

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

Artigo Científico do Trabalho de Conclusão de Curso

Graduandas: Mariana Demarco e Maira Perin
Orientador: Prof^o Dr. Fernando Sanches de Lima

São Miguel do Oeste - SC
2017

MARIANA DEMARCO
MAIRA PERIN

**Development of diet added *frozen-yogurt* of apple: total phenolic compound
content and antioxidant activity**

Desenvolvimento de *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã: conteúdo total de compostos
fenólicos e atividade antioxidante

Artigo apresentado ao Curso Superior de
Tecnologia em Alimentos, do Instituto Federal
de Santa Catarina – Câmpus São Miguel do
Oeste, como pré-requisito à obtenção do grau de
Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Prof^o Dr. Fernando Sanches de Lima

São Miguel do Oeste - SC

2017

ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

Relevância do trabalho: O presente trabalho apresenta a correlação da conservação de compostos fenólicos presente na maçã Fuji *in natura*, em um produto congelado, sendo uma alternativa de sobremesa láctea diet para pessoas que necessitam da ingestão controlada de açúcares em sua dieta.

Título do trabalho:

Development of diet added *frozen-yogurt* of apple: total phenolic compound content and antioxidant activity

Desenvolvimento de *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã: conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante

Título para cabeçalho: *Frozen-yogurt* diet adicionado de maçã

Autores:

Mariana Demarco¹ (marianade.marco@hotmail.com)

Maira Perin¹ (maira_smo@hotmail.com)

Fernando Sanches de Lima² (fernando.sanches@ifsc.edu.br)

¹ Discentes do curso superior de Tecnologia em Alimentos

² Docente do curso superior de Tecnologia em Alimentos

Abreviações: DEMARCO, M.; PERIN, M.; DE LIMA, F. S.

Informações sobre os autores:

Mariana Demarco; Endereço: Adolfo Konder, 1787, São Jorge, São Miguel do Oeste, Santa Catarina, Brasil, CEP 89900-000; Telefone (49) 99114-0971; Email: marianade.marco@hotmail.com

Maira Perin; Endereço: Avenida Salgado Filho, 189, Centro, São Miguel do Oeste, Santa Catarina, Brasil, CEP 89900-000; Telefone (49) 99998-4627; Email: maira_smo@hotmail.com

Fernando Sanches de Lima: Rua 22 de Abril, Bairro São Luiz, São Miguel do Oeste, Santa Catarina, Brasil, CEP 89900-000; Telefone (49) 3631-0400; Email: Fernando_sanches@ifsc.edu.br

Instituição:

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, campus São Miguel do Oeste; São Miguel do Oeste, Santa Catarina, Brasil.

RESUMO

A reeducação alimentar e a ingestão de alimentos diet têm sido uma alternativa no controle de diabetes. Diversas pesquisas têm evidenciado que os compostos fenólicos presentes em extratos de frutas possuem atividade antioxidante e efeitos benéficos à saúde. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã Fuji, determinar o seu conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante. A determinação do conteúdo total de composto fenólicos e da ação antioxidante foi realizada por espectrofotometria UV-Vis. O *frozen-yogurt* à base de maçã com casca e maçã sem casca apresentaram 0,33 e 0,34 mg equivalente de ácido gálico/g de amostra em base seca (b.s.), respectivamente, ($p > 0,05$). Destaca-se que houve a preservação de cerca de 68,7 % e 85 % dos compostos fenólicos totais no *frozen-yogurt* com casca e *frozen-yogurt* sem casca, respectivamente. A atividade antioxidante analisada pelo método de DPPH* resultou em valores de 64,25 $\mu\text{mol TE/g}$ de maçã com casca b.s. e 51,39 $\mu\text{mol TE/g}$ de maçã sem casca b.s. ($p < 0,05$), e amostras de *frozen-yogurt* à base de maçã com casca e sem casca apresentaram 6,18 e 6,77 $\mu\text{mol TE/g}$ b.s., respectivamente ($p > 0,05$). Pelo método ABTS* a maçã com casca apresentou 71,02 $\mu\text{mol TE/g}$ b.s., e 51,49 $\mu\text{mol TE/g}$ de maçã sem casca b.s. ($p < 0,05$), e as amostras de *frozen-yogurt* à base de maçã com casca e sem casca, 10,06 e 8,27 $\mu\text{mol TE/g}$, respectivamente ($p > 0,05$). Os resultados deste estudo justificam o desenvolvimento de um *frozen-yogurt* diet a base de maçã com casca, como uma alternativa de alimento funcional, sendo que este apresentou um índice de aceitabilidade maior que 70% por meio de análise sensorial.

Aplicação prática: Determinação da composição da maçã e preservação dos compostos benéficos à saúde em *frozen-yogurt*.

Palavras-chave: compostos fenólicos; xilitol; teste de aceitação sensorial; DPPH*; ABTS*; diet.

1 INTRODUÇÃO

O aumento no número de pessoas com doenças crônicas degenerativas, particularmente o diabetes mellitus tipo 2, tem sido associado aos maus hábitos alimentares da população (Pereira, 2014). Estima-se que há 415 milhões de adultos com diabetes, dos quais 318 milhões apresentam tolerância limitada à glicose (IDF, 2015). A reeducação alimentar e o controle da ingestão de carboidratos são os tratamentos mais indicados para o controle da diabetes mellitus tipo 2 (Suplicy; Fiorin, 2012), além da inserção de alimentos funcionais à dieta (Brasil, 1999; Yamada et al., 2008). Nesse contexto, o desenvolvimento de alimentos diet enriquecido com compostos funcionais deve ser estimulado para atender as necessidades metabólicas da população em geral, particularmente os diabéticos.

