

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE
EXTRATO DE INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRA
(*Musa cavendishii*) E SUA APLICAÇÃO EM
HAMBÚRGUER DE CARNE SUÍNA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Michele Mantelli Schmidt

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO
DE INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRA (*Musa cavendishii*) E SUA
APLICAÇÃO EM HAMBÚRGUER DE CARNE SUÍNA**

Michele Mantelli Schmidt

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Orientador: Profº Dr. Ernesto Hashime Kubota

Co-orientadora: Profª Drª. Rosa Cristina Prestes

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE
INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRA (*Musa cavendishii*) E SUA
APLICAÇÃO EM HAMBÚRGUER DE CARNE SUÍNA**

elaborada por
Michele Mantelli Schmidt

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA:

Ernesto Hashime Kubota, Dr.
(Presidente/Orientador)

Rosa Cristina Prestes, Dr^a. (Co-orientadora)

Paula Rossini Augusti, Dr^a (UFRGS)

Cláudia Severo da Rosa, Dr^a. (UFSM)

Santa Maria, 08 de maio de 2014.

“Espero que nossa urgência de viver não apague
as palavras com muitas sílabas.
Espero que nossa pressa de chegar não nos deixe
cegos para a paisagem, surdos para o silêncio,
cansados para abstrações.”

Humberto Gessinger
Nas Entrelinhas do Horizonte

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela Sua presença em todos os momentos.

Aos professores Dr. Ernesto Hashime Kubota e Dr^a. Rosa Cristina Prestes, pela orientação, confiança e apoio. Obrigada por partilharem seus conhecimentos e contribuírem para minha formação.

Ao meu pai, por sua dedicação, amor e apoio incondicional, e pelo exemplo de força e caráter, te amo.

As minhas irmãs e melhores amigas, Carine e Gabriela, pelo carinho, pela cumplicidade e por estarem sempre ao meu lado.

A minha mãe, por sempre olhar por mim, e a minha segunda mãe, vó Julia, obrigado pela dedicação e carinho.

Ao meu namorado Dionatan, pelo amor, companheirismo, paciência, e acima de tudo, incentivo.

A toda minha família, obrigada por vocês existirem e estarem sempre ao meu lado.

Aos meus colegas e amigos de mestrado, em especial à Gabrielle e Sabrina, pela amizade verdadeira, conselhos e apoio na realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do DTCA pela dedicação e pelos ensinamentos transmitidos.

A Maria Salete Brondani, proprietária da agroindústria Delícias da Terra, pela doação das inflorescências de bananeira.

A empresa Cooperativa Central Aurora Alimentos (Chapecó, SC, Brasil), pela doação da carne utilizada neste trabalho.

Ao CNPQ e CAPES pela bolsa de mestrado para que fosse possível a execução deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE INFLORESCÊNCIA DE BANANEIRA (*Musa cavendishii*) E SUA APLICAÇÃO EM HAMBÚRGUER DE CARNE SUÍNA

Autora: Michele Mantelli Schmidt

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota

Co-orientadora: Prof^a Dr^a. Rosa Cristina Prestes

Local e data da defesa: Santa Maria, 08 de maio de 2014.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a funcionalidade do extrato da inflorescência de bananeira da espécie *Musa cavendishii* obtido em diferentes condições de extração, e analisar os efeitos em hambúrgueres de carne suína. Os extratos foram obtidos por agitação convencional e ultrassom, variando a concentração de etanol (50, 70 e 90%), tempo (30, 45 e 60 minutos) e temperatura (20, 40 e 60 °C). Foram quantificados os teores de compostos fenólicos e flavonoides totais e atividade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP. Os melhores resultados foram encontrados para a extração sob agitação sem emprego do ultrassom à 60 °C por 30 minutos com concentração de etanol de 50%, que resultou 1690,0 mg EAG/100g de compostos fenólicos totais e IC₅₀ de 0,31 µg/mL, sendo este extrato posteriormente aplicado no produto. Os hambúrgueres de carne suína foram elaborados com diferentes concentrações do extrato da inflorescência de bananeira (0, 1,0 e 2,0%) e eritorbato de sódio (0,100, 0,150 e 0,200%), antioxidante sintético comumente empregado em produtos cárneos, e armazenados durante 120 dias a -12 °C. Foi realizada a avaliação microbiológica e composição centesimal e a cada 30 dias foram avaliados pH, cor e índice de TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico). Também foi realizada a avaliação sensorial nos dias 10 e 60. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na composição centesimal dos diferentes hambúrgueres desenvolvidos. Todos os tratamentos apresentaram uma redução do pH durante o armazenamento, que não foi afetada pela adição de extrato. Durante o armazenamento todos os tratamentos apresentaram uma diminuição na intensidade da coloração vermelha, e os hambúrgueres sem adição de extrato apresentaram maior amarelamento. Os valores de TBARS aumentaram de maneira linear durante o armazenamento e aos 120 dias todos os tratamentos acrescidos de extrato de inflorescência de bananeira apresentaram valores de TBARS significativamente ($p < 0,005$) inferiores aos demais. O tratamento adicionado de 0,200% de eritorbato de sódio e 2,0% de extrato foi o mais eficiente em retardar a oxidação lipídica. A avaliação sensorial mostrou que os tratamentos mantiveram suas características sensoriais, apresentando boa aceitabilidade pelos provadores. A inflorescência de bananeira se mostrou uma fonte potencial de compostos antioxidantes, e seu extrato apresentou resultados satisfatórios em garantir a vida útil de hambúrgueres de carne suína frente à oxidação lipídica, sem causar prejuízos às características físico-químicas e sensoriais do produto.

Palavras-chave: Resíduo de bananeira. Ultrassom. Fenólicos. Antioxidante natural. Oxidação lipídica. Avaliação sensorial.

ABSTRACT

Master Dissertation
Postgraduate program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACT OF BANANA INFLORESCENCE (*Musa cavendishii*) AND ITS APPLICATION IN PORK BURGERS

Author: Michele Mantelli Schmidt

Supervisor: Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota

Co-supervisor: Prof^a Dr^a. Rosa Cristina Prestes

Place and date of defense: Santa Maria, 8th May 2014.

This study aimed to evaluate the functionality of extracts from banana inflorescence (*Musa cavendishii*) obtained under different extraction conditions, and to analyze the effect in pork burgers. The extracts were obtained by conventional stirring and ultrasound, varying the ethanol concentration (50, 70 and 90%), time (30, 45 and 60 minutes) and temperature (20, 40 and 60 °C). The levels of phenolic compounds, total flavonoids and antioxidant activity were quantified by the DPPH and FRAP methods. The best results were found for extraction using stirring and without the use of ultrasound at 60 °C for 30 minutes with an ethanol concentration of 50%, which resulted 1690.0 mg EAG/100g of total phenolic compounds and IC₅₀ of 0.31 µg/mL; this extract was then applied in the products. The pork burgers were prepared with different concentrations of the extract of banana inflorescence (0, 1.0 and 2.0%) and sodium erythorbate (0.100, 0.150 and 0.200%), synthetic antioxidant commonly employed in meat products, and stored for 120 days at -12 °C. Microbiological and chemical composition analyses were performed, and every 30 days pH, color and TBARS values (substances reactive to 2-thiobarbituric acid), were evaluated. Also sensory evaluation was performed on days 10 and 60. There was no significant difference ($p > 0.05$) in the chemical composition of the different burgers developed. All the treatments showed a reduction in pH during storage, which was not affected by the addition of the extract. During storage, all the treatments showed a decrease in the intensity of red coloring, and the burgers without the addition of extract were yellower in color. TBARS values increased linearly during storage; at 120 days all the treatments with added extract of banana inflorescence had significantly ($p < 0,005$) lower TBARS values than the other treatments. The treatment with 0.200 % of added sodium erythorbate and 2.0% extract was most effective in delaying lipid oxidation. The sensory evaluation showed that the treatments maintained their sensory characteristics, with good tasters acceptability. The banana inflorescence was shown to be a potential source of antioxidant compounds and its extract showed satisfactory results to ensure the shelf life of pork burgers in relation to lipid oxidation, without causing damage to the physicochemical and sensory characteristics of the product.

Keywords: Banana residue. Ultrasound. Phenolics. Natural antioxidant. Lipid oxidation. Sensory evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático da Bananeira.....24

ARTIGO 2

Figura 1 – Gráfico *biplot* dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C) em relação as variáveis L*, a*, b* e TBARS.....79

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Grau de saturação dos ácidos graxos componentes dos lipídios do tecido muscular de diversas espécies.....18
- Tabela 2 – Aquisição alimentar domiciliar per capita anual nas diferentes grandes regiões do Brasil no período de 2008-2009.....19

ARTIGO 1

- Table 1 – Extraction conditions used in the extraction of banana inflorescence with and without the use of ultrasound, based on a 2^3 factorial design with three replications at the center point.....35
- Table 2 – Results of chemical composition of banana inflorescence in wet and dry basis (g/100g sample).....39
- Table 3 – Results for the content of phenolics and flavonoids, IC_{50} and FRAP for banana inflorescence extracts obtained using different extractions in accordance with the complete 2^3 factorial design.....41
- Table 4 – Values of the effects of the studied variables in the content of total phenolic compounds of banana inflorescence with and without the use of ultrasound.....43
- Table 5 – Effects of the studied variables for the extraction of total flavonoid compounds of banana inflorescence, with and without the use of ultrasound.....45
- Table 6 – Effects of the variables on the IC_{50} response for banana inflorescence extracts, obtained with and without the use of ultrasound.....49
- Table 7 – Effects of the studied variables on the FRAP response of the extracts of banana inflorescence obtained with and without the use of ultrasound.....51

ARTIGO 2

- Tabela 1 – Caracterização dos hambúrgueres testados utilizando diferentes concentrações de eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira.....66
- Tabela 2 – Composição centesimal dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio em base úmida (g/100g de amostra).....71
- Tabela 3 – Valores de pH e TBARS (mg MDA/kg de amostra) dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C).....72

Tabela 4 – Coordenadas L*, a*, b*, C* e h° de cor instrumental dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C).....	75
Tabela 5 – Coeficientes da correlação de Spearman entre as variáveis avaliadas dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C).....	77
Tabela 6 – Resultados da análise sensorial dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio, nos dias 10 e 60 de armazenamento a -12°C.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- a* - Variação entre a cor vermelha (+a*) e a verde (-a*)
- ANOVA - Análise de variância univariada
- b* - Variação entre a cor amarela (+b*) e o azul (-b*)
- BHA - Butilhidroxianisol
- BHT - Butilhidroxitolueno
- C* - Saturação
- DPPH - 1,1-difenil-2-picrilhidrazil
- EAG - Equivalente Ácido Gálico
- ER - Equivalente de Rutina
- ET - Equivalentes de Trolox
- h* - Ângulo de tonalidade
- IC₅₀ - Concentração Inibitória de 50%
- L* - Luminosidade, variando de 0 (preto) até 100 (branco)
- MANOVA - Análise de variância multivariada
- MDA – Malonaldeído
- pH - Potencial hidrogeniônico
- PG - Galato de propila
- TBA - Ácido 2-tiobarbitúrico
- TBARS - Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico
- TBHQ - Tercbutilhidroquinona

APÊNDICE

Apêndice A – Modelo da ficha utilizada na análise sensorial.....	96
Apêndice B – Cacho de banana em desenvolvimento com a inflorescência de bananeira.....	97
Apêndice C – (a) Flores masculinas e (b) brácteas da inflorescência de bananeira.....	97
Apêndice D – Corte longitudinal da inflorescência de bananeira.....	97

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Objetivos	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. Revisão Bibliográfica	17
3.1. Carne suína	17
3.2. Hambúrguer	18
3.3. Oxidação lipídica	19
3.4. Antioxidantes	21
3.4.1. Antioxidantes sintéticos.....	21
3.4.2. Antioxidantes naturais	22
3.5. Bananeira	23
3.5.1. Importância socioeconômica da banana	23
3.5.2. Características da planta	24
3.5.3. Resíduos da bananicultura	25
3.6. Métodos de extração	26
3.6.1. Extração por agitação convencional	26
3.6.2. Extração por ultrassom	27
4. Artigos Científicos	29
4.1. Artigo 1: Evaluation of antioxidant activity of extract of banana inflorescence (<i>Musa cavendishii</i>).....	29
4.2. Artigo 2: Desenvolvimento e avaliação de hambúrguer de carne suína adicionado de antioxidante natural a base de extrato de inflorescência de bananeira (<i>Musa cavendishii</i>) .	60
5. Conclusões	87
6. Bibliografia	88
7. Apêndices	96

1. Introdução

A oxidação lipídica é uma das principais causas da deterioração da qualidade de alimentos. Ocorre o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis tornando os alimentos impróprios para consumo, além de provocar outras alterações que irão afetar não só a qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, mas também a integridade e segurança dos alimentos, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (RAMALHO & JORGE, 2006).

A carne suína oxida-se mais rapidamente que a carne bovina, devido o seu elevado teor de ácidos graxos insaturados (BOTSOGLOU et al., 2014). O hambúrguer, em virtude do processo de moagem, elevado teor de gordura e grande superfície exposta é muito suscetível a oxidação lipídica durante o armazenamento.

Na tentativa de prevenir à deterioração oxidativa, as indústrias alimentícias fazem uso de aditivos sintéticos com propriedades antioxidantes. Entretanto, os antioxidantes sintéticos mais usados, como o BHA (butilhidroxianisol), BHT (butilhidroxitolueno), TBHQ (terc-butilhidroquinona) e PG (galato de propila), têm despertado preocupação quanto aos aspectos toxicológicos e efeitos carcinogênicos (GUAN et al., 2006; SOUSA et al., 2007; CAILLET et al., 2011). Nesse sentido, a procura por novos compostos com atividade antioxidante, provenientes de fontes naturais, que sejam capazes de preservar os alimentos das alterações indesejáveis causadas pelas reações de oxidação sem causar danos à saúde, tem recebido maior atenção por parte dos pesquisadores e da indústria de alimentos (OKE et al., 2009; EBRAHIMABADI et al., 2010).

Diversos resíduos vegetais tem mostrado resultados promissores como fonte de conservantes naturais para alimentos, como por exemplo a casca de banana (DEVATKAL, KUMBOJ e PAUL, 2014) e resíduos da indústria do vinho (SÁYAGO-AYERDI, BRENES e GOÑI, 2009; SELANI et al., 2011).

A banana é uma das culturas agrícolas mais importantes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SILVA NETO & GUIMARÃES; 2011). No Brasil são plantados mais de 480 mil hectares de banana por ano (IBGE, 2012), gerando cerca de 105 milhões de toneladas de resíduo. Alguns estudos têm demonstrado que estes resíduos apresentam propriedades antibacterianas e antioxidantes consideráveis (MOKBE & HASHINAGA, 2005; SOMEYA et al. 2002, SARAVANAN & ARADHYA, 2011; PADAM et al., 2012).

A inflorescência da bananeira é um dos resíduos da bananicultura, e corresponde ao conjunto de flores masculinas ainda em desenvolvimento (SOTO BALLESTERO, 1992). As

inflorescências de bananeira silvestre são ricas em antocianinas (KITDAMRONGSONT et al., 2008), e extratos de inflorescência da espécie *Musa paradisiaca* também demonstraram conter propriedades antioxidantes e antibacterianas expressivas (PADAM et al., 2012), podendo representar uma fonte viável e econômica de compostos bioativos. Porém, há uma lacuna na literatura sobre o potencial da aplicação do extrato da inflorescência de bananeira como antioxidante natural em produtos cárneos.

Com base no exposto, a utilização de extrato de inflorescência de bananeira em hambúrguer de carne suína, produto bastante propenso a oxidação, pode ser benéfico devido às características antioxidantes da inflorescência de bananeira, que pode atuar positivamente na conservação do produto, retardando a oxidação lipídica, também possibilitando a utilização industrial da inflorescência da bananeira e agregação de valor aos resíduos gerados na produção da banana. Além disso, do ponto de vista ambiental é de grande importância o reaproveitamento dos resíduos agrícolas, visto que muitas vezes estes são descartados de maneira inadequada.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Testar diferentes condições de extração e avaliar a atividade antioxidante do extrato da inflorescência de bananeira (*Musa cavendishii*) e seu efeito como antioxidante natural em hambúrguer de carne suína.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a inflorescência de bananeira quanto a composição centesimal;
- Realizar diferentes extrações da inflorescência de bananeira, pelos métodos convencional e ultrassom, variando a concentração do etanol, tempo e temperatura de extração, utilizando um planejamento fatorial 2^3 completo com ponto central, buscando otimizar e obter as melhores condições de extração;
- Quantificar o conteúdo total de fenóis e flavonóides, e determinar a atividade antioxidante *in vitro* dos extratos de inflorescência da bananeira;
- Desenvolver diferentes formulações de hambúrguer de carne suína adicionado de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio, buscando obter as melhores condições de aplicação;
- Caracterizar os hambúrgueres desenvolvidos em termos de composição centesimal, avaliação microbiológica, pH, estabilidade lipídica e avaliação sensorial.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Carne suína

A carne suína é a proteína animal mais produzida e consumida em todo o mundo, em 2013 a produção ultrapassou 107 milhões de toneladas, enquanto a produção de carne bovina e de frango foi de 57,5 e 84,6 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2014). No Brasil, no ano de 2010, a criação foi de 38,9 milhões de suínos, um aumento de 2,4% em relação ao ano anterior, sendo a Região Sul responsável por 47,9% da produção nacional (IBGE, 2010).

A composição geral do lombo suíno cru em 100 g, segundo o USDA (United States Department of Agriculture), consiste de 66,92 g de água, 19,74 g de proteína e 12,58 g de lipídios, dos quais 4,36 g são ácidos graxos saturados, 5,61 g monoinsaturados, 1,34 g poli-insaturados e 63 mg de colesterol, com valor energético de 198 Kcal. A carne suína é uma das fontes mais importantes de vitamina B1, contendo também como vitaminas principais, B2, B6, B12, A e C (ROPPA, 2001)

Em estudo realizado por Hautrive et al. (2012) em pernil suíno, foi encontrado 28,02% de ácidos graxos saturados, sendo o ácido palmítico encontrado em maior quantidade. Dos 52,20% de ácido graxos monoinsaturados, o oleico foi o que apresentou maior porcentagem, e dos ácidos graxos poli-insaturados (20,26%) o linoleico exibiu maior quantidade. Além disso, a carne suína apresentou uma boa relação de ácidos graxos poli-insaturados/saturados (2,15) e razões elevadas têm demonstrado efeitos benéficos sobre a glicemia e o metabolismo lipídico (MOURA et al., 2013). O mesmo trabalho relatou uma razão ômega-6/ômega-3 (11,23) bem acima do máximo recomendado de 4 para a dieta, sendo que a razão entre o consumo de ácidos graxos n-6 e n-3 na dieta é um importante fator para determinar a ingestão adequada de ácidos graxos, bem como prevenir o aparecimento de doenças (PERINI et al., 2010).

De acordo com a Tabela 1, comparada com a carne bovina, a carne suína apresenta menor teor de ácidos graxos saturados, que são associados com doenças cardiovasculares (PASCUAL et al., 2007), entretanto possui maior teor de ácidos graxos insaturados, que são o principal substrato para reações de oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos (MORCUENDE et al., 2003).

Tabela 1 – Grau de saturação dos ácidos graxos componentes dos lipídios do tecido muscular de diversas espécies.

Espécie	Saturado (%)	Monoinsaturado (%)	Poli-insaturado (%)
Aves	28-33	39-51	14-23
Suínos	39-49	47-70	3-18
Bovinos	40-71	41-53	0-6

Fonte: ARAUJO et al., 2008 (adaptada)

3.2. Hambúrguer

De acordo com a instrução normativa nº 20, de 31 de julho de 2000, do Ministério da Agricultura e Abastecimento, entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado obtido da carne moída de animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. O hambúrguer pode ser um produto cru, semi-frito, cozido, frito, congelado ou resfriado. É permitida a adição de carne mecanicamente separada no limite máximo de 30%, exclusivamente em hambúrguer cozido, e será permitida a adição de 4% (máximo) de proteína não cárnea na forma agregada. Quanto as características físico-químicas, os hambúrgueres devem apresentar no mínimo 15% de proteína, um máximo de 23% de gordura, 3% de carboidratos totais e 0,1% de cálcio (em base seca) para hambúrgueres crus e 0,45% para cozidos (BRASIL, 2000).

O hambúrguer deve ter como ingrediente obrigatório carne de diferentes espécies de animais de açougue. Os ingredientes opcionais incluem gorduras animal, vegetal, água, sal, proteínas, leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas e especiarias, além de vegetais, queijos e outros recheios (BRASIL, 2000).

Michels (2006) destaca o hambúrguer como, um produto versátil, fácil de preparar, e com custo relativamente baixo, o que o torna um derivado de carne altamente consumido. No Brasil seu consumo vem crescendo, devido, principalmente, à expansão das redes de *fast food* e mudanças nos hábitos de consumo da população.

A Tabela 2 apresenta os resultados de uma pesquisa realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) quanto à aquisição alimentar domiciliar *per capita* anual, avaliada nas diferentes grandes regiões do Brasil no período de 2008-2009, que demonstra que o hambúrguer é consumido em maior quantidade nas regiões Sul e Sudeste, e este ainda apresenta grande potencial de crescimento que deve ser explorado.

Tabela 2 - Aquisição alimentar domiciliar *per capita* anual nas diferentes grandes regiões do Brasil no período de 2008-2009.

Produtos	Aquisição alimentar domiciliar <i>per capita</i> anual (Kg)					
	Grandes Regiões do Brasil					
Cárneos	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Hambúrguer	0,220	0,055	0,130	0,326	0,226	0,121
Lingüiça	2,092	1,423	0,971	2,902	2,424	1,840
Mortadela	0,827	0,815	0,668	0,731	1,599	0,467
Presunto	0,477	0,243	0,233	0,629	0,657	0,450
Salame	0,152	0,018	0,101	0,137	0,398	0,087
Salsicha	1,154	0,677	0,712	1,426	1,763	0,609

Fonte: IBGE, 2010

No processamento do hambúrguer, há uma maior exposição da carne à oxidação em virtude do processo de moagem, devido a ruptura dos sistemas de membrana dos músculos, que expõem frações lipídicas oxidáveis aos grupos reativos (Samples et al., 2004), o hambúrguer também contém elevado teor de gordura e grande superfície exposta, que favorecem a oxidação. Além disso, o produto é conservado apenas pela utilização do frio, que somente minimiza os processos oxidativos.

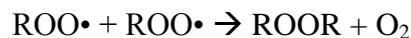
3.3. Oxidação lipídica

A oxidação lipídica é uma das principais reações de deterioração dos alimentos, ocorre pela degradação dos ácidos graxos poli-insaturados e implica no aparecimento de sabores e odores anômalos, conhecidos como ranço. Essa reação de deterioração provoca também uma redução no valor nutritivo do alimento, devido à perda de ácidos graxos essenciais, e limita o tempo de conservação de muitos alimentos, já que pode ocