

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO HUMANA**

LARISSA BEATRICE GRANCIERO BARBOSA

**COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM ABÓBORAS-GILA (*Cucurbita
ficifolia* Bouché)**

**BRASÍLIA
2015**

FICHA CATALOGRÁFICA:

Barbosa, Larissa Beatrice Granciero.

Compostos bioativos e capacidade antioxidante em abóboras-gila (*Cucurbita ficifolia* Bouché)/ Larissa Beatrice Granciero Barbosa.

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana, Departamento de Nutrição, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2015, 31 p.

Orientador: Dr. Celso Luiz Moretti.

1. doenças crônicas não transmissíveis, 2. fenólicos, 3. carotenoides, 4. açúcares totais, 5. capacidade antioxidante.

LARISSA BEATRICE GRANCIERO BARBOSA

COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM ABÓBORAS-GILA (*Cucurbita ficifolia* Bouché)

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Nutrição Humana da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Orientador: Dr. Celso Luiz Moretti

**BRASÍLIA
2015**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Larissa Beatrice Granciero Barbosa

Compostos bioativos e capacidade antioxidante em abóboras-gila (*Cucurbita ficifolia* Bouché)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana, da Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Nutrição Humana.

Linha de pesquisa: Qualidade Nutricional e Alimentar.

Aprovado em: 30/11/ 2015

BANCA EXAMINADORA

Dr. Celso Luiz Moretti
Presidente da Banca/Embrapa Hortaliças

Dra. Lucimeire Pilon
Membro Externo/Embrapa Hortaliças

Dra. Lidiane Batista Muniz
Membro Externo/ Laboratório de Nutrição Experimental da Faculdade de Nutrição, Universidade Federal do Goiás – UFG

Dra. Wilma Maria Coelho Araújo
Membro Suplente/ Departamento de Nutrição, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - UnB.

BRASÍLIA
2015

DEDICATÓRIA

Dedico a todos aqueles que fazem toda a diferença na minha vida...

A Deus, por suas bênçãos diárias.

À toda a minha família, em especial, aos meus amados pai e mãe, Álvaro e Dayse, pela compreensão, apoio e direcionamento.

Ao meu querido irmão, Daniel, por sua luz.

Aos meus orientadores Dr. Celso Moretti, Dra. Yris Fonseca-Bazzo e Dra. Lucimeire Pilon, pela orientação, paciência e ajuda imprescindível.

À Dra. Lidiane Muniz pelas ótimas contribuições nesse trabalho.

À toda equipe do laboratório da Embrapa Hortaliças, especialmente Deusânio e Ricardo.

À minha amiga Adriana Barbosa, o meu muito obrigado, por me auxiliar nos ensaios e nos resultados da pesquisa.

À minha querida amiga e incentivadora Alice Barreto, por me acompanhar nessa experiência ímpar. Teremos sempre uma à outra!

Ao meu Felipe, por toda a leveza que traz a minha vida, transforma qualquer dia num dia excepcional.

Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Cucurbita ficifolia Bouché	12
2.1.1 Estádio de maturação.....	13
2.2 Radicais livres e estresse oxidativo	14
2.3 Sistema antioxidante	14
2.4 Compostos antioxidantes	15
2.4.1 Compostos fenólicos	15
2.4.2 Carotenoides.....	16
2.4.3 Capacidade antioxidante - DPPH.....	17
2.4.4 Açúcares solúveis totais - Método fenol-Sulfúrico	17
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 Material vegetal.....	18
4.2 Obtenção da <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché liofilizada.....	19
4.3 Preparo do extrato aquoso para a determinação de fenólicos totais e da capacidade antioxidante	19
4.4 Determinação de fenólicos totais.....	19
4.5 Determinação da capacidade antioxidante	20
4.6 Determinação de carotenoides totais.....	20
4.7 Determinação de açúcares solúveis totais	21
4.8 Análise estatística	21
5. Resultados e discussão	21
5.1 Fenólicos totais	21
5.2 Capacidade Antioxidante - DPPH.....	22
5.3 Carotenoides.....	24
5.4 Açúcares solúveis totais	26
6. CONCLUSÕES.....	27
7. REFERÊNCIAS	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor de fenólicos totais (expressos em equivalente de ácido gálico - EAG, em mg 100 g ⁻¹) na casca, polpa e sementes de <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché, em 10, 40 e 80 DAA.....	22
Tabela 2. Capacidade antioxidante (%), capacidade antioxidante expressa em CE ₅₀ (µg mL ⁻¹) e coeficiente de correlação linear (r ²) pelo método DPPH na casca, polpa e sementes de <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA	23
Tabela 3. Teor de carotenoides totais (mg 100 g ⁻¹) na casca, polpa e sementes de <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché, em 10, 40 e 80 DAA.....	25
Tabela 4. Teor de açúcares totais (expresso em equivalente de D-glicose, em mg 100 g ⁻¹) na casca, polpa e sementes de <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché, em 10, 40 e 80 DAA.....	26

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Estrutura benzênica (fenólica) C6 com grupamento hidroxila (OH).....	16
Fig. 2. Estrutura comum dos carotenoides	17
Fig. 3. Casca, polpa e sementes de abóbora <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché congeladas a -18 °C....	19
Fig. 4. Amostra de polpa (fase 1) em funil de separação com 100 mL de água destilada (fase 2)	20
Fig. 5. Capacidade antioxidante pelo método DPPH da casca (A), polpa (B) e sementes (C) da abóbora <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA: Análise de variância

CA: Capacidade antioxidante

CAT: Catalase

CE: Concentração eficiente

CLAE: Cromatografia líquida de alta eficiência

DAA: dias após a antese

DCI: D-chiro inositol

DM2: diabetes *mellitus* do tipo 2

DPPH: 2,2 - difenil - 1 - picril - hidrazila

EAG: Equivalente de ácido gálico

EROS: Espécies reativas de oxigênio

GLM: Modelo linear generalizado

GSH: Glutathione

GSH-Px: Glutathione peroxidase

IL-6: Interleucina 6

LDL: Lipoproteína de baixa densidade

PEBD: Polietileno de baixa densidade

SOD: Superóxido dismutase

RESUMO

Larissa Beatrice Granciero Barbosa. **COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM ABÓBORAS-GILA (*Cucurbita ficifolia* Bouché)**, 31 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Orientador: Dr. Celso Luiz Moretti. Data da defesa: 30 de novembro de 2015.

A *Cucurbita ficifolia* Bouché, conhecida no Brasil como abóbora-gila, possui compostos bioativos como o D-chiro inositol e fibras, e vem sendo estudada por sua atividade anti-hiperglicemiante em modelos humanos e animais. Este estudo teve por objetivo a prospecção e a quantificação de compostos bioativos presentes na abóbora-gila (casca, polpa e sementes), comparando-os em seus diferentes estádios de maturação. Foram quantificados os compostos bioativos, fenólicos totais, carotenoides totais e açúcares solúveis totais, e a capacidade antioxidante *in vitro*, utilizando o método de captura de radicais DPPH. Foi observado alto teor de compostos fenólicos na polpa e na casca do fruto aos 80 DAA (dias após a antese), de 40,7 e 39,5 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Nas sementes, os fenólicos encontraram-se mais concentrados aos 40 DAA (33,9 mg 100 g⁻¹). A polpa e a casca da abóbora madura apresentaram melhor capacidade antioxidante (47,9 e 32,8%, respectivamente) e menores valores de concentração eficiente CE50 (5,18 e 9,98 µg mL⁻¹, respectivamente). As sementes apresentaram maior capacidade antioxidante aos 40 DAA (CE50: 8,2 µg mL⁻¹ e %CA: 38,1%). Foi observada uma baixa quantidade de carotenoides no fruto; entretanto, houve aumento do teor de carotenoides totais na casca, polpa e nas sementes aos 80 DAA, de 0,0275; 0,0111 e 0,0075 mg 100 g⁻¹, respectivamente. O teor de açúcares solúveis totais foi maior na polpa madura (106,6 mg 100 g⁻¹); a casca e as sementes maduras apresentaram quantidades de 95,1 e 95,4 mg 100 g⁻¹, respectivamente. A abóbora-gila apresentou quantidades significativas de fenólicos e alta capacidade antioxidante, indispensáveis em uma dieta saudável.