A legislação brasileira define “alimento para dietas de ingestão controlada de açúcares”, conforme Portaria nº 29 de 13 de janeiro de 1998, como “aqueles especialmente formulados para atender às necessidades de pessoas que apresentam distúrbios do metabolismo de açúcares” (Brasil, 1998). Além disso, as alegações de propriedade funcional e/ou de saúde, que são definidas como “aquelas que afirmam, sugerem ou implicam a existência de relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde”, são autorizadas apenas em produtos registrados (Brasil, 1999). Embora existam exigências legislativas para o reconhecimento de um alimento funcional industrializado, há vários alimentos *in natura* que possuem compostos bioativos que poderiam enriquecer alimentos industrializados. Dentre esses compostos, destacam-se os compostos fenólicos ou fitoquímicos, que possuem atividade antioxidante e estão associados à redução da incidência de doenças cardiovasculares, incluindo funções vasculares, pressão arterial e hiperglicemia (Bondonno et al., 2017; Cozzolino, 2012; Fernandes, 2016; Scalbert, 2002). Os compostos fenólicos podem ser divididos em diferentes classes, tais como flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e ligninas, os glicosinatos e

carotenoides (Cozzolino, 2012), que além de inativarem radicais livres e evitar a propagação de reações oxidativas (Silva, 2010), têm sido associados à redução da incidência de diversas doenças crônicas, tais como diabetes e doença cardiovascular (Kwon et al., 2008).

Grande parte dos compostos fenólicos comumente encontrados em frutas pertence à classe dos flavonoides, e a maçã possui uma concentração considerável desses compostos (Adyanthaya et al., 2010), particularmente catequina e epicatequina, que atuam como antioxidantes (Gonçalves, 2008; Francini; Sebastiani, 2013; Lage, 2014). A concentração desses compostos é dependente da cultivar, parte da fruta, estágio de maturação, ano-safra e época de colheita (Vieira, 2010).

O Estado de Santa Catarina é um dos maiores produtores nacionais de maçã, principalmente pelo clima temperado predominante, sendo favorável para o cultivo da macieira (Petri et al., 2011), cuja produção corresponde a 51% da produção nacional, seguido dos estados do Rio Grande do Sul (44%) e Paraná (5%) (Epagri, 2002).

Considerando os potenciais benefícios de alimentos diet enriquecidos com compostos fenólicos, a elaboração de alimentos congelados à base de maçã, tais como o *frozen-yogurt*, seria uma alternativa interessante para preservar os compostos fenólicos presentes no produto. O *frozen-yogurt* é uma sobremesa láctea fermentada e congelada, com aspecto de sorvete, de sabores ácidos advindos do iogurte e, de grande aceitabilidade comercial devido ao baixo conteúdo de gordura se comparado às outras sobremesas, e teor de lactose reduzido (Pereira et al., 2012).

Sendo assim, o objetivo deste projeto foi desenvolver um *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã Fuji, determinar o seu conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Formulação do *frozen-yogurt diet* à base de maçã Fuji sem casca e com casca

Inicialmente foi obtido o iogurte base por meio do aquecimento do leite UHT integral até 38 a 37 °C, inoculação direta das culturas *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus thermophilus* e fermentação em estufa à 37 °C por 8 horas.

Esse iogurte foi adicionado de edulcorante xilitol, creme de leite, leite em pó, emulsificante à base de ésteres de ácidos graxos (Emustab®), estabilizante/espessante (Super Liga Neutra®), saborizante de maçã verde tropical (Duas Rodas, Brasil), polpa de maçã com casca e sem casca, e goma xantana, conforme concentrações apresentadas na Tabela 1. As maçãs utilizadas no processo foram previamente higienizadas, mantidas em água gelada até a sua incorporação na calda. Em seguida, essas maçãs foram imediatamente cortadas e trituradas em multiprocessador junto com uma porção da calda para auxiliar no processo de trituração. Depois a calda com a maçã foi submetida à agitação em liquidificador industrial por 3 minutos e posteriormente maturada a 15 °C por 15 horas. Depois desse período foi realizado o batimento em máquina sorveteira (FortFrio, V.EXP-5, Betim – MG, Brasil) por 14 minutos. O produto foi envasado em embalagens de polipropileno higienizadas e armazenado à -22 °C.

Tabela 1: Formulação do *frozen- yogurt*

Ingredientes	g/100 g
Iogurte	63,24
Creme de Leite	4,31
Leite em pó	2,46
Edulcorante xilitol	6,15
Emulsificante	1,38
Espessante	1,38

Maçã	18,46
Saborizante	1,54
Goma xantana	1,08
TOTAL	100

2.2 Preparo de amostras e obtenção dos extratos para as análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante

As amostras de maçã (*Malus domestica*) Fuji foram adquiridas no comércio local do município de São Miguel do Oeste – SC. Antes de sua utilização, as frutas foram higienizadas e mantidas em água gelada, fatiadas, congeladas à -20 °C e após liofilizadas (Liobras, L101, São Carlos, São Paulo, Brasil) por 60 horas. Depois disso, as amostras foram trituradas em moinho analítico (IKA, A11 basic, Staufen, Alemanha), acondicionadas em embalagens de polietileno a vácuo e armazenadas a -18 °C.

