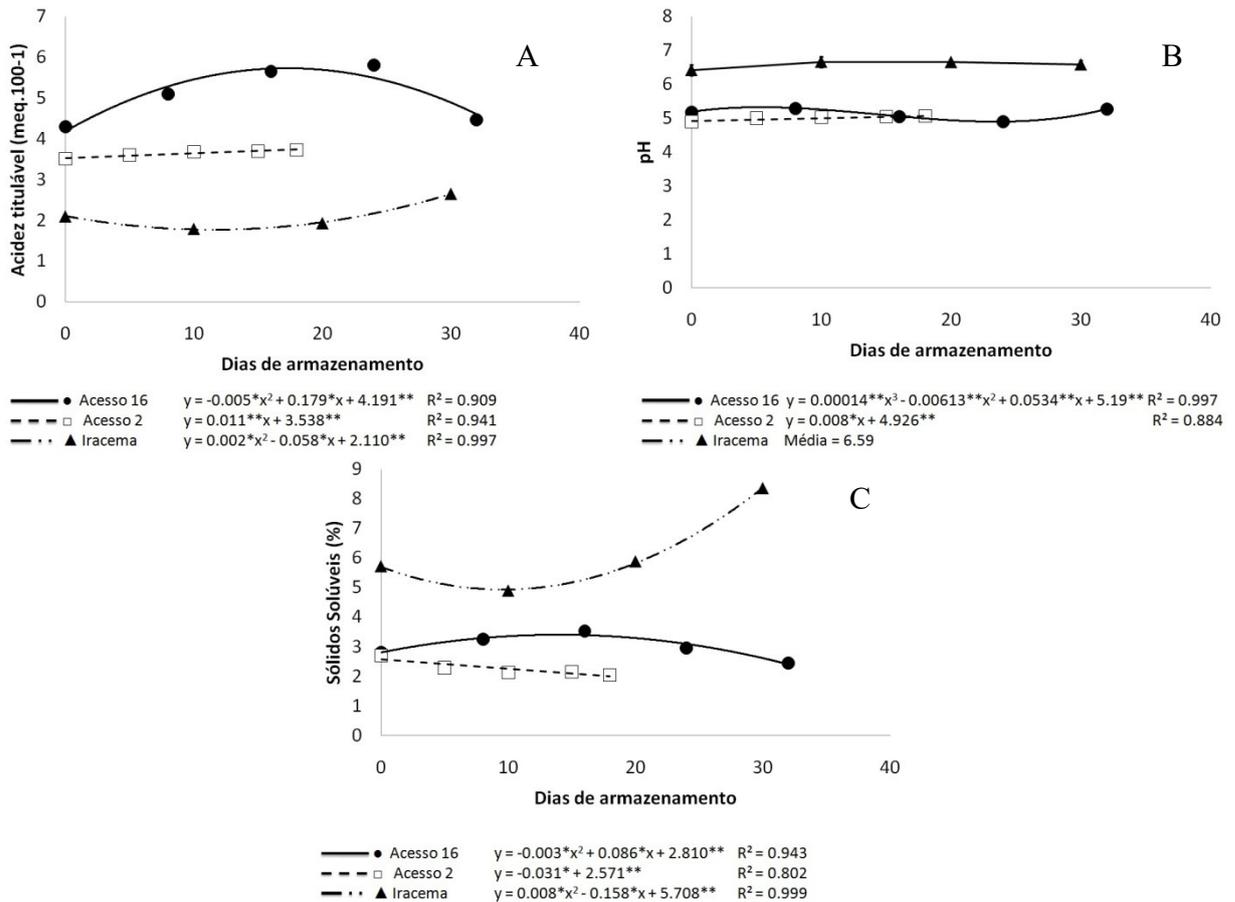


Figura 7 – Acidez, pH e sólidos solúveis de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema), submetidas a 9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante 32, 18 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

3.3.4.2 Sólidos solúveis

Durante o período de armazenamento ocorreu elevação dos sólidos solúveis, para a cv. Iracema, ao final do armazenamento (maior valor aos 30 dias), bem como para o acesso 16, até a metade do tempo, aos 16 dias; porém, considerando a primeira e última observação, o acesso teve uma queda de sólidos solúveis correspondente a 11,39% (Figura 7 C). A cultivar Iracema, provavelmente, apresentou uma diferença nos estádios de maturação, durante a colheita dos frutos, para cada ponto de observação. Fato semelhante pode ter ocorrido em relação ao acesso 16, apesar de o mesmo ter apresentado elevada perda de massa, que possibilita a concentração de solutos. Ambos, acesso 16 e Iracema, apresentam, durante a maturação, transformações menos pronunciadas e não proporcionam descolamento do pedúnculo, o que dificulta uma colheita uniforme e uma boa seleção dos frutos. Frutos da variedade *inodorus* podem necessitar de uma aplicação exógena de etileno para uma

uniformização do amadurecimento, assim como um melhor desenvolvimento da cor e do aroma (Ezura e Owino, 2008). O Acesso 2 apresentou os menores valores de sólidos solúveis, os quais apresentaram queda de 21,70% durante o armazenamento.