Palavras-chave: doenças crônicas não transmissíveis; fenólicos; carotenoides; açúcares totais; capacidade antioxidante.

ABSTRACT

Larissa Beatrice Granciero Barbosa. **BIOACTIVE COMPOUNDS IN FIGLEAF GOURD (*Cucurbita ficifolia* Bouché)**, 31 f. Dissertation (Master of Science) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Advisor: Dr. Celso Luiz Moretti. Date of defense: 30 de novembro de 2015.

Cucurbita ficifolia Bouché or abóbora-gila in Brazil, has been studied for its anti-hyperglycaemic activity in humans and animal models since it has bioactive compounds, such as D-chiro inositol and fibers. This study aimed the prospection and quantification of bioactive compounds in this fruit (peel, pulp and seed) at different stages of maturity. Bioactive compounds, phenolics, total carotenoids and total soluble sugars were quantified, and the antioxidant capacity in vitro, using the capture method of DPPH radicals. High content of phenolic compounds was observed in the flesh and skin of the fruit at 80 DAA (days after anthesis), of 40.7 and 39.5 mg 100 g⁻¹, respectively. In the seeds, phenols were most concentrated at 40 DAA (33.9 mg 100 g⁻¹). The flesh and skin had higher antioxidant activity (47.9 and 32.8%, respectively) and lower CE50 values (5.18 and 9.98 ug ml⁻¹, respectively). Seeds had the highest antioxidant activity at 40 DAA (CE50: 8.2 µg mL⁻¹ e %CA: 38.1%). Low amount of carotenoids was observed in the fruit; however, there was an increase in total carotenoids content in the skin, flesh and seed at 80 DAA, of 0.0275; 0.0111 and 0.0075 g 100 mg⁻¹, respectively. The highest total sugar content was found in the ripe flesh (106.6 mg 100 g⁻¹); the ripe skin and seed exhibited amounts of 95.1 and 95.4 mg 100 g⁻¹, respectively. *Cucurbita ficifolia* Bouché showed noteworthy amounts of phenolic and high antioxidant activity, which are essential in a healthy diet.

Keywords: non-communicable diseases; phenolic; carotenoids; total sugars; antioxidant activity.

1. INTRODUÇÃO

As abóboras, pertencentes à família Cucurbitaceae, são frutos que possuem grande relevância econômica e social no agronegócio de hortaliças no Brasil. Algumas das espécies cultivadas vêm sendo estudadas por seus benefícios nutricionais, como o elevado teor de carotenoides, propriedades antioxidantes e fibras, e incluem *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita ficifolia*, e *Cucurbita mixta* (Chang et al., 2014; Veronezi & Jorge, 2012). Seus frutos são muito apreciados na culinária em função do seu agradável paladar.

A *Cucurbita ficifolia* é tradicional das Américas, sendo popularmente conhecida no extremo sul do Brasil e em municípios da serra gaúcha como abóbora-gila (Priori et al., 2013). Os estudos realizados com a *C. ficifolia* estão relacionados com o tratamento do diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2), sendo atribuída ao composto D-chiro inositol a ação antihiperlicemiante, cujo mecanismo ainda não foi totalmente esclarecido. Em uma revisão com algumas pesquisas realizadas em modelos humanos e animais, que investigaram o efeito da ingestão de *C. ficifolia*, foi constatada redução da glicose sérica e melhora da função das células β pancreáticas, concluindo-se que a planta foi eficiente para o controle glicêmico (Xia & Wang, 2006; Bayat et al., 2014).

No entanto, existe uma escassez de dados na literatura com relação aos compostos bioativos que podem conter na *Cucurbita ficifolia*. Atualmente, tem havido um aumento no interesse por pesquisas relacionadas a alimentos fonte de compostos bioativos, como carotenoides e compostos fenólicos, e com propriedades antioxidantes, pois são relatados em vários estudos epidemiológicos e têm sido associados a uma redução significativa no risco de doenças como alguns tipos de câncer e outras doenças crônicas (Kan et al., 2014; Silva et al., 2014.; El-Abhar & Schaalán, 2014; Gil-Chávez et al., 2013; Shashirakha; Mallikarjuna; Rajarathnam, 2013).

Considerando-se as propriedades nutricionais da *Cucurbita ficifolia* Bouché, identificar os compostos bioativos e avaliar as quantidades nos diferentes estádios de maturação, pode ser de grande valia no desenvolvimento de tratamentos coadjuvantes que previnam ou minimizem as doenças crônicas não transmissíveis. Portanto, este estudo visa à prospecção e quantificação dos compostos bioativos presentes na abóbora *Cucurbita ficifolia* Bouché.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Cucurbita ficifolia* Bouché

Algumas plantas vêm sendo estudadas por suas atividades antihiperlicemiante. As plantas com estas propriedades podem exercer diferentes mecanismos de ação, como estímulo a regeneração das células- β , manutenção dos níveis normais de glicose no sangue e restabelecimento dos níveis de glicogênio no fígado. Diversos estudos têm demonstrado que a abóbora da espécie *Cucurbita ficifolia* Bouché possui propriedades antihiperlicemiante, associadas ao composto D-*chiro* inositol (DCI), que é um mensageiro na ação da insulina (Patel et al., 2012; Moreira & Vannucchi, 2008; Xia & Wang, 2006; Alarcon-Aguilar et al., 2002; Acosta - Patino et al., 2001).

O DCI tem demonstrado ser um componente mediador de insulina com efeitos antidiabéticos em ratos. Pesquisadores administraram, por via oral, extrato de *C. ficifolia* contendo 10 ou 20 mg kg⁻¹ de DCI, durante 30 dias. Os resultados mostraram níveis significativamente mais baixos de glicose sérica e aumento dos níveis de glicogênio hepático, hemoglobina total e de insulina plasmática, além de melhora significativa da tolerância à glicose sanguínea em ratos diabéticos (Xia e Wang, 2006).

O suco de *Cucurbita ficifolia* liofilizada administrado por via oral e intraperitoneal em ratos diabéticos induzidos por aloxano, por 14 dias, demonstrou efeito hipoglicemiante significativo. Além disso, a administração oral diária também normalizou a glicemia após esse período de tratamento. Porém, alguns efeitos toxicológicos foram observados e atualmente mais estudos se fazem necessários para determinar a dosagem segura (Alarcon-Aguilar et al., 2002).

Pacientes de ambos os sexos, diabéticos, com idade entre 35 a 59 anos, com níveis de glicose em jejum de 150 a 300 mg dL⁻¹, receberam uma dieta de 1.800 kcal dia⁻¹ e extrato do suco de *Cucurbita ficifolia* Bouché (4 mL kg⁻¹) via oral, em duas sessões diferentes separadas por, pelo menos, uma semana. Os níveis de glicose sérica foram acompanhados por cinco horas. A medicação usual foi suspensa 24 h antes de cada sessão. Os resultados mostraram significativa redução os níveis de glicose no sangue (Acosta-Patino, 2001).

Outro estudo realizado no México revelou que, além dos efeitos anti-hiperglicêmicos, a *C. ficifolia* possui efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios. O DCI diminuiu o nível de estresse oxidativo nas células endoteliais, e pareceu impedir os danos neuronais inflamatórios observados nos ratos tratados com estreptozotocina (Fortis-Barrera et al., 2013).

O diabetes *mellitus* está relacionado com o estresse oxidativo, pois a doença produz um desequilíbrio na geração de radicais livres, reduzindo os mecanismos de defesa antioxidante, e resultando em resistência insulínica, complicações vasculares e produção anormal de citocinas inflamatórias. A *C. ficifolia* pode evitar as complicações advindas do diabetes e apresentar atividade antioxidante e anti-inflamatória em ratos diabéticos (Roman-Ramos et al., 2012).

Estudos demonstraram que a *C. ficifolia* reduziu a glicemia, hemoglobina glicada e triglicerídeos em ratos diabéticos após 30 dias de administração da abóbora-gila por via oral, com aumento significativo do conteúdo da glutatona. Entretanto, os autores relataram que o efeito antioxidante observado pode ser uma consequência direta da redução na hiperglicemia, sem descartar a hipótese desta planta possuir atividade antioxidante (Roman-Ramos et al., 2012).