A obtenção dos extratos foi realizada de acordo com o método descrito por Stanger (2016), com adaptações. Aproximadamente 0,2 g de amostra (maçã sem casca liofilizada, maçã com casca liofilizada, *frozen-yogurt* liofilizado à base de maçã sem casca e *frozen-yogurt* liofilizado à base de maçã com casca) foi transferido para um tubo Falcon e adicionados 6 mL de acetona: água acidificada com ácido acético (pH 2,49) (50:50; v/v). Essas misturas foram agitadas a cada 15 min em vórtex durante 1 h. Em seguida, foram submetidas em banho ultrassônico por 15 min, centrifugadas a $8040 \times g$ por 10 min a 10 °C. Os extratos obtidos foram utilizados para a determinação do conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos DPPH[•] e ABTS[•].

2.3 Determinação do conteúdo total de compostos fenólicos na maçã e *frozen-yogurt* liofilizados

Os extratos foram submetidos ao método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton e Rossi (1965), com adaptações. O ensaio consistiu na adição de 1 mL dos extratos de amostras, 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu e 1 mL de carbonato de sódio a 10 % (m/v), ambos preparados no momento da análise. A solução foi homogeneizada e mantida ao abrigo de luz por uma hora. A leitura de absorvância foi realizada a 760 nm. Para quantificação do teor de fenólicos totais foi utilizada uma curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos como mg equivalente ao ácido gálico por g de amostra em base seca (mg EAG/g de amostra b.s.).

2.4 Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH[•] na maçã e *frozen-yogurt* liofilizados

Os extratos de amostras foram avaliados quanto à capacidade de doar hidrogênio (ou reduzirem) o radical livre DPPH[•]. Para tal determinação, foi utilizada a metodologia descrita por Casagrande et al. (2007) e Georgetti et al. (2008), com algumas modificações. Para a medida do sequestro do radical, 50 µL de extrato de amostra foi adicionada à mistura reacional contendo 1,0 mL de tampão acetato 0,1 mol/L (pH 5,5), 1 mL de etanol e 0,5 mL de solução etanólica de DPPH[•] a 250 µmol/L. A absorvância foi medida a 517 nm em espectrofotômetro (Quimis, Q898U2M5, Diadema, São Paulo, Brasil) após 15 min de incubação à 25 °C. Também foi realizado o ensaio controle para desconsiderar a absorção de radiação dos componentes da amostra sem a presença de DPPH[•]. O branco foi constituído pelo tampão acetato 0,1 mol/L, etanol absoluto e solvente extrator aplicado na extração dos compostos fenólicos (Casagrande et al., 2007; Georgetti et al., 2008). Os resultados foram expressos em µmol equivalentes em Trolox por grama de amostra seca (µmol ET/g b.s.).

2.5 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS* na maçã e *frozen-yogurt* liofilizados

Os extratos de amostra foram avaliados quanto à capacidade de doar hidrogênio ao radical livre ABTS*. Para tal determinação, foi utilizada a metodologia descrita por Sánchez; Jiménez; Saura-Calixto (2005), com algumas modificações. Inicialmente, o cátion radical foi formado por meio da reação da solução de ABTS• com persulfato de potássio e esta solução foi diluída em tampão fosfato salino a 20 mmol/L (pH 7,4) até promover uma absorvância de $0,70 \pm 0,02$ a 730 nm. Para a análise, foram adicionados 15 µL de extrato de amostra à 4 mL de solução diluída de ABTS*, e a absorvância foi medida após 6 min em espectrofotômetro a 730 nm. O ensaio controle das amostras foi constituído pela mistura de reação sem a presença do ABTS*. Os resultados foram expressos como µmol equivalentes em Trolox por grama de amostra em base seca (µmol TE/g b.s.) utilizando uma curva analítica de Trolox.

2.6 Análise microbiológica do *frozen-yogurt* diet à base de maçã com casca

As análises microbiológicas foram realizadas conforme metodologia descrita na Instrução Normativa n° 62 de 26 de agosto de 2003. Foram realizadas contagem de coliformes à 45 °C, contagem de estafilococos coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella* spp, conforme preconiza a RDC n° 12 de 2 de janeiro de 2001 para gelados comestíveis.

2.7 Análise sensorial do *frozen-yogurt* diet à base de maçã com casca

A análise sensorial foi realizada em laboratório específico do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Câmpus São Miguel do Oeste, em cabines individuais com 70 avaliadores

voluntários, não treinados, de ambos os sexos e maiores de 18 anos. O *frozen-yogurt* diet à base de maçã com casca foi submetido a um teste de aceitação dos atributos cor, sabor, odor, textura e aceitação global, por meio de uma escala hedônica de 7 pontos (“desgostei muitíssimo” = 1 a “gostei muitíssimo” = 7) (Minim, 2013). Todos os participantes da análise sensorial assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, estando cientes do trabalho desenvolvido.

Calculou-se os índices de aceitabilidade do produto, em relação a cada atributo, de acordo com a seguinte equação: Índice de aceitabilidade (IA) (%) = $A \times 100 / B$, em que, A = nota média obtida para o respectivo atributo do produto e B = nota máxima dada ao respectivo atributo do produto. O $IA \geq 70\%$ tem sido considerado um bom índice de aceitabilidade (Dutcosky, 1996).

2.8 Análise estatística

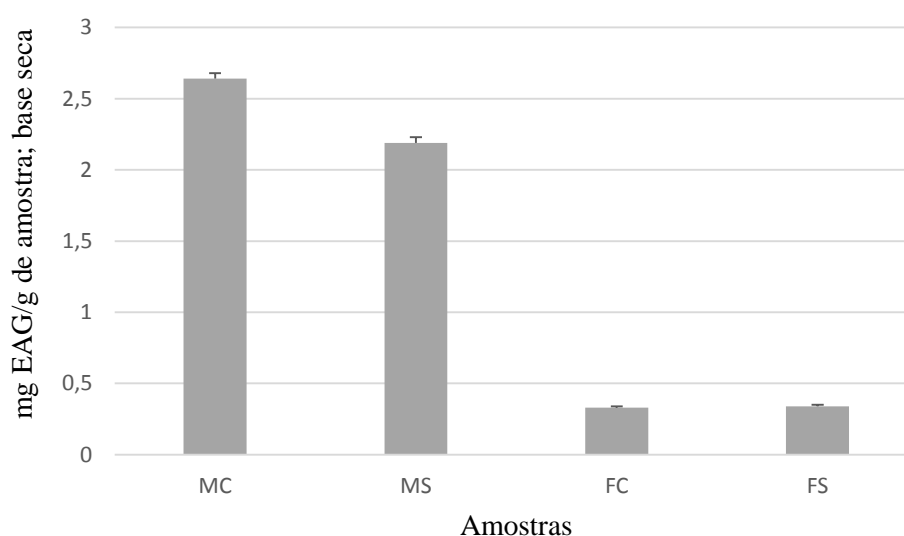
Os extratos de amostras e as demais análises foram obtidos em duplicata. Portanto, os resultados foram apresentados como média ($n = 4$) \pm desvio padrão. A análise de variância (*one-way* ANOVA), seguida pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($\alpha = 0,05$) foram realizados por meio do programa Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, OK, EUA). Os resultados foram previamente testados quanto à homogeneidade de variâncias (teste de Hartley) e normalidade dos resíduos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Comparação do conteúdo total de compostos fenólicos em amostras de maçã e *frozen-yogurt* diet à base de maçã com e sem casca

A concentração de compostos fenólicos na maçã com casca foi superior ($p < 0,05$) ao conteúdo encontrado na maçã sem casca, sendo 2,64 e 2,19 mg EAG/g de amostra em base seca, respectivamente (Gráfico 1).

Gráfico 1. Conteúdo de compostos fenólicos totais em maçã com casca (MC), maçã sem casca (MS), *frozen-yogurt* diet à base de maçã com casca (FC) *frozen-yogurt* diet à base de maçã sem casca (FS).



Valores semelhantes foram encontrados por Tsao; Yang (2003) em maçã *in natura* e casca de maçã, as quais apresentaram 0,83 e 2,01 mg EAG/g da amostra em base úmida, respectivamente. Os valores de compostos fenólicos obtidos por Pereira (2014) em três variedades de maçã demonstraram resultados abaixo do encontrado neste estudo. A variedade *Starking*, por exemplo, apresentou conteúdo total de compostos fenólicos de aproximadamente 0,40 mg EAG/g de maçã em base úmida, enquanto que as variedades *Granny Smith* e *Reineta* tiveram valores mais elevados, de aproximadamente 0,90 e 1,30 mg EAG/g de maçã em base úmida, respectivamente. Ainda, Ercoli et al. (2017) verificaram que os conteúdos médios de compostos fenólicos de polpa e casca de maçã de diferentes variedades foram de 4,02 e 6,74 mg EAG/g de amostra em base seca, respectivamente, demonstrando que a casca da maçã

concentra um conteúdo maior de polifenóis. Portanto, a diferença entre os conteúdos de compostos fenólicos nas amostras de maçã com casca e maçã sem casca (Gráfico 1), e os resultados apresentados nos demais estudos, pode estar associada a diversos fatores, tais como a cultivar de maçã, estágio de maturação, ano-safra, época de colheita, poluição atmosférica e danos mecânicos (Drogoudi et al., 2008; Lata et al., 2009; Vieira, 2010).

Destaca-se que o conteúdo de polifenóis extraído de uma amostra pode ser alterado de acordo com o tipo de solvente e pH, proporção de solvente: sólido (Tagliazucchi et al., 2010), podendo estes fatores induzirem alterações estruturais nas moléculas, como a ionização dos grupamentos hidroxilas (Pereira, 2014).

Estudos de Soares et al. (2008) além de apresentarem conteúdo de compostos fenólicos totais, identificaram e quantificaram os ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã Gala. De acordo com os autores, o ácido salicílico foi o composto identificado em maior concentração, seguido de ácido propilgalato, gálico, ferúlico e sináptico, e ainda traços de ácido caféico, cinâmico e vanílico, totalizando 2,60 mg de compostos fenólicos/g de amostra seca. Com o mesmo objetivo de estudo, Lu e Foo (1997;1999) identificaram ácido clorogênico, caféico, p-coumárico, floridzina, epicatequina e quercitina em amostras de bagaço de maçã. Tais estudos sugerem quais compostos fenólicos podem estar presentes em amostras de maçã, que são quantificados como conteúdo total de fenólicos.

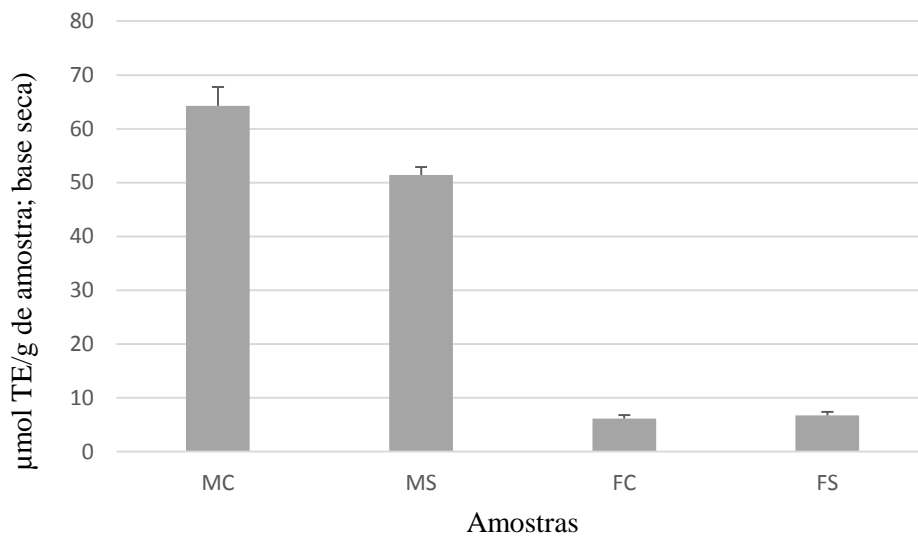
As amostras de *frozen-yogurt* à base de maçã com casca e *frozen-yogurt* à base de maçã sem casca apresentaram resultados de 0,33 e 0,34 mg EAG/g de amostra em base seca, respectivamente, sendo que não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) (Gráfico 1). Observa-se que houve a permanência de cerca de 68,7 % e 85 % dos compostos fenólicos totais no *frozen-yogurt* com casca e *frozen-yogurt* sem casca, respectivamente, em relação à quantidade aplicada de maçã na formulação (Tabela 1). Percebe-se um percentual considerável de permanência dos compostos fenólicos da maçã que foi adicionada no produto final. Ribeiro

(2012) e Trindade (2016) relatam que de maneira geral, se comparado a outros métodos de estocagem e conservação de um produto, o congelamento é um dos mais eficazes no que diz respeito à preservação de compostos fenólicos e ácidos orgânicos. Nesse contexto, o desenvolvimento de produtos congelados à base de maçã, tais como o *frozen-yogurt*, é uma alternativa interessante para a preservação de fenólicos provenientes da maçã, contribuindo para uma maior ingestão e aproveitamento dos benefícios destes compostos.

3.2 Comparação da atividade antioxidante em amostras de maçã e *frozen-yogurt* diet à base de maçã com e sem casca

Os compostos fenólicos são antioxidantes primários, pois têm a capacidade de sequestrar radicais livres por meio de doação de átomos de hidrogênio aos radicais livres (Gonçalves, 2008). A atividade antioxidante de amostras de maçã, analisadas pelo método de DPPH^{*} (Gráfico 2), foi maior ($p < 0,05$) na maçã com casca (64,25 $\mu\text{mol TE/g}$) quando comparado ao resultado encontrado na maçã sem casca (51,39 $\mu\text{mol TE/g}$). Diferentemente, as amostras de *frozen-yogurt* à base de maçã com casca e sem casca apresentaram 6,18 e 6,77 $\mu\text{mol TE/g}$ e não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na atividade antioxidante expressa por esse método.

Gráfico 2. Atividade antioxidante pelo método DPPH^{*} em amostras de maçã com casca (MC), maçã sem casca (MS), *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã com casca (FC) *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã sem casca (FS).



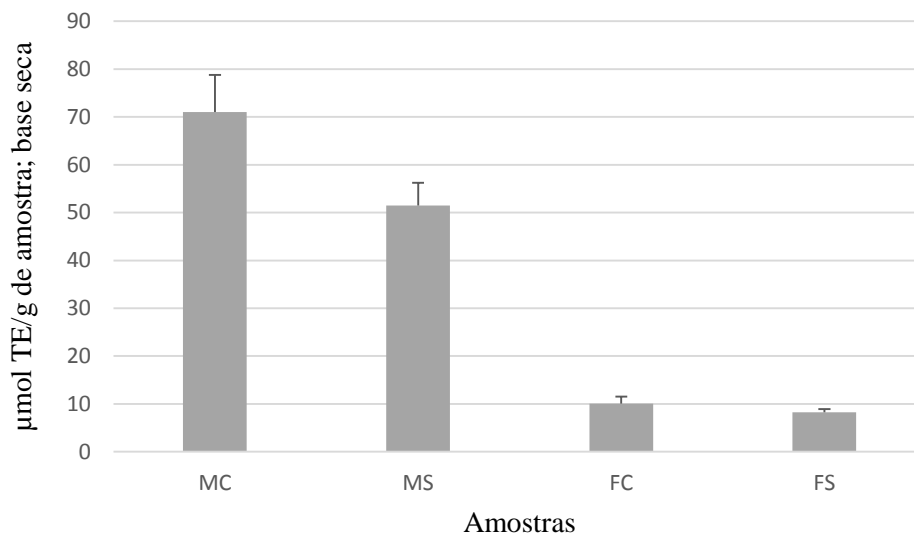
Em estudos de Vieira et al. (2011), os autores obtiveram resultados para maçã sem casca, em algumas variedades de Fuji, valores entre 17,41 e 20,41 $\mu\text{mol TE/g}$ de amostra em base úmida. Considerando a umidade da maçã como sendo de aproximadamente 84 %, os resultados encontrados por Vieira et al. (2011) corresponderiam de 108,82 e 127,56 $\mu\text{mol TE/g}$ de amostra em base seca. Tal comparação demonstra que os resultados encontrados no presente estudo se encontram inferiores a estes.

Xu et al. (2016), determinam o conteúdo de fenólicos e a ação de antioxidantes da semente, casca e polpa de sete cultivares de maçã. Para a polpa da variedade Fuji, os autores obtiveram 18,12 $\mu\text{mol TE/g}$ em base úmida pelo método de DPPH, apresentando diferença significativa somente se comparado com a variedade Gala. Considerando a umidade da maçã como sendo de aproximadamente 84 %, os resultados encontrados por Xu et al. (2016) corresponderiam à 113,25 $\mu\text{mol TE/g}$ de amostra em base seca. Tal comparação demonstra que os resultados encontrados no presente estudo se encontram inferiores a estes.

Em relação à atividade antioxidante pelo método ABTS* (Gráfico 3), a maçã com casca apresentou 71,02 $\mu\text{mol TE/g}$, que foi maior ($p < 0,05$) que o valor encontrado para a maçã sem casca, de 51,49 $\mu\text{mol TE/g}$. As amostras de *frozen-yogurt* à base de maçã com casca e sem casca apresentaram valores de 10,06 e 8,27 $\mu\text{mol TE/g}$, respectivamente, não apresentando

diferença significativa ($p > 0,05$).

Gráfico 3. Atividade antioxidante pelo método ABTS* em amostras de maçã com casca (MC), maçã sem casca (MS), *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã com casca (FC) *frozen-yogurt* diet adicionado de maçã sem casca (FS).



Esses resultados são elevados de acordo com estudos de Ferreira (2011), que encontrou uma atividade antioxidante de 0,02 µmol ET/g de polpa de maçã Fuji e 0,07 µmol ET/g de casca de maçã Fuji, pelo método de ABTS. O autor realizou comparações com demais variedades, destacando as variedades Fuji e Gala as que possuem menor atuação frente à radicais livres.

Estudos de Yeh e Yen (2003) demonstram que dentre os ácidos fenólicos encontrados em frutas e vegetais, o que apresenta maior efetividade em sequestrar radicais ABTS é o ácido gálico. Daiuto (2014), cita que a composição de frutas pode variar dependendo o estágio de amadurecimento, localização geográfica e condições ambientais, sendo fatores importantes para a determinação de fitoquímicos.

Avaliando os resultados encontrados nesse estudo, nota-se que a maçã com casca apresenta os maiores valores de atividade antioxidante para os dois métodos (Gráfico 2 e 3).

Essa relação também pode ser comparada com o conteúdo de composto fenólicos totais, sendo que a mesma amostra de maçã com casca teve valores superiores às demais amostras.

Segundo Daiuto (2014), os compostos fenólicos que atuam como antioxidantes estão presentes em maior quantidade na casca, pois o acúmulo desses compostos na epiderme do fruto, atuam como proteção contra o ataque de insetos, roedores, luz e radiação. Esse fato também foi observado pelos autores Lata et al. (2009) que avaliaram os compostos fenólicos de 19 cultivares de maçã e suas quantidades para a fruta inteira e para a casca, relatando uma maior quantidade de compostos fenólicos presentes na casca da maçã. Também Drogoudi et al. (2007) abordam que a casca de maçã apresenta capacidade antioxidante e conteúdo total de fenólicos de até 9,2 e 3,3 vezes maior, respectivamente, se comparado com a polpa de maçã. Os mesmos autores destacam a variedade Fuji com valores mais altos do que em Fyriki, por exemplo, quando descrevem a variabilidade na concentração de compostos bioativos na casca e polpa de seis cultivares de maçã.

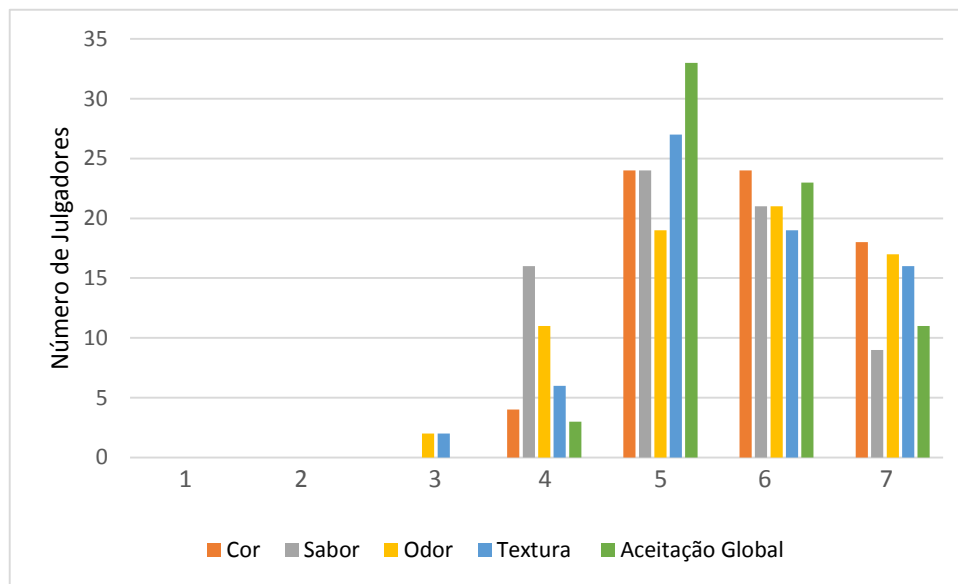
A remoção da casca pode induzir perdas de nutrientes, principalmente relacionados com a prevenção de doenças citadas anteriormente. Por esse motivo, optou-se pela formulação de *frozen-yogurt* adicionado de maçã com casca para aplicação em análise sensorial, uma vez que as formulações com e sem casca não apresentaram diferença significativa para o conteúdo de compostos fenólicos totais e para a atividade antioxidante, uma vez que a casca representa uma pequena fração da maçã. Além disso, se desenvolvido industrialmente, o produto propiciará um menor índice de geração de resíduos orgânicos, uma vez que a fruta será processada sem a remoção da casca.

3.3 Análise Sensorial do *frozen-yogurt* à base de maçã com casca

A amostra foi considerada apropriada à aplicação na análise sensorial, pois os parâmetros microbiológicos estavam dentro dos exigidos pela RDC nº 12 de 2 de janeiro de

2001 para gelados comestíveis. As médias das notas (Tabela 2) obtidas na análise sensorial de *frozen-yogurt* a base de maçã com casca para os atributos admitidos, prevaleceu a todos a nota 5, referindo-se à descrição “gostei” na escala hedônica. O *frozen-yogurt* apresentou, de um modo geral, boa aceitação sensorial para os atributos avaliados, tendo índice de aceitabilidade $\geq 70\%$.

Gráfico 4. Avaliação sensorial de atributos do *frozen-yogurt* diet à base de maçã com casca.



1= desgostei muitíssimo, 2= desgostei muito, 3= desgostei, 4= não gostei/nem desgostei, 5= gostei, 6= gostei muito, 7= gostei muitíssimo.

Tabela 2. Índice de aceitabilidade (%) do *frozen yogurt* diet à base de maçã com casca para diferentes atributos.

Atributos	Nota Máxima	Média das notas	Índice de Aceitabilidade (%)
Cor	7	5,8	82,85
Sabor	7	5,3	75,71

Odor	7	5,5	78,57
Textura	7	5,5	78,57
Aceitação Global	7	5,6	80

1= desgostei muitíssimo, 2= desgostei muito, 3= desgostei, 4= não gostei/nem desgostei, 5= gostei, 6= gostei muito, 7= gostei muitíssimo.

Maia et al. (2008) relatam diferenças significativas entre as amostras de sorvetes com substituição da sacarose por xilitol nas concentrações de 2,5 a 5,0 %.

Vale ressaltar que os avaliadores que participaram da avaliação sensorial não eram diabéticos, sendo que pessoas com restrição alimentar à glicose são habituados ao consumo de produtos com aplicação de edulcorantes. Os edulcorantes são responsáveis pelo amargor residual, quando aplicados aos produtos, sendo perceptível ao paladar, no entanto ainda se obteve um índice de aceitação maior que 70 % para todos os atributos julgados. Com isso, observa-se que o atributo sabor apresentou um índice de menor aceitabilidade (75,71 %). Mesmo assim, encontra-se dentro do considerado como aceito pelo autor, podendo ser associado à baixa doçura do produto, como foi relatado por alguns julgadores.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se afirmar que houve preservação dos compostos fenólicos presentes da maçã *in natura* no produto congelado. Ainda, tais compostos fenólicos apresentaram atividade antioxidante no produto final, podendo esta ser avaliada pelos métodos de DPPH[•] e ABTS[•]. Por fim, o produto desenvolvido apresentou boa aceitação sensorial por meio dos atributos avaliados. Sendo assim, conclui-se que foi possível a apresentação de um produto diferenciado e sem adição de açúcar como uma alternativa de sobremesa láctea para pessoas que tem ingestão controlada de açúcares em sua dieta.

REFERÊNCIAS

- Adyanthaya, I., Kwon, Y.-I., Apostolidis, E., Shetty, K. (2010). Health benefits of apple phenolics from postharvest stages for potential type 2 diabetes management using in vitro models. *Journal of Food Biochemistry*. 34, 31–49.
- Bondonno, N. P.; Bondonno, C. P.; Blekkenhorst, L. C.; Considine, M. J.; Maghzal, G.; Stocker, R.; Woodman, R. J.; Ward, N. C.; Hodgson, J. M.; Croft, K. D. (2017). Flavonoid-rich apple improves endothelial function in individuals at risk for cardiovascular disease: a randomised controlled clinical trial. *Molecular Nutrition & Food Research*, 1-33.
- Brasil (2003). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. IN n° 62, de 26 de agosto de 2003 - Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água, com seus respectivos capítulos e anexos. *Diário Oficial da União*. Brasília.
- Brasil (2002). Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC n° 2, de 07 de janeiro de 2002 – Aprova o Regulamento Técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. *Diário Oficial da União*. Brasília.
- Brasil (2001). Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001 - Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*. Brasília.
- Brasil (1999). Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC n° 18, de 30 de abril de 1999 – Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. *Diário Oficial da União*. Brasília.
- Brasil. (1998). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 29, de 13 de

janeiro de 1998 - Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais.

Diário Oficial da União. Brasília.

Casagrande, R.; Georgetti, S.R.; Verri, W.A., Jr; Borin, M.F.; Lopez, R.F.V.; Fonseca, M.J.V. (2007). In vitro evaluation of quercetin cutaneous absorption from topical formulations and its functional stability by antioxidant activity. *International Journal of Pharmaceutics*, 328, 183-190.

Cozzolino, S. (2012). Nutracêuticos: o que Significa?. *Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica*. 55, 5-7.

Daiuto, E. R.; Tremocoldi, M. A., Alencar, S.M. De, Vieites, R. L. (2014). Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36, 130-137.

Drogoudi, P.D., Michailidis, Z., Pantelidis, G. (2008). Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. *Sci. Hortic.* 115, 149–153.

Dutcosky, S. D. (1996). *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: DA Champagnat, 123.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2002). *A cultura da macieira*. Florianópolis, 743 p.

Ercoli, L.; Barizão, E. O.; Boeing, J. S.; Kvitschai, M. V.; Visentainer, J. V.; Almeida, V. C. (2017). Evaluation of chemical characteristics and correlation analysis with pulp browning of advanced selections of apples grown in Brazil. *Acta. Scientiarum. Technology*, Maringá, v 39, 103-110.

Fernandes, A. M. J. (2016). *Investigação clínica com nutracêuticos*. (Dissertação de mestrado). Universidade de Coimbra, Portugal.

Ferreira, C. J. M. (2011). *Caracterização físico-química de variedades de maçãs de Carrazeda de Ansiães*. (Dissertação de mestrado). Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro. Vila Real.

- Francini, A.; Sebastiani, L. (2013). Phenolic Compounds in Apple (*Malus x domestica* Borkh.): Compounds Characterization and Stability during Postharvest and after Processing. *Antioxidants*, 2, 181-193.
- Georgetti, S.R.; Casagrande, R.; Verri-Jr., W.A.; Lopez, R.F.V.; Fonseca, M.J.V. (2008). Evaluation of in vivo efficacy of topical formulation containing soybean extract. *International Journal of Pharmaceutics*, 352, 189-196.
- Gonçalves, A. E. S. S. (2008). *Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C*. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.
- IDF, International Diabetes Federation. (2015). *IDF Diabetes Atlas*. 7th edition.
- Kwon, Y.-I.; Apostolidis, E; Shetty, K. (2008). Inhibitory potential of wine and tea against α -amylase and α -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes. *Journal of Food Biochemistry*, 32, 15–31.
- Lage, F. F. (2014). *Casca de jabuticaba: inibição de enzimas digestivas, antioxidante, efeitos biológicos sobre o fígado e perfil lipídico*. 2014. 140 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.
- Lata, B., Trampczynska, A., Paczesna, J. (2009). Cultivar variation in apple peel and whole fruit phenolic composition. *Sci. Hort.* 121, 176–181.
- Lu, Y.; Foo, L. Y. (1997). Identification and quantification of major polyphenols in apple pomace. *Food Chemistry*, 59, 187-197.
- Lu, Y.; Foo, L. Y. (1999). Isolation and identification of procyanidins in apple pomace. *Food Chemistry*, 64, 511-518.
- Maia, M. C. A.; Galvão, A. P. G. L. K.; Della Modesta, R. C.; Pereira Junior, N. (2008). Sensory evaluation of ice creams prepared with xylitol. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(1), 146-151.

- Minim, V. P. R. (2013). *Análise sensorial: estudo com consumidores*. 3 ed. atual. e ampl. Viçosa, MG, ed. UFV.
- Pereira, A.S.G. (2014). *Avaliação da bioacessibilidade de compostos antioxidantes em variedades de maçã produzidas em Portugal* (Dissertação de mestrado). Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- PEREIRA, G. G. (2012). Influência do pH nas características físico-químicas e sensoriais de frozen yogurt de morango. *Semina. Ciências Agrárias.*, 33, 675-686.
- Petri, J. L.; Leite, G. B.; Couto, M.; Francescato, P. (2011). Avanços na cultura da macieira no Brasil. *Rev. Bras. Frutic.*, 048-056.
- Ribeiro, B. A. P. B. D. (2012). *Análise metabólica e capacidade antioxidante de espécies comestíveis de cogumelos selvagens* (Tese). Universidade do Porto, Portugal.
- Sánchez-Gonzalez, I.; Jiménez-Escrig, A.; Saura-Calixto, F. (2005). In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (italian, espresso and filter). *Food Chemistry*, 90, 133-139.
- Scalbert, A.; Morand, C.; Manach, C.; Rémésy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomed Pharmacother*, 56, 276-282.
- Silva, M. L. C.; Costa, R. S.; Santana, A. S.; Koblitz, M. G. B. (2010). Compostos Fenólicos, Carotenóides e Atividade Antioxidante em Produtos Vegetais. *Semina: Ciências Agrárias*, 31, 669-681.
- Singleton, V. L.; Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolic with phosphomolibdic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Soares, Marcia; Welter, Lucas; Gonzaga, Luciano; Lima, Alessandro; Mancinifilho, Jorge; Fett, Roseane. (2008). Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 727-732.

- Stanger, M. (2016). *Compostos fenólicos e atividade antioxidante de maçãs durante o desenvolvimento dos frutos e após o armazenamento em atmosfera controlada dinâmica e estática*. (Tese de doutorado). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- Suplicy, H. L.; Fiorin, D. (2012). Diabetes melittus tipo 2. *Revista Brasileira de Medicina – RBM.*, 69, 12.
- Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D., Conte, A., (2010). In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120, 599–606.
- Teixeira, E.; Meinert, E.; Barbeta, P. A. (1987). *Análise sensorial dos alimentos*. Florianópolis, UFSC, p.182.
- Trindade, B. C. (2016). Influência do Congelamento e Tempo de Estocagem na Preservação dos Carotenoides Totais em Abóbora. *Embrapa Tabuleiros Costeiros*, 21, 5-20.
- Tsao, R., Yang, R. (2003). Optimization of a new mobile phase to know the complex and real polyphenolic composition: towards a total phenolic index using high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatogr. A* 1018, 29–40.
- Vieira, F. G. K., Borges, G. da S. C., Copetti, C., Pietro, P. F. Di., Nunes, E. da C., Fett, R. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of the apple flesh and peel of eleven cultivars grown in Brazil. *Scientia Horticulturae*. 128, 261–266.
- Vieira, F. G. K. (2010). *Atividade antioxidante in vitro e in vivo de diferentes cultivares de maçã (Malus domestica Borkh) do estado de Santa Catarina*. 2010. 170 p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.
- Xu, Y., Fan, M., Ran, J., Zhang, T., Sun, H., Dong, M., Zhang, Z., Zheng, H. (2016). Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 23, 379–388.
- Yamada, K.; Sato-Mito, N.; Nagata, J.; Umegaki, K. (2008). Health claim evidence requirements in Japan. *The Journal of Nutrition*, 138, 1192S–1198S.

Yeh, C. T.; Yen, G. C. (2003). Effects of phenolics acids on human phenolsulfotransferases in relation to their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1474-1479.