3.3.4.3 Açúcares solúveis totais e redutores

As curvas referentes ao teor de açúcares solúveis totais tiveram comportamento semelhante quando comparadas as de sólidos solúveis totais (Figura 7 C e Figura 8 A). O conteúdo de sólidos solúveis registrados neste trabalho é considerado baixo, provavelmente em virtude de chuvas ocorridas durante a fase de produção. Os teores de açúcares caíram para os acessos 16 e 2 (6,07 e 36,45%, respectivamente).

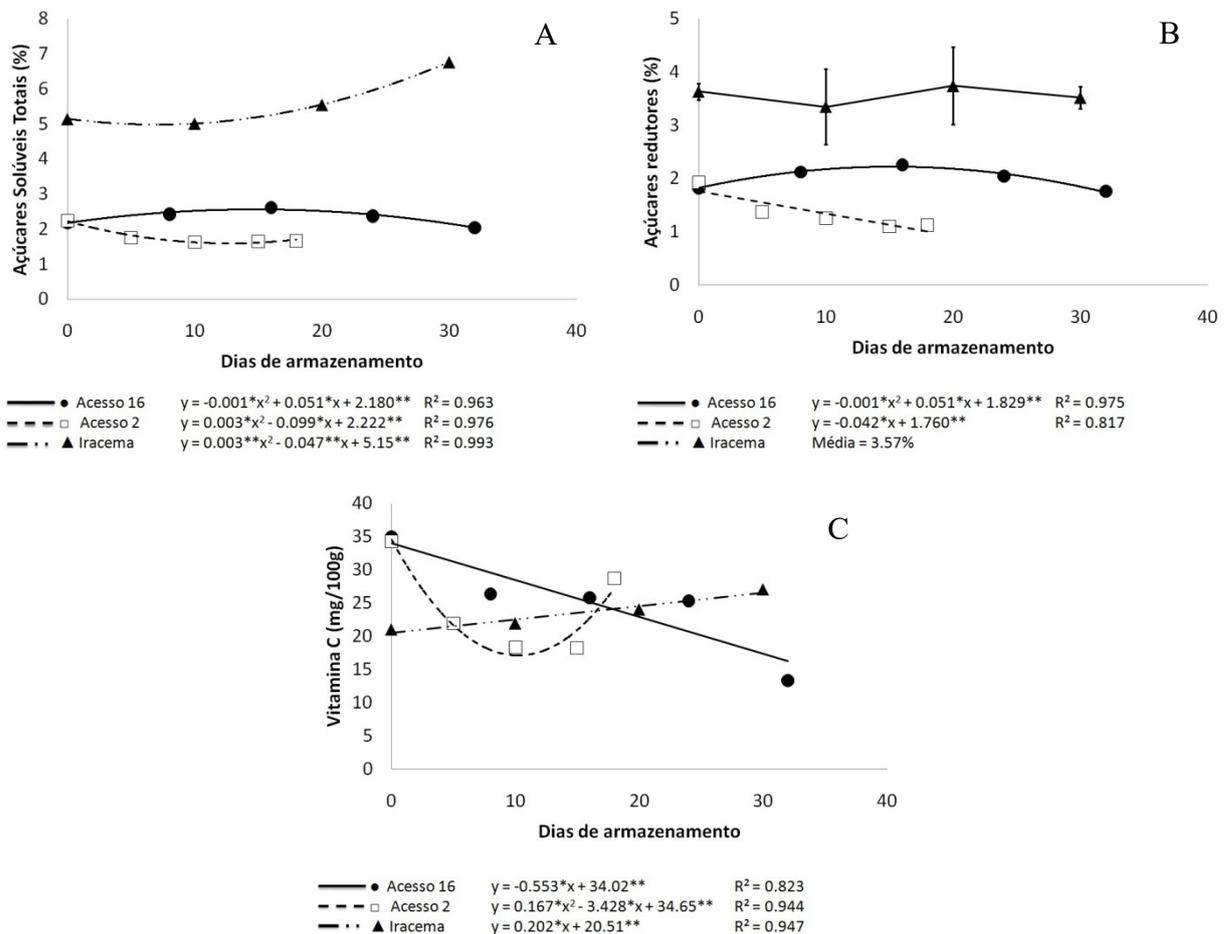


Figura 8 - Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e Vitamina C de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema), submetidas a 9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante 32, 18 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

As concentrações de açúcares redutores não se alteraram muito no decorrer do armazenamento, quando relacionadas às concentrações de açúcares solúveis totais (Figura 8 A e B). Este comportamento pode ter ocorrido devido à conversão de sacarose, principal açúcar não redutor em melões, à frutose e à glicose; esta degradação se dá, principalmente, pela atuação da enzima invertase (Beaulieu *et al.*, 2003).

3.3.4.4 Vitamina C

Houve redução de vitamina C para os acessos 16 e 2 na ordem de 52,02%, até os 32 dias, e 21,92%, até os 18 dias, respectivamente (Figura 8 C). Zhao *et al.* (2011), verificaram durante o armazenamento de melões cantaloupe, quedas similares no teor de ácido ascórbico. A vitamina C é oxidada, principalmente, por ação enzimática, mas, pode ser metabolizada na respiração.

Em termos de durabilidade, o acesso 16 e a cultivar Iracema apresentaram aparência comercial tolerável, até o último dia de armazenamento (Tabela 4); levando em conta também as baixas alterações bioquímicas (Figuras 7 e 8), há a possibilidade de ambos apresentarem durabilidade além da verificada no presente estudo, que abrangeu apenas 32 dias para o acesso 16 e 30 para a cultivar Iracema. O acesso 2, por outro lado, apresentou aparência inadequada à comercialização verificada no último dia de armazenamento (Tabela 4), e rápida redução dos atributos químicos até os 10 dias de armazenamento (Figuras 7 e 8), que impossibilitaria sua comercialização. Tais características, evidenciam a baixa vida útil deste fruto.

3.3.5 Metabolismo da parede celular

3.3.5.1 Firmeza

A firmeza do fruto decresceu com o período de armazenamento somente para os acessos, tendo sido não significativo para a cultivar Iracema, com média geral consideravelmente elevada (91,95 N, Figura 9 A). Quanto à firmeza de polpa, a reta relativa ao acesso 16, apesar de ter apresentado maior valor absoluto de coeficiente angular que o da cultivar Iracema (Figura 9 B), proporcionou menor perda relativa da firmeza (decréscimo de 51,55%), pois, ao início do armazenamento, os frutos do referido acesso apresentavam firmeza muito elevada e, ainda, obteve os maiores valores de firmeza durante todo o

armazenamento, quando comparado aos demais. A diferença foi tão discrepante que, aos 32 dias de armazenamento, o acesso 16 apresentou firmeza de 14,92N, enquanto que para a cultivar Iracema, foram obtidos, ao início do experimento, valores de firmeza igual a 14,77N. A firmeza do fruto, para a Iracema, foi maior devido à elevada resistência do exocarpo, porém, segundo Filgueiras *et al.* (2000), a vida útil do fruto e sua resistência mecânica, devem ser decorrentes da firmeza da polpa. A equação relativa ao acesso 2, apresentou o maior valor absoluto de coeficiente angular, sendo a polpa deste fruto, portanto, extremamente sensível ao efeito do tempo, isso pôde ser verificado visualmente, pois nos últimos tempos, os frutos seccionados para análise, apresentaram, logo após o corte, rachaduras no tecido da polpa. Fernandez-Trujillo *et al.* (2013), ao comentarem sobre as causas de rachaduras em frutos de melão, ponderam que a variedade *momordica* está entre as mais suscetíveis à rachaduras, porém, ainda de acordo com os autores, os mecanismos que provocam as rachaduras pós-colheita ainda não foram bem elucidados.

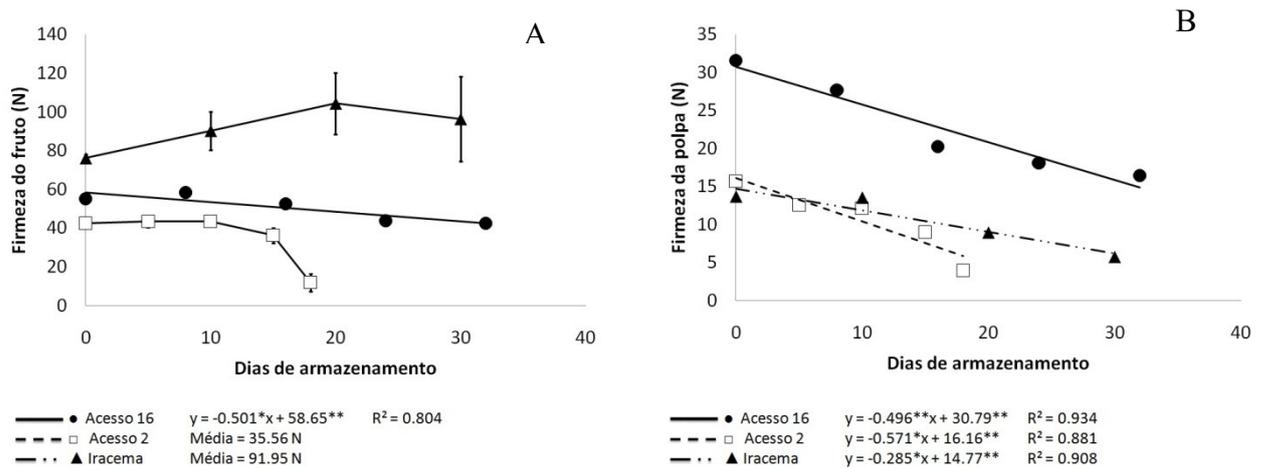


Figura 9 – Firmeza do fruto (A) e da polpa (B) de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema), submetidas a 9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante 32, 18 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

3.3.6 Atividade das pectinases

3.3.6.1 Atividade da PME

A atividade da enzima pectinametil esterase (PME), apresentou picos de elevação para os acessos, porém, se manteve estável para a cultivar Iracema (Figura 10 A). A PME é responsável pela desmetilação das cadeias de ácidos urônicos, tornando a pectina um

substrato apto a ser clivado pela poligalacturonase (PG), portanto, a baixa atividade da PME, na cultivar Iracema, pode ser um fator relacionando à resistência da polpa deste fruto.

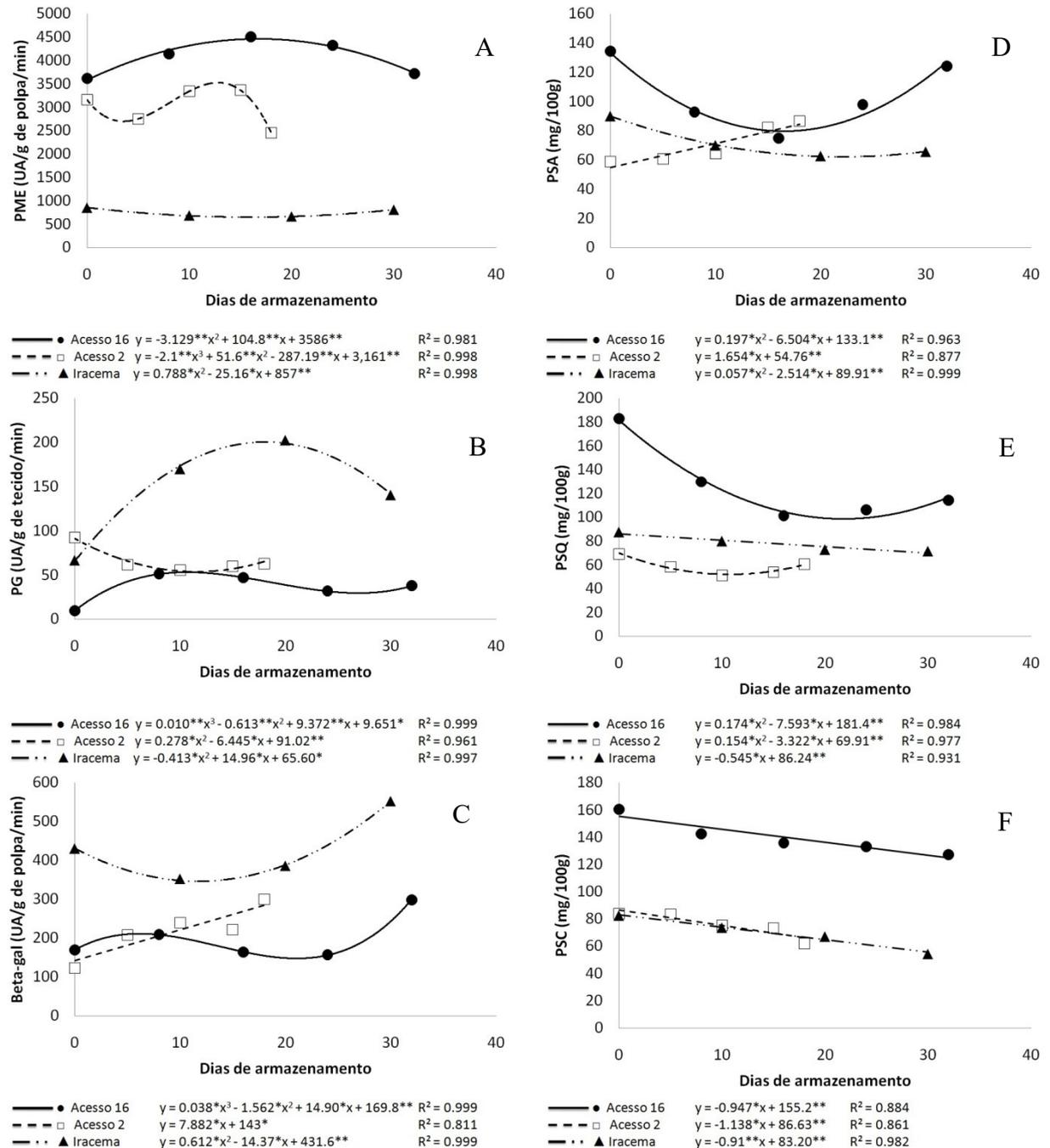


Figura 10 – Atividade da pectina-metilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e beta-galactosidase (Beta-gal), e pectinas solúveis em água quelato e carbonato de cálcio (PSA, PSQ e PSC, respectivamente), de melões das variedades *acidulus* (Acesso 16), *momordica* (Acesso 2) e *inodorus* (cv. Iracema), submetidas a 9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante 32, 18 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade, ns para não significativo.

3.3.6.2 Atividade da PG

Os acessos apresentaram baixos valores de PG, diferente da cultivar Iracema que apresentou um pico de ação aos 18 dias (Figura 10 B). Como descrito anteriormente, mesmo com uma elevação da atividade da PG, a baixa atividade da PME impede sua atuação, pois é necessário que haja a desmetilização para que ocorra clivagem por parte da PG. Apesar da elevada atividade de PME para o acesso 16, a atividade da PG apresentou um pico de ação que antecedeu o pico da PME, podendo, portanto, ter ocorrido reduzida degradação por parte da PG, devido à baixa desmetilização durante o ápice de sua atividade. O acesso 2, além dos baixos valores na atividade da PG, apresentou queda nessa atividade até o final do armazenamento, o que indica que esta enzima não apresenta relação com a acentuada queda na firmeza, observada nestes frutos.

3.3.6.3 Atividade da Beta-gal

A beta-galactosidase (Beta-gal) é responsável pela quebra de cadeias laterais da pectina, através da clivagem de ligações com açúcares, principalmente galactose. A maior atividade de Beta-gal foi observada nos frutos da cultivar Iracema, com elevação constante desde os primeiros dias; os acessos apresentaram maior elevação ao final do armazenamento (Figura 10 C). Dada a maior atividade da Beta-gal, esta, possivelmente, apresenta maior relação com a solubilização da pectina e com a queda da firmeza para todos os frutos. Estudos anteriores verificaram que, um incremento na atividade de pectinases, reduz a firmeza de frutos de melão durante o armazenamento (Supapvanich e Tucker, 2013b; a; Morgado *et al.*, 2015).

3.3.7 Concentrações de pectina

A pectina solúvel em água (PSA) é a fração menos polimerizada presente na polpa do fruto, portanto, uma maior concentração desta fração péctica é comumente associada à uma maior degradação da parede celular, ou seja, menor firmeza de polpa. A pectina solúvel em quelato (PSQ), por sua vez, apresenta maior grau de polimerização, evidenciada pela reduzida solubilidade, estando diretamente associada à firmeza, enquanto que a pectina solúvel em carbonato de sódio (PSC) apresenta menor grau de solubilização em relação à PSQ, estando, consequentemente, relacionada mais fortemente à firmeza (Chen *et al.*, 2015).

3.3.7.1 Pectina solúvel em água (PSA)

Os frutos do acesso 2 apresentaram concentração crescente da PSA, durante todo o armazenamento, com 54,37% de incremento total (Figura 10 D). O acesso 16 e a cultivar Iracema, apresentaram redução da PSA, porém, outros fatores metabólicos podem estar associados à redução desta substância como, por exemplo, respiração dos ácidos urônicos ou reintegração à parede, através de pontes de cálcio, além da natural liberação de resíduos de PSA em virtude da degradação da parede. Observa-se, à exceção do acesso 2, pouca associação desta fração com a firmeza de polpa. De modo geral, frutos de melão apresentam uma maior relação entre firmeza da polpa e pectinas de cadeias longas, com maior peso molecular (Chong *et al.*, 2015).

3.3.7.2 Pectina solúvel em quelato (PSQ)

As concentrações de PSQ tiveram tendência de queda para todos os frutos, demonstrando relação com a perda de firmeza. Os acessos 16 e 2, e a cultivar Iracema, apresentaram queda total de 29,12; 7,19 e 17,72%, respectivamente (Figura 10 E). Apesar de o acesso 16 ter caído com maior intensidade, suas concentrações de PSQ foram muito elevadas durante todo o armazenamento.

3.3.7.3 Pectina solúvel em carbonato (PSC)

A PSC está mais bem associada à queda da firmeza dos frutos, além de apresentar um comportamento inverso ao observado na atividade da enzima Beta-gal, sendo esta fração tão ou mais relacionada à firmeza de polpa, que a PSQ. Como dito anteriormente, existe uma maior relação entre as pectinas de maior peso molecular e a firmeza de melões; tais estruturas, próximas ao auge de sua integridade, apresentam melhores propriedades de adesão e coesão, sendo responsáveis, principalmente, pela união das células através da lamela média, onde há maior abundância de pectinas. A perda das propriedades físicas da pectina, por desconstrução enzimática, provoca um afrouxamento entre as células, resultando em colapso dos tecidos do endocarpo. Neste trabalho, o acesso 16 apresentou as maiores concentrações de PSC, durante todo o armazenamento (Figura 10 F), e, assim como na firmeza de polpa (Figura 9 B), as concentrações estimadas de PSQ e PSC (Figura 10 E e F), aos 32 dias, foram superiores às observadas no primeiro dia de armazenamento da cultivar Iracema. O Acesso 2, apresentou

todos os indicativos de perda de firmeza em relação à solubilização da pectina, ou seja, elevação da PSA e queda nas frações PSQ e PSC, além de ter apresentado os menores valores de concentração de pectina, em relação ao demais frutos estudados.

3.4 Conclusões

O acesso 16 e o melão amarelo (cv. Iracema) possuem potencial para armazenamento de 30 dias, sob refrigeração (9 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR). O acesso 2, nas mesmas condições, tem vida útil pós-colheita de 10 dias.

Os frutos do acesso 16 têm elevada concentração de pectina solúvel em quelato e carbonato de sódio, e menor atividade da enzima Beta-gal em relação aos demais frutos, o que lhes confere melhor durabilidade com relação à firmeza de polpa do fruto.

As alterações nas concentrações das três frações pécticas, durante o armazenamento, estão bem relacionadas com a firmeza da polpa e com a atividade da enzima Beta-gal para o acesso 2, apresentando, portanto, relação com o rompimento dos tecidos deste fruto ao final do armazenamento.

REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17ed. Washington: AOAC, 2002. 1115p.
- ARAGAO, F. A. S. et al. Genetic divergence among accessions of melon from traditional agriculture of the Brazilian Northeast. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6356-6371, 2013.
- BEAULIEU, J. C. et al. Sugar and organic acid variations in commercial cantaloupes and their inbred parents. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 4, p. 531-536, 2003.
- BENEDETTI, B. C. et al. Effect of Pre-processing Controlled Atmosphere Storage on the Quality of Fresh-cut Galia Melons. **Food Science and Technology International**, v. 14, p. 13-19, 2008.
- BETT-GARBER, K. L. et al. EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE VARIATIONS ON SENSORY QUALITY OF FRESH-CUT CANTALOUPE MELON. **Journal of Food Quality**, v. 34, n. 1, p. 19-29, 2011.
- CHEN, H. J. et al. Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest blueberries during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 188, p. 44-48, 2015.
- CHONG, J. X.; LAI, S. J.; YANG, H. S. Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. **Food Control**, v. 53, p. 195-205, 2015.
- COSTA, I.; JULIÃO, L. Exportação de melão - HF Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/exportacao-de-melao.aspx>>.
- DEY, P. M.; PRIDHAM, J. B. PURIFICATION AND PROPERTIES OF ALPHA-GALACTOSIDASES FROM VICIA FABA SEEDS. **Biochemical Journal**, v. 113, n. 1, p. 49-&, 1969.
- DHILLON, N. P. S. et al. Diversity among landraces of Indian snapmelon (*Cucumis melo* var. *momordica*). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 6, p. 1267-1283, 2007.
- ESCRIBANO, S.; LAZARO, A. Sensorial characteristics of Spanish traditional melon genotypes: has the flavor of melon changed in the last century? **European Food Research and Technology**, v. 234, n. 4, p. 581-592, 2012.
- EZURA, H.; OWINO, W. O. Melon, an alternative model plant for elucidating fruit ripening. **Plant Science**, v. 175, n. 1-2, p. 121-129, 2008.
- FERNANDEZ-TRUJILLO, J. P. et al. Pre- and Postharvest Muskmelon Fruit Cracking: Causes and Potential Remedies. **Horttechnology**, v. 23, n. 3, p. 266-275, 2013.

FERRANTE, A. et al. Effect of nitrogen fertilisation levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 4, p. 707-713, 2008.

FERREIRA, D. F. A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Colheita manuseio e pós-colheita. In: ALVES, R. E. (Ed.). **Melão: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.

IAL, I. A. L. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. São Paulo: 2005.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. PECTOLYTIC ENZYMES IN SWEET BELL PEPPERS (*Capsicum-annuum-L*). **Journal of Food Science**, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, 1984.

JIN, Y. Z. et al. Ethanol vapor treatment maintains postharvest storage quality and inhibits internal ethylene biosynthesis during storage of oriental sweet melons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 372-380, 2013.

LI, X. W. et al. 1-MCP suppresses ethylene biosynthesis and delays softening of 'Hami' melon during storage at ambient temperature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 14, p. 2684-2688, 2011.

KONICA MINOLTA. Color Spaces - Konica Minolta Measuring Instruments | Asia Pacific. 2017. Disponível em: < <http://sensing.konicaminolta.asia/learning-center/color-measurement/color-spaces/> >.

MA, W. P. et al. EFFECTS OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON STORAGE QUALITY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF HARVESTED & quot; YUJINXIANG & quot; MELON (*Cucumis melo* L.) FRUIT. **Journal of Food Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 413-420, 2012.

MANOHAR, S. H.; MURTHY, H. N. Estimation of phenotypic divergence in a collection of *Cucumis melo*, including shelf-life of fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 74-82, 2012.

MEENA, S. R. et al. Most favourite traditional cucurbitaceous vegetables and their utilization pattern in Thar desert of the western Rajasthan, India. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 15, n. 3, p. 385-394, 2016.

MENEZES, J. B. **Qualidade pós-colheita de melão tipo Galia durante a maturação e armazenamento**. 1996. 157p. (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-434, 1959.

MORGADO, C. M. A. et al. Quality of 'Louis' melons stored under four storage temperatures. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 11, p. 1953-1958, 2015.

MUNIRA, Z. A. et al. Effect of postharvest storage of whole fruit on physico-chemical and microbial changes of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L. *reticulatus* cv. Glamour). **International Food Research**, n. 20, p. 501-508, 2013.

PECH, J. C.; BOUZAYEN, M.; LATCHE, A. Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. **Plant Science**, v. 175, n. 1-2, p. 114-120, 2008.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. 2 FORMS OF POLYGALACTURONASE IN TOMATOES. **Biochimica Et Biophysica Acta**, v. 309, n. 2, p. 363-369, 1973.

SALES, R. et al. Reaction of melon accessions to *Rhizoctonia solani*. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 196-202, 2015.

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

SUPAPVANICH, S.; TUCKER, G. A. Cell Wall Hydrolysis in Netted Melon Fruit (*Cucumis melo* var. *reticulatus* L. Naud) during Storage. **Chiang Mai Journal of Science**, v. 40, n. 3, p. 447-458, 2013a.

_____. The Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Quality and Cell Wall Hydrolases Activities of Fresh-Cut Muskmelon (*Cucumis melo* var *reticulatus* L.) During Storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 8, p. 2196-2201, 2013b.

TADMOR, Y. et al. Genetics of Flavonoid, Carotenoid, and Chlorophyll Pigments in Melon Fruit Rinds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 19, p. 10722-10728, 2010.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, p. 388-394, 2007.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

YUAN, L. et al. Postharvest hot water dipping reduces decay by inducing disease resistance and maintaining firmness in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 101-110, 2013.

ZHAO, X. et al. Grafting effects on postharvest ripening and quality of 1-methylcyclopropene-treated muskmelon fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 3, p. 581-587, 2011.

APÊNDICE

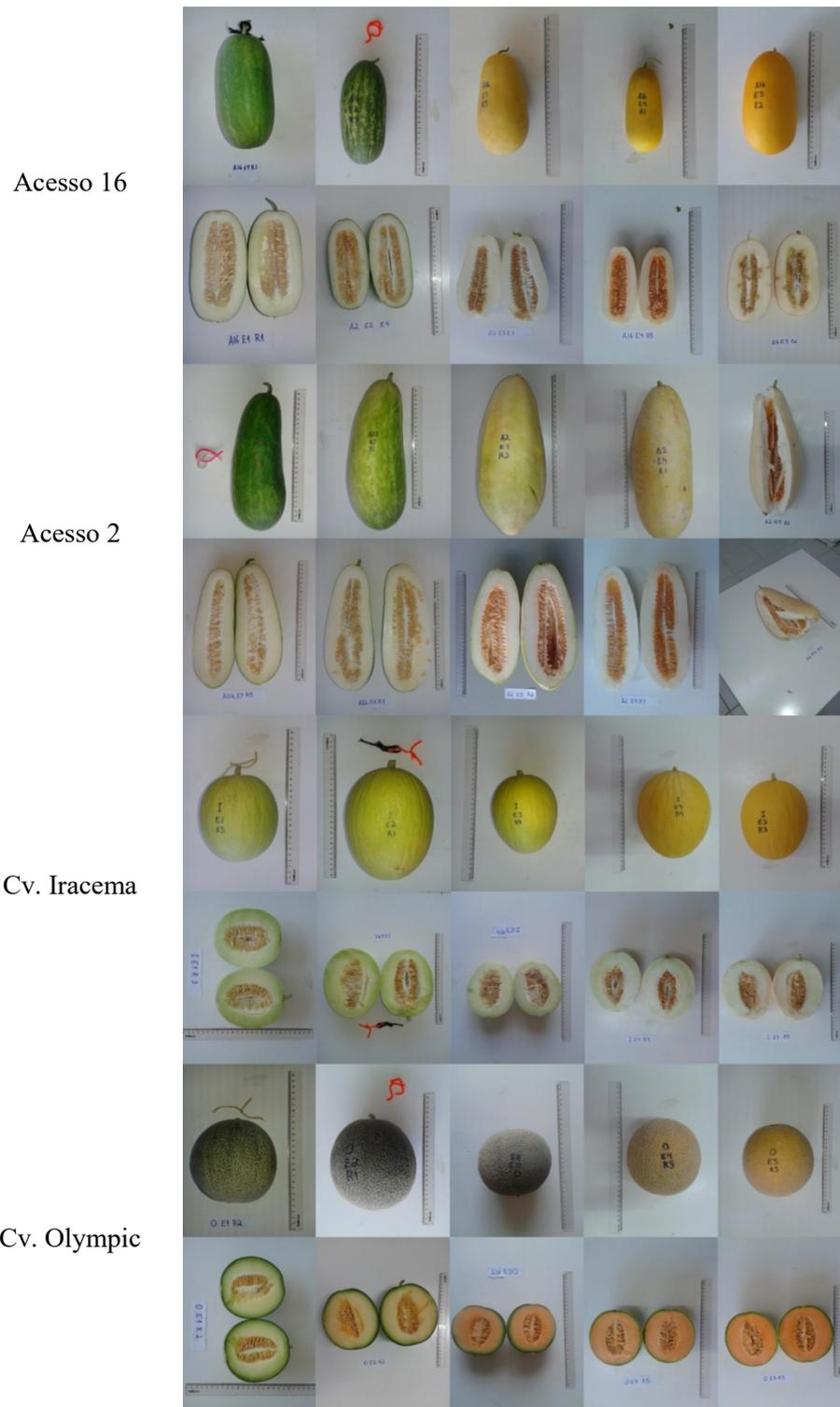


Figura 1A – Parte da amostra do experimento do capítulo 2. Da esquerda para a direita os frutos estão dispostos do primeiro ao último estágio de maturação.



Figura 2A – Parte da amostra utilizada no experimento do capítulo 3. Da esquerda para a direita, com tempo de armazenamento em ordem crescente.



Figura 3A – Da esquerda para a direita: linha de plantio do experimento do capítulo 2; marcação da flor aberta do acesso 16; melões do acesso 2 ao final da maturação.

Tabela 1A – Dados médios de umidade relativa do ar, temperatura média e pluviosidade dos meses referentes à época de plantio.

Ano	2014			2015		
Mês	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Julho	Agosto	Setembro
Umidade (%)*	60.4156	59,67321	67,68458	61.46546	54.36919	57.03292
Temperatura (°C)*	28.3123	28,41253	27,74963	27.24136	27.80403	27.897
Pluviosidade (mm)**	0	15.3	142	4.5	0	0

*Fonte: Estação Meteorológica Jerônimo Rosado.

**Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária do Rio Gande do Norte.