Entretanto, não há estudos relacionados aos demais compostos bioativos contidos na *Cucurbita ficifolia*. Atualmente, vários estudos epidemiológicos sugerem que a ingestão de alimentos ricos em compostos bioativos, tais como os compostos fenólicos, carotenoides e antioxidantes, aumenta a eficiência no combate aos radicais livres e reduz o risco de algumas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como câncer, diabetes *mellitus*, obesidade, doenças respiratórias e cardiovasculares, que estão entre as que causam maior número de óbitos no mundo (Desroches et al., 2013; Bousquet et al., 2015).

2.1.1 Estádio de maturação

O amadurecimento do fruto é um processo altamente complexo e coordenado, e incluem mudanças de cor, firmeza, paladar e sabor. Em frutos carnosos, a maturação resulta em pericarpo suculento, macio, e aumento dos teores de açúcares, ácidos, pigmentos e substâncias voláteis que aumentam sua palatabilidade. Além disso, as frutas são consideradas importantes para a alimentação, pois fornecem vitaminas, minerais, fibras e antioxidantes. Do ponto de vista agrônomo, o valor nutricional, sabor, qualidades de processamento e o prazo de validade determinam a qualidade dos frutos (Osorio; Scossa; Fernie, 2013).

Após a maturidade fisiológica ocorrem transformações como redução do teor de água e a deterioração do fruto. Logo, estabelecer o ponto de maturidade fisiológica adquire uma grande importância para a colheita, visando à produção de frutos de qualidade, uma vez que, o atraso na colheita deixa o fruto sujeito às adversidades climáticas e ao ataque de pragas e microrganismos (Costa; Carmona; Nascimento, 2006).

2.2 Radicais livres e estresse oxidativo

O radical livre é qualquer molécula ou átomo altamente reativo, que tem um número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica, conferindo a alta reatividade. A produção de radicais livres faz parte de um processo fisiológico humano, pois eles atuam no metabolismo como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas. Porém, sua produção excessiva pode desencadear danos oxidativos e, como resposta, o corpo produz mecanismos de defesa antioxidante (Cadenas & Davies, 2000; Yin; Xu; Porter, 2011).

O estresse oxidativo procede do desequilíbrio entre compostos oxidantes e antioxidantes, devido à geração excessiva de radicais ou à velocidade reduzida de sua remoção, e conduz à oxidação de biomoléculas com desequilíbrio homeostático ou perda de suas funções biológicas, ocasionando danos potenciais em células e tecidos. Os lipídios, componentes essenciais das membranas celulares, são alvos principais do ataque por radicais livres de oxigênio. A recorrência do processo de oxidação lipídica implica risco aumentado para doenças crônicas não transmissíveis (Gil-Chávez et al., 2013; Yin; Xu; Porter, 2011). Consequentemente, o corpo produz antioxidantes, substâncias que atrasam ou impedem a oxidação de maneira eficaz, mesmo estando em menores concentrações que as do substrato oxidável, para inibir ou reduzir os danos causados pela ação deletéria dos radicais livres. A ação antioxidante pode ser preventiva, impedindo a formação dos radicais livres; por varredura, impedindo sua ação; ou por reparo, reconstituindo as estruturas lesadas (Rodrigo; Miranda; Vergara, 2011).

2.3 Sistema antioxidante

O sistema de defesa antioxidante é dividido em enzimático e não enzimático. Os principais antioxidantes enzimáticos são os superóxido dismutases (SODs), a catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GSH-Px). O não enzimático pode ter origem endógena ou dietética e é constituído por grande variedade de substâncias antioxidantes, tais como as vitaminas C e E, β -caroteno, ácido úrico

e glutathione (GSH) (Rodrigo; Miranda; Vergara, 2011; Birben et al, 2012). Há evidências que o estresse oxidativo pode desencadear o desenvolvimento da síndrome metabólica e outras doenças crônicas não transmissíveis; porém, a dieta é um fator relevante para a modulação do estresse oxidativo (Gil-Chávez et al., 2013; Yin; Xu; Porter, 2011).

2.4 Compostos antioxidantes

Vem aumentando o interesse para a identificação de antioxidantes alimentares de fontes naturais, especialmente de origem vegetal. A caracterização dos compostos fenólicos, capacidade antioxidante, carotenoides e açúcares solúveis totais presentes nos alimentos é de grande valia, devido à proteção exercida por esses compostos no corpo humano contra os efeitos nocivos dos radicais livres, além de retardar o progresso de muitas doenças crônicas e evitar a peroxidação lipídica (Gulçin, 2012).

2.4.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos estão amplamente distribuídos na natureza, com mais de 8000 compostos detectados em plantas, e fazem parte dos constituintes de uma variedade de hortaliças, frutas e produtos industrializados. Dentre eles, destacam-se os flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. São substâncias antioxidantes que inibem a oxidação lipídica e as espécies reativas de oxigênio (EROS), além de proteger a oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL), impedindo assim a formação de placas ateroscleróticas. Podem ser pigmentos, como as antocianinas, responsáveis por uma variedade de cores em hortaliças e frutas, ou outros produtos do metabolismo secundário, normalmente derivados de reações de defesa das plantas contra agressões do ambiente. Esses compostos são antioxidantes não somente por sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (Kan et al., 2014; Shashirakha; Mallikarjuna; Rajarathnam, 2013; Rodrigo; Miranda; Vergara, 2011).

Quimicamente, os compostos fenólicos são substâncias que possuem ao menos um anel aromático em sua estrutura, com uma ou mais hidroxilas como grupos funcionais (Fig. 1). São formados por moléculas distintas entre si divididas em função da estrutura química, em duas classes, flavonoides e não flavonoides, que por sua vez dividem-se em várias subclasses. A alta atividade oxidante observada em moléculas flavonoides se deve aos átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila adjacentes, localizados em várias posições dos anéis A, B e C e às duplas ligações dos anéis benzênicos. Em relação à classe dos não flavonoides estão os derivados dos ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico. O grupo $\text{CH}_2 = \text{CH-COOH}$ presente em ácidos hidroxicinâmico garantem maior capacidade antioxidante, pois tem maior habilidade em doar íons H^+ e estabilizar radicais que o grupo COOH presente nos ácidos hidroxibenzóico (Gulçin, 2012).

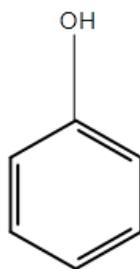


Fig. 1. Estrutura benzênica (fenólica) C6 com grupamento hidroxila (OH).

2.4.2 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis, amarelos, laranjas e vermelhos, presentes em muitas frutas e hortaliças. Apesar de existirem diversos tipos de carotenoides, apenas seis são detectados no sangue humano, e este grupo inclui α - e β -caroteno, licopeno, β -criptoxantina, luteína e de zeaxantina, que estão regularmente presente nos alimentos (Fernández-García et al., 2012).

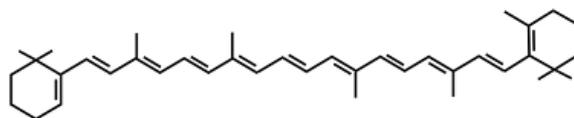
Alguns carotenoides são precursores fisiológicos da vitamina A (retinol), principalmente β -caroteno, α -caroteno, e β -criptoxantina, e possuem um ou dois anéis β -ionona. A cadeia polieno, que é um longo sistema de ligação dupla conjugada da molécula de carotenoides, influencia suas propriedades químicas, físicas e bioquímicas (Fig. 2). O sistema também confere a estes pigmentos alta reatividade química e é responsável pela atividade antioxidante dos carotenoides, tanto na absorção do oxigênio singlete, que constitui uma forma altamente reativa do oxigênio molecular, quanto de radicais livres, para interromper as reações em cadeia onde eles estão envolvidos. A eficiência como antioxidante varia entre os diferentes carotenoides, sendo o licopeno considerado o mais eficiente como capturador de oxigênio singlete (Fernández-García et al., 2012; Gulçin, 2012).

O conteúdo de carotenoides nas frutas e hortaliças depende de fatores como variedade genética, estágio de maturação, armazenamento pós-colheita, processamento e preparo. Os carotenoides apresentam seus efeitos antioxidantes em baixa pressão de oxigênio, mas podem ter efeitos pró-oxidantes em grandes concentrações de oxigênio. O β -caroteno inibe a ativação do fator de necrose tumoral induzida pela interleucina oxidante (IL-6). Carotenoides também podem causar a apoptose de células, como células de câncer de mama, ou inibir o crescimento celular (Birben et al., 2012).

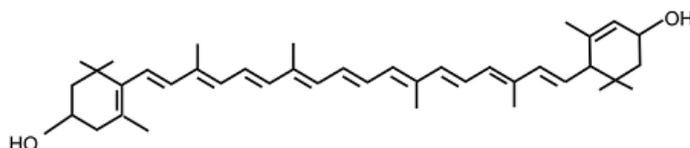
A deficiência de carotenoides pode levar à cegueira noturna e morte prematura; entretanto, seus principais benefícios têm sido associados principalmente à sua elevada capacidade antioxidante, o qual retarda a taxa de estresse oxidativo (Fernández-García et al., 2012). A dieta rica em carotenoides correlaciona-se positivamente com uma redução significativa no risco de alguns cânceres, doenças cardíacas e degenerativas (Gil-Chávez et al., 2013; Shashirakha; Mallikarjuna; Rajarathnam, 2013).



Licopeno



β -caroteno



Luteína

Fig. 2. Estrutura comum dos carotenoides

2.4.3 Capacidade antioxidante - DPPH

O DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazila) é um dos métodos para estimar a capacidade antioxidante em frutas e hortaliças. A forma estável de radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila possui uma coloração púrpura e absorve a 517 nm. O método baseia-se na redução do DPPH a difenil-picril-hidrazina, pela ação de um antioxidante, seguido de uma coloração amarelada, com conseguinte redução da absorção. Após a realização do ensaio, determina-se a porcentagem de capacidade antioxidante (%CA) ou sequestradora de radicais livres. A porcentagem de capacidade antioxidante da planta corresponde à quantidade de DPPH consumida, porém o antioxidante deve degradar ao menos 50% da concentração inicial de DPPH, denominado concentração eficiente (CE), ou seja, quanto maior o consumo de DPPH por uma amostra, menor será a sua CE_{50} e maior a sua capacidade antioxidante. A determinação da capacidade antioxidante de vários tipos de alimentos usando DPPH é comparável a outros métodos. A eficiência antioxidante é medida à temperatura ambiente, de modo que o risco de degradação térmica das moléculas testadas é eliminado (Kedare & Singh, 2011; Gulçin, 2012).

2.4.4 Açúcares solúveis totais - Método fenol-Sulfúrico

Os carboidratos são os constituintes bioquímicos mais abundantes nos vegetais, chegando a representar 50 a 80% de seu peso seco total, influenciando a estrutura e a textura dos tecidos, o sabor e o valor calórico. Eles são importantes fontes de energia e compõem a parte estrutural das células. O amido é o principal carboidrato de armazenamento nos estádios iniciais de desenvolvimento do fruto, que se degrada com o amadurecimento. Durante o processo respiratório das plantas, ocorre a oxidação dos carboidratos para a produção de energia, alterando sua

concentração. Esse é um importante parâmetro para acompanhar as condições pós-colheita dos produtos (Sharma & Rao, 2013).

O método fenol-sulfúrico baseia-se na determinação de açúcares simples, polissacarídeos e seus derivados, após a desidratação dos mesmos pelo ácido sulfúrico e subsequente complexação dos produtos formados com o fenol. A mudança da cor da solução é medida na região do visível e é proporcional à quantidade de açúcares presentes na amostra. O método é simples, rápido, sensível e reproduzível, e a cor gerada é permanente. O reagente é estável e barato, e requer apenas uma curva padrão para cada açúcar (Dubois et al, 1956).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os teores de compostos bioativos em abóboras *Cucurbita ficifolia* Bouché.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os teores de compostos fenólicos, carotenoides totais e açúcares solúveis totais na casca, polpa e sementes de abóboras em diferentes estádios de maturação;

Determinar a capacidade antioxidante na casca, polpa e sementes de abóboras em diferentes estádios de maturação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal

As abóboras *Cucurbita ficifolia* Bouché foram cultivadas no campo de produção experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. A colheita foi realizada entre os meses de julho a setembro/2012, e em três épocas diferentes, com 10, 40 e 80 dias após a antese (DAA), período compreendido entre a abertura da flor e o início da senescência dos estames e pistilo (Costa; Carmona; Nascimento, 2006). Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Embrapa Hortaliças, onde foram selecionados, classificados e higienizados com água corrente e sabão neutro. Foram sanitizados em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado 200 mg L⁻¹ (Sumaveg®, JohnsonDiversey Brasil Ltda., Sao Paulo, SP), por 10 min. A polpa foi cortada em pequenos pedaços, a casca foi quebrada e as sementes foram retiradas manualmente. A polpa, a casca e as sementes foram separadas em recipientes individuais e trituradas em liquidificador industrial (Metvisa LQ-4®, Santa Catarina, Brasil). Após o processamento, todas as partes foram acondicionadas, por estágio de maturação, em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) contendo 80 g e congelados a -18 °C (Fig. 3).



Fig. 3. Casca, polpa e sementes de abóbora *Cucurbita ficifolia* Bouché congeladas a -18 °C.

4.2 Obtenção da *Cucurbita ficifolia* Bouché liofilizada

Os materiais vegetais foram liofilizados (Liotop®) em temperatura média de 33 °C por 24 h, 36 h e 46 h, para casca, sementes e polpa, respectivamente, a uma pressão de 82 mmHg. Após a secagem, as amostras foram reduzidas a pó, pesadas, transferidas para embalagens de polietileno, identificadas e submetidas a vácuo. Foram então armazenadas em caixa de isopor contendo sílica gel para evitar o ganho de umidade e posteriormente analisadas.

4.3 Preparo do extrato aquoso para a determinação de fenólicos totais e da capacidade antioxidante

Para a preparação do extrato aquoso foi utilizado 0,5 g de cada parte da abóbora liofilizada (polpa, casca e sementes) diluído em 10 mL de água destilada e deixado em shaker por 30 min. O material foi centrifugado a 10.000 rpm por 10 min. Foram pipetados 10 mL do sobrenadante e transferidos para frascos de vidro com tampa de plástico vedada, onde ficaram armazenados a -20 °C até as amostras serem analisadas.

4.4 Determinação de fenólicos totais

A análise de fenólicos totais foi realizada por espectrofotômetro (Bioespectro® SP220), de acordo com Swain (1959). Foram adicionados em tubos de ensaios, 0,5 mL do extrato aquoso, 8 mL de água destilada e 0,5 mL de Folin-Ciocalteu. As amostras foram homogeneizadas e após 3 min foi adicionado 1 mL de carbonato de sódio 10%. Foram deixadas em repouso por 1 h antes de serem analisadas. O teor de fenólicos totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrão de ácido gálico (10 a 100 mg L⁻¹). A Equação da curva de calibração do ácido gálico foi $C = 0,013A - 0,043$, onde C é a concentração do ácido gálico, A é a absorbância a 720 nm e o coeficiente de correlação $R = 0,990$. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos como equivalente de ácido gálico (EAG), em mg 100 g⁻¹.

4.5 Determinação da capacidade antioxidante

Para as análises de captura de radicais DPPH, foi utilizado o método desenvolvido por Blois (1958) e adaptado por Brand-Willians (1995). Foi utilizado 0,03943 g de radical 2,2 difenil-1-picril-hidrazil em 10 mL de etanol P.A. Para o preparo da solução, foi dissolvido 1 mL do radical em 99 mL de etanol. Foram adicionados 2,9 mL de solução do radical e 0,1 mL do extrato aquosos em tubos de ensaio, e analisadas em espectrofotômetro a 517 nm, nos tempos de 5, 10, 20, 30, 40 e 50 min após o início da reação. A porcentagem de descoloração da amostra foi calculada de acordo com a fórmula: Porcentagem de capacidade antioxidante = (Abs. controle – Abs. amostra) / Abs. controle. Foi calculada também a concentração eficiente (CE_{50}), que é a concentração de amostra necessária para inibir 50% do radical. Curvas lineares ($r^2 > 0,95$) foram obtidas entre a concentração do antioxidante e o sequestro do radical, calculando-se a partir disso, o CE_{50} de cada parte.

4.6 Determinação de carotenoides totais

A determinação de carotenoides foi realizada segundo AOAC (1998). Foram utilizados 8 g de cada parte da abóbora liofilizada (polpa, casca e sementes), adicionados 40 mL de acetona e triturado em mixer (Polytron MA 102[®]). Após 1 min, o líquido foi filtrado a vácuo. O procedimento foi repetido mais duas vezes com 20 mL de acetona, por vez. Foram adicionados 40 mL de hexano ao filtrado e transferidos para funil de separação (Fig. 4). Após repouso de 20 min, foi adicionado 100 mL de água destilada pelas bordas do funil até a separação das fases, onde se descartou a fase inferior. O procedimento foi repetido por mais duas vezes com 100 mL de água destilada por vez. A fase superior foi filtrada em funil de vidro contendo lã de vidro e sulfato de sódio em um balão volumétrico de 50 mL. O balão foi completado com hexano. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Bioespectro[®] SP220) a 450 nm, em triplicata. Os resultados foram expressos em $mg\ 100\ g^{-1}$ de abóbora. Foi utilizado o cálculo: Carotenoides = Abs. lida x 100 / 250 x L x W, onde L é a largura da cubeta e W é o quociente original entre a amostra inicial e o volume final da diluição.

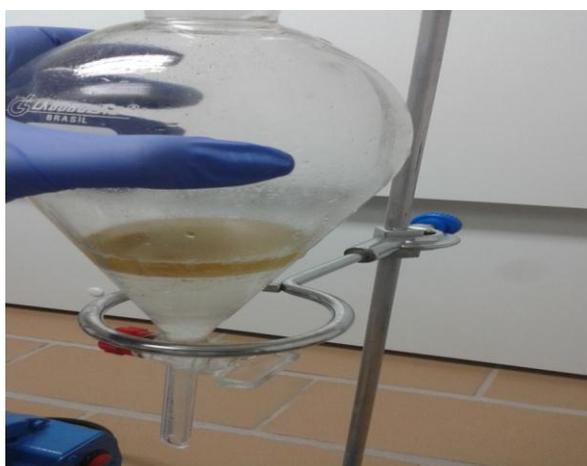


Fig. 4. Amostra de polpa (fase 1) em funil de separação com 100 mL de água destilada (fase 2).

4.7 Determinação de açúcares solúveis totais

A curva padrão para determinação espectrofotométrica dos açúcares solúveis totais foi preparada com D-glicose 100 mg L^{-1} e diluída nas diferentes concentrações (20, 40, 60, 80 e 100 mg L^{-1}). Alíquotas de 0,5 mL de cada ponto, em triplicata, foi colocado em tubos de ensaio, adicionado de 1 mL de água destilada e 0,5 mL de fenol 5%. Os tubos de ensaio foram agitados e logo após foi adicionado 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos foram deixados em repouso em local escuro e fresco, a fim de que a temperatura dos mesmos atingisse a do ambiente. A equação da curva de calibração da D-glicose foi $C = 0,0009 A - 0,0041$, onde C é a concentração da D-glicose, A é a absorbância e o coeficiente de correlação $R = 0,9907$.

A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada de acordo com Dubois et al. (1956). Foi diluído 1 g de amostra em 25 mL de água destilada, homogeneizadas em Politrón® por 3 minutos e centrifugadas por 10 min a 10.000 rpm. O sobrenadante foi filtrado em funil de vidro com papel de filtro e lã de vidro em balão volumétrico de 25 mL. O volume foi completado com água destilada. A absorbância da cor resultante da reação foi quantificada em espectrofotômetro (Bioespectro® SP220), a 490 nm.

4.8 Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3 (três tempos de colheita dos frutos: 10, 40 e 80 DAA x três partes analisadas: casca, polpa e sementes) com quatro repetições. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram analisados usando-se o Modelo Linear Generalizado (GLM) do SAS® 9.2 e análise fatorial completa na Análise de Variância (ANOVA), seguida de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. Resultados e discussão

5.1 Fenólicos totais

Os fenólicos estão entre os principais compostos determinantes das características de qualidade como cor, aroma, amargura e adstringência de frutos frescos, possui propriedades benéficas à saúde, que incluem a eliminação de radicais livres e ação anti-inflamatória, e auxiliam no tratamento e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (Sharma & Rao, 2013; Shashirakha; Mallikarjuna; Rajarathnam, 2013; Rodrigo; Miranda; Vergara, 2011).

Os teores de fenólicos totais encontrados na casca e na polpa da abóbora-gila não diferiram significativamente para os dias de colheita ($P > 0,05$). Nas sementes, houve maior concentração de fenólicos totais aos 40 DAA ($P < 0,05$). Ao comparar as diferentes partes da abóbora, houve diferença significativa entre a polpa, casca e sementes aos 40 DAA; entretanto, no fruto maduro, a casca e a

polpa apresentaram teores semelhantes de fenólicos totais (Tabela 1). Não foram encontrados dados na literatura sobre a quantificação dos fenólicos em abóbora-gila.

Tabela 1. Teor de fenólicos totais (expressos em equivalente de ácido gálico - EAG, em mg 100 g⁻¹) na casca, polpa e sementes de *Cucurbita ficifolia* Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA.

DAA	Fenólicos (mg 100 g ⁻¹)		
	Casca	Polpa	Sementes
10	40,08 (±0,80) Aa	39,30 (±0,89) Aa	—*
40	37,18 (±1,69) Ab	39,86 (±1,54) Aa	33,86 (±2,37) Ac
80	39,55 (±4,65) Aa	40,69 (±1,74) Aa	23,86 (±1,82) Bb
CV: 7,3%			

*Ausência de sementes na abóbora-gila em 10 DAA.

Os dados representam as médias (± Desvio Padrão) de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em estudos de quantificação de compostos fenólicos em *Cucurbita máxima*, foram encontrados teores de fenólicos de 56 mg 100 g⁻¹ na fase jovem da planta, maiores do que os encontrados em *C. ficifolia* nesta fase (Sharma & Rao, 2013). Outro estudo com *C. máxima* apresentou 1200 mg 100 g⁻¹ em polpa por extrato metanólico (Attarde et al., 2010). Já a quantificação destes compostos em *Cucurbita moschata*, foi de 476 mg 100 g⁻¹ (Jacobo-Valenzuela et al., 2008).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, participam das transformações pós-colheita de frutos, e sua concentração está relacionada com a capacidade antioxidante, podendo ser utilizada para o acompanhamento da perda de qualidade do produto após a colheita. Esses compostos se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações ultravioletas e são responsáveis pela proteção do fruto, a fim de impedir a sua senescência precoce (Sharma & Rao, 2013). Entretanto, podem ser modificados por meio de reações oxidativas durante o processamento e armazenamento. São considerados funcionais como antioxidantes em concentrações relativamente baixas, enquanto que em concentrações mais elevadas são susceptíveis à oxidação, e podem se comportar como pró-oxidantes. Seu papel no metabolismo e crescimento da planta e impacto sobre as qualidades organolépticas e nutricionais de frutas e vegetais e sua capacidade antioxidante em seres humanos, tem como processo-chave a oxidação (Robards et al., 1999).

5.2 Capacidade Antioxidante - DPPH

Neste método, o grau de descoloração indica o potencial antioxidante de cada extrato, e a habilidade do antioxidante em sequestrar radicais livres é inversamente proporcional ao valor do CE₅₀, que é a quantidade de antioxidante capaz de sequestrar metade dos radicais livres DPPH presentes em solução. Quanto menor o valor de CE₅₀, maior a capacidade do antioxidante, menor quantidade de extrato será necessária para reduzir em 50% do radical livre DPPH.

A resposta antioxidante variou entre as diferentes partes, casca, polpa e sementes (Tabela 2).

A casca e a polpa da abóbora madura, colhida com 80 DAA, apresentaram os menores valores de CE_{50} (maior capacidade antioxidante) quando comparado à casca e à polpa do fruto jovem. A polpa apresentou um significativo aumento da capacidade antioxidante a partir dos 40 DAA, e na casca não houve aumento expressivo após os 40 DAA (Tabela 2). As sementes apresentaram maior capacidade antioxidante nos frutos colhidos aos 40 DAA, em comparação com as sementes do fruto maduro (Tabela 2).

Tabela 2. Capacidade antioxidante (%), capacidade antioxidante expressa em CE_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$) e coeficiente de correlação linear (r^2) pelo método DPPH na casca, polpa e sementes de *Cucurbita ficifolia* Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA.

DAA	Capacidade antioxidante (%)		
	Casca	Polpa	Sementes
10	22,60 ($\pm 5,01$) Ba	24,15 ($\pm 4,17$) Ca	—*
40	28,33 ($\pm 6,52$) ABb	39,32 ($\pm 1,47$) Ba	38,09 ($\pm 5,03$) Aa
80	32,82 ($\pm 5,79$) Ab	47,94 ($\pm 7,40$) Aa	31,00 ($\pm 3,05$) Bb
CV: 15,4%			
DAA	CE_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$)		
	Casca	Polpa	Sementes
10	12,54 ($\pm 1,32$) A	13,08 ($\pm 1,41$) A	—*
40	12,57 ($\pm 3,63$) A	7,92 ($\pm 0,19$) B	8,16 ($\pm 5,99$) B
80	9,98 ($\pm 3,76$) B	5,18 ($\pm 1,52$) C	15,92 ($\pm 1,50$) A
CV: 17,2%			

*Ausência de sementes na abóbora-gila em 10 DAA.

Os dados representam as médias (\pm Desvio Padrão) de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Attarde et al. (2010) avaliaram a capacidade antioxidante em *Cucurbita maxima* pelo método de DPPH e encontraram valores de CE_{50} de 393, 355 e 155 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para amostras extraídas em éter de petróleo, clorofórmio e metanol, respectivamente. Os autores ressaltaram que a mais alta capacidade nas amostras do extrato metanólico pode ser devida à presença de fitoconstituintes, tornando a extração mais eficiente do que em éter de petróleo e clorofórmico.

Xanthopoulou et al. (2009) avaliaram sementes de abóboras industrializadas pelo método DPPH e encontraram CE_{50} de 5,13 $\mu\text{g mL}^{-1}$, maior capacidade antioxidante do que em sementes de abóbora-gila aos 40 e 80 DAA.

A Figura 5 apresenta a redução da absorvância em seis tempos consecutivos (5, 10, 20, 30, 40 e 50 min) nas diferentes partes da abóbora-gila.

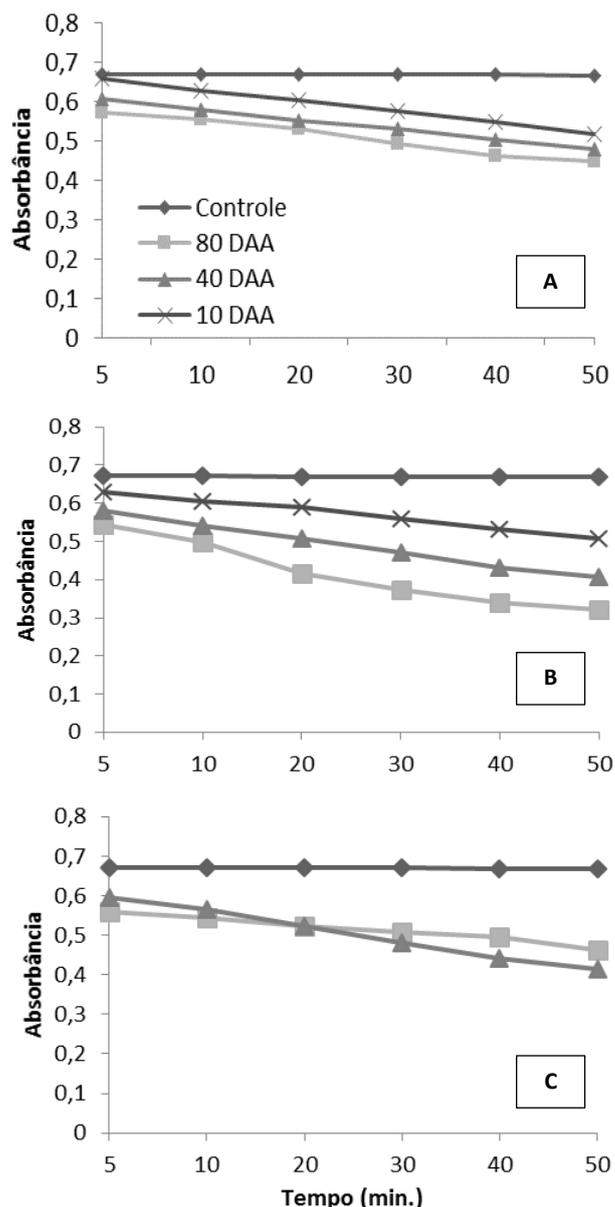


Fig. 5. Capacidade antioxidante pelo método DPPH da casca (A), polpa (B) e sementes (C) da abóbora *Cucurbita ficifolia* Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA.

5.3 Carotenoides

Algumas variedades mais conhecidas de cucurbitáceas, como *C. moschata*, *C. maxima* e *C. pepo*, apresentam cores que variam do amarelo intenso ao laranja, revelaram altos níveis de carotenoides, principalmente α e β -caroteno, β -criptoxantina, luteína e zeaxantina (Carvalho et al., 2012). Já a *C. ficifolia* Bouché se diferencia, a casca apresenta manchas verde-escuro sobre o fundo verde-claro e branco, a polpa é branca, e as sementes variam de marrom-escuro a negras (Muniz et al., 2012).

Na casca, na polpa e nas sementes da abóbora-gila, os teores de carotenoides totais aumentaram significativamente aos 80 DAA (Tabela 3). A casca da abóbora madura apresentou o

maior teor de carotenoides (0,0275 mg 100 g⁻¹), em relação às outras partes da abóbora-gila e aos estádios de maturação. Os teores de carotenoides observados na polpa mantiveram-se estáveis durante os 10 e 40 DAA; porém, aumentaram consideravelmente no fruto maduro, aos 80 DAA (P<0,05). O mesmo efeito foi observado nas sementes, que apresentaram menores valores em 40 DAA (0,0008 mg 100 g⁻¹), seguido de um expressivo aumento (0,0075 mg 100 g⁻¹) (Tabela 3). Entretanto, os valores de carotenoides encontrados na *C. ficifolia* Bouché são bem inferiores, quando comparado a outros tipos de abóbora.

Tabela 3. Teor de carotenoides totais (mg 100 g⁻¹) na casca, polpa e sementes de *Cucurbita ficifolia* Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA.

DAA	Carotenoides totais (mg 100 g ⁻¹)		
	Casca	Polpa	Sementes
10	0,0219 (±0,002) Ba	0,0040 (±0,001) Bb	—*
40	0,0220 (±0,001) Ba	0,0032 (±0,001) Bb	0,0008 (±0,002) Bc
80	0,0275 (±0,006) Aa	0,0111 (±0,004) Ab	0,0075 (±0,006) Ab

CV: 21,1%

*Ausência de sementess na abóbora-gila em 10 DAA.

Os dados representam as médias (± Desvio Padrão) de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As informações presentes na literatura relatam que os níveis de carotenoides em frutos mantem-se relativamente constantes até o início da maturação, e que durante o amadurecimento das hortaliças ocorre um processo de carotenogênese intensificada, aumentando os níveis de carotenoides em número e quantidade. Entretanto a biossíntese pode ser afetada pelas diferenças no ambiente de crescimento, tais como temperatura, disponibilidade de nutrientes, solo, intensidade de luz solar, estágio de maturação e pós-colheita (Uenojo et al., 2007; Rodriguez-Amaya et al., 2008).

Ao quantificar compostos bioativos em polpa de *Cucurbita máxima*, pesquisadores detectaram a presença de 2,12 mg 100 g⁻¹ de carotenoides totais, 1,18 mg 100 g⁻¹ de β-caroteno (Kandlakunta et al., 2008) e 0,047 mg 100 g⁻¹ de luteína (Rodriguez-Amaya et al., 2008). Cascas de *C. maxima* analisadas quanto aos teores de carotenoides, por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), apresentaram valores variando de 1,7 a 68,3 mg 100 g⁻¹ (Kreck et al., 2006); sendo portanto, maiores do que os teores encontrados em *C. ficifolia* Bouché.

Estudo realizado com abóboras *C. moschata* Duchesne demonstraram que os teores de carotenoides totais variaram de 23,4 mg 100 g⁻¹ a 40,4 mg 100 g⁻¹ (Carvalho et al., 2012).

Os diferentes tipos de abóboras apresentam variação dos compostos bioativos, e explica a diferença entre a *C. ficifolia* Bouché e as outras cultivares. Além disso, fatores como o corte, a trituração e a liofilização do fruto podem influenciar na quantificação dos carotenoides, pois acarretam na liberação de enzimas que aceleram a oxidação (Carvalho et al., 2012; Rodriguez-Amaya et al., 2008).

5.4 Açúcares solúveis totais

O método fenol-sulfúrico para determinação de açúcares solúveis totais utiliza o ácido sulfúrico para a desidratação de açúcares simples e polissacarídeos, e subsequente complexação dos produtos formados com fenol, com formação de composto colorido, no qual foi determinada a absorvância a 490 nm (Dubois et al, 1956).

As três partes analisadas diferiram significativamente (Tabela 4). A quantidade de açúcares totais aumentou gradativamente ($P < 0,05$) na polpa e nas sementes com o amadurecimento do fruto. A casca apresentou a menor quantidade de açúcares aos 40 DAA, diferente do ocorrido na polpa e nas sementes (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de açúcares solúveis totais (expresso em equivalente de D-glicose, em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) na casca, polpa e sementes de *Cucurbita ficifolia* Bouché, aos 10, 40 e 80 DAA.

DAA	Açúcares solúveis totais ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)		
	Casca	Polpa	Sementes
10	96,82 ($\pm 0,76$) Aa	43,03 ($\pm 1,16$) Cb	—*
40	64,60 ($\pm 0,71$) Bc	82,47 ($\pm 3,34$) Bb	91,46 ($\pm 3,05$) Ba
80	95,14 ($\pm 0,96$) Ab	106,61 ($\pm 1,21$) Aa	95,43 ($\pm 0,65$) Ab

CV: 3,8%

*Ausência de sementes na abóbora-gila em 10 DAA.

Os dados representam as médias (\pm Desvio Padrão) de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O teor de amido é convertido em açúcares solúveis durante a maturação, e essa transformação acarreta em efeitos notáveis em sabor e textura, e pode ser utilizado para indicar o grau de maturação, especialmente se o fruto for colhido para comercialização imediata. Estudo realizado com polpa de *Cucurbita maxima*, revelou que a quantidade de açúcares solúveis totais apresentou tendência crescente da fase jovem ($91 \text{ mg } \text{g}^{-1}$) até a pré-fase madura ($106,6 \text{ mg } \text{g}^{-1}$), mas mostrou declínio significativos nas subseqüentes fases (Sharma & Rao, 2013).

Terazawa et al. (2001), ao avaliarem o teor de carboidratos em abóboras em desenvolvimento, encontraram em *C. maxima* aumento gradual de açúcares solúveis totais de 30 dias até 60 dias de floração, de $23,9$ a $32,3 \text{ mg } \text{g}^{-1}$, respectivamente, enquanto que em *C. moschata* houve um aumento de forma constante durante todo o crescimento, com valores consideráveis desde os 10 dias de floração ($23,1 \text{ mg } \text{g}^{-1}$) até 80 dias de floração ($81,4 \text{ mg } \text{g}^{-1}$). Foi observada uma correlação entre o amido e umidade em ambas as cultivares, quanto menor o teor de umidade maior o teor de amido

Embora não tenha sido quantificado neste trabalho, outros estudos mostraram a presença de D-chiro inositol em abóboras-gila (Xia & Wang, 2006; Alarcon-Aguilar et al., 2002; Acosta - Patino et al., 2001). O inositol, um isômero de glicose, desempenha um papel importante no metabolismo da glicose e é considerado um segundo mensageiro na ação da insulina. Durante a ligação entre a insulina e o seu receptor inicia uma seqüência de eventos metabólicos que conduz à síntese de

glicogênio, ou atua sobre o GLUT4 (glucotransportador 4), que favorece o transporte de glicose através da membrana plasmática, para dentro das células dos tecidos, para ser utilizado como substrato energético (Benedetto et al, 2013).

6. CONCLUSÕES

Dentre as diferentes partes da abóbora, a polpa madura foi a que apresentou maior quantidade de fenólicos totais e capacidade antioxidante, seguida da casca e das sementes. A abóbora-gila possui baixa quantidade de carotenoides totais e, conforme esperado, apresentou aumento gradativo de açúcares totais durante a maturação. Considerando as características nutricionais e funcionais da *C. ficifolia*, recomenda-se o consumo dessa hortaliça e a inserção de seus subprodutos na alimentação, de forma adequada, para contribuir com a ingestão diária de antioxidantes e proteção do organismo contra os danos oxidativos. Entretanto, estudos adicionais são necessários para promover o cultivo da abóbora-gila em escala comercial.

7. REFERÊNCIAS

ACOSTA-PATIÑO, J.L.; JIMÉNEZ-BALDERAS, E.; JUÁREZ-OROPEZA, M.A.; DÍAZ-ZAGOYA, J.C. Hypoglycemic action of Cucurbita ficifolia on Type 2 diabetic patients with moderately high blood glucose levels. *J Ethnopharmacol*, v.77, n.1, p. 99-101, 2001.

ALARCON-AGUILAR, F.J.; HERNANDEZ-GALICIA, E.; CAMPOS-SEPULVEDA, A.E.; XOLALPA-MOLINA, S.; RIVAS-VILCHIS, J.F.; VAZQUEZ-CARRILLO, L.I. et al. Evaluation of the hypoglycemic effect of Cucurbita ficifolia Bouché (Cucurbitaceae) in different experimental models. *J Ethnopharmacol*, v. 82, n.2-3, p. 185 - 189, 2002.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC International. Washington: AOAC International, 2002.

ATTARDE, D.L.; KADU, S.S.; CHAUDHARI, B.J.; KALE, S.S.; BHAMBER, R.S. In vitro Antioxidant activity of Pericarp of Cucurbita maxima Duch. ex Lam. *International Journal of PharmTech Research*, v.2, n.2, p. 1533-1538, 2010.

BAYAT, A.; JAMALI, Z.; HAJIANFAR, H.; BENI, M.H. Effects of Cucurbita ficifolia Intake on Type 2 Diabetes: Review of Current Evidences. *Shiraz e Medical Journal*, v. 15, n. 2, 2014.

BENEDETTO, A.; GIUNTA, L.; RUFFO, M.C.; CANNIZZARO, D. Nuove evidenze sul ruolo della supplementazione con inositolo nel diabete gestazionale. *G It Diabetol Metab* v. 33 p. 199-203, 2013.

BIRBEN, E.; SAHINER, U.M.; SACKESEN, C.; ERZURUM, S.; KALAYCI, O. Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J*, v. 5; n. 1, p. 9-19, 2012.

BLOIS, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, v.181, n.4617, p.1199-1200, 1958.

BOUSQUET, J.; ANTO, J.M.; BERKOUK, K.; GERGEN, P.; ANTUNES, J.P.; AUGÉ, P. et al. Developmental determinants in non-communicable chronic diseases and ageing. *Thorax*, v. 70, n. 6, p. 595-597, 2015.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CADENAS, E.; DAVIES, K.J.A. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging. *Free Radical Biology & Medicine*, v. 29, n. 3/4, p. 222–230, 2000.

CARVALHO, L. M. J.; GOMES, P. B.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; MONTE, P. H. F.; CARVALHO, J. L. V. et al. Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. *Food Research International*, v.47, n.2, p. 337-340, 2012.

CHANG, C.I.; HSU, C.M.; LI, T.S.; HUANG, S.D.; LIN, C.C.; YEN, C.H. et al. Constituents of the stem of *Cucurbita moschata* exhibit antidiabetic activities through multiple mechanisms. *Journal of Functional Foods*, v. 10, p. 260-273, 2014.

COSTA, C.J.; CARMONA, R.; NASCIMENTO, W.M. Idade e tempo de armazenamento de frutos e qualidade fisiológica de sementes de abóbora híbrida. *Rev. bras. Sementes*, v.28, n.1, p. 127-132, 2006.

DESROCHES, S.; LAPOINTE, A.; RATTÉ, S.; GRAVEL, K.; LÉGARÉ, F.; TURCOTTE, S. Interventions to enhance adherence to dietary advice for preventing and managing chronic diseases in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, n. 2, Art. No.: CD008722, 2013.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, v.28, n.3, p. 350-356, 1956.

EL-ABHAR, H.S.; SCHAALAN, M.F. Phytotherapy in diabetes: Review on potential mechanistic perspectives. *World Journal of Diabetes*, v.5, n.2, p.176-197, 2014.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, E., CARVAJAL-LÉRIDA, I., JARÉN-GALÁN, M., GARRIDO FERNÁNDEZ, J., PÉREZ-GÁLVEZ, A., HORNERO-MÉNDEZ, D. Carotenoids bioavailability from foods: from plant pigments to efficient biological activities. *Food Research International*, v. 46, n. 2, p. 438- 450, 2012.

FORTIS-BARRERA, Á.; ALARCÓN-AGUILAR, F.J.; BANDERAS-DORANTES, T.; DÍAZ-FLORES, M.; ROMÁN-RAMOS, R.; CRUZ, M.; GARCÍA-MACEDO, R. Cucurbita ficifolia Bouché (Cucurbitaceae) and D-chiro-inositol modulate the redox state and inflammation in 3T3-L1 adipocytes. *J Pharm Pharmacol*, v. 65, n. 10, p. 1563-76, 2013.

GIL-CHÁVEZ, J.G.; VILLA, J.A.; AYALA-ZAVALA, J.F.; HEREDIA, J.B.; SEPULVEDA, D. YAHIA, E.M. et al. Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 12, n. 1, p. 5-23, 2013.

GÜLÇİN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Arch Toxicol*, v. 86, n. 3, p. 345-391, 2012.

JACOBO-VALENZUELA, N.; ZAZUETA-MORALES, J.J.; PÉREZ-CASTAÑEDA, V.; CAMACHO-HERNÁNDEZ, I.L.; GALLEGOS-INFANTE, J.A.; ROCHA-GUZMÁN, N.E.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F. Rediscovering Winter Squash (*Cucurbita moschata* D.) cv. Cehualca as a Magic Food in Sinaloa State. 3rd International Congress of Food Science and Food Biotechnology in Developing Countries. AMECA, 14–17 October, 475–478, 2008.

KANDLAKUNTA, B.; RAJENDRAN, A.; THINGNGANING, L. Carotene content of some common (cereals, pulses, vegetables, spices and condiments) and unconventional sources of plant origin. *Food Chemistry*. v.106, n.1, p.85-89, 2008.

KAN, T.; GUNDOGDU, M.; ERCISLI, S.; MURADOGLU, F.; CELIK, F.; GECER, M. K. et al. Phenolic compounds and vitamins in wild and cultivated apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits grown in irrigated and dry farming conditions. *Biol Res*, v. 47, n. 1, p. 46, 2014.

KEDARE, S.B.; SINGH, R.P. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *J Food Sci Technol*, v. 48, n. 4, p. 412-22, 2011.

KRECK, M.; KÜRBEL, P.; LUDWIG, M.; PASCHOLD, P.J.; DIETRICH, H. Identification and quantification of carotenoids in pumpkin cultivars (*Cucurbita maxima* L) and their juices by liquid chromatography with ultraviolet-diode array detection. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, v.80, n.2, p. 93–99, 2006.

MOREIRA, E.A.M.; VANNUCCHI, H. Diabetes Mellitus: Tratamento Clínico Nutricional. In: Atenção Nutricional, Abordagem Dietoterápica em Adultos. MOREIRA, E.A.M.; CHIARELLO, P.G. Rio de Janeiro. *Guanabara Koogan*, cap. 8, p. 98-111, 2008.

MUNIZ, L.B.; PINTO, J.V.; MATTOS, L.M.; MORETTI, C.L. Caracterização física e química de abóbora *Cucurbita ficifolia* Bouché 2 Cultivada em Brasília-DF: uma potencial hortaliça para tratamento da 3 diabetes mellitus tipo 2. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS. Brasília, DF, 2012.

OSORIO, S.; SCOSSA, F.; FERNIE, A.R. Molecular regulation of fruit ripening. *Front Plant Sci.*, v. 4, n. 198, p. 1-8, 2013.

PATEL, D.; KUMAR, R.; LALOO, D.; HEMALATHA, S. Natural medicines from plant source used for therapy of diabetes mellitus: An overview of its pharmacological aspects. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, p. 239-250, 2012.

PRIORI, D.; BARBERI, R.L.; CASTRO, C.M.; OLIVEIRA, A.C.; VILELA, J.C.B.; MISTURA, C.C. Diversidade genética de *Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma* e *C. ficifolia* empregando marcadores microssatélites. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 3, 2013.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P.D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, v.66, p.401-436, 1999.

RODRIGO, R.; MIRANDA, A.; VERGARA, L. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, v. 412, n. 5-6, p. 410-424, 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. Fontes Brasileiras de Carotenoides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. 2.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 99p.

ROMAN-RAMOS, R.; ALMANZA-PEREZ, J.C.; FORTIS-BARRERA, A.; ANGELES-MEJIA, S.; BANDERAS-DORANTES, T.R.; ZAMILPA-ALVAREZ, A. et al. Antioxidant and anti-inflammatory effects of a hypoglycemic fraction from *Cucurbita ficifolia* Bouché in streptozotocin-induced diabetes mice. *The American Journal of Chinese Medicine*, v. 40, n. 1, p. 1 – 14, 2012.

SHARMA, S.; RAO, R. Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal*, v.20, n.5, p. 2309-2316, 2013.

SHASHIREKHA, M.N.; MALLIKARJUNA, S.E.; RAJARATHNAM, S. Status of Bioactive Compounds in Foods, with Focus on Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 55, n. 10, p. 1324 – 1339, 2015.

SILVA, L.M.R.; FIGUEIREDO, E.A.T.; RICARDO, N.M.S.; VIEIRA, I.G.P.; FIGUEIREDO, R.W.; BRASIL, I.M. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chem*, v. 15, n. 143, p. 398-404, 2014.

SWAIN, T; HILLS, W. E. The phenolic constituent of *Punnus domestica*. quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.19, p.63-69, 1959.

TERAZAWA, Y.; ITO, K.; MASUDA, R.; YOSHIDA, K. Changes in carbohydrate composition in pumpkins [*Cucurbita maxima*] (kabocha) during fruit growth. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v.70, n.5, p.656-658, 2001.

UENOJO, M.; MAROSTICA JUNIOR, M.R.; PASTORE, G.M. Carotenoides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. *Quím. Nova*, v.30, n.3, p. 616-622, 2007.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Aproveitamento de sementes de abóboras (*Cucurbita* sp) como fonte alimentar. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.14, n.1, p.113-124, 2012.

XANTHOPOULOU, M.N.; NOMIKOS, T.; FRAGOPOULOU, E.; ANTONOPOULOU, S. Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Research International*, v. 42, n. 5, p. 641-646, 2009.

XIA, T.; WANG, Q. Antyhyperglycemic of *Cucurbita ficifolia* fruit extract in streptozotocin - induced diabetic rats. *Fitoterapia*, v. 77, p. 530-533, 2006.

YIN, H.; XU, L.; PORTER, N.A. Free Radical Lipid Peroxidation: Mechanisms and Analysis. *Chem. Rev.*, v. 111, n. 10, p. 5944–5972, 2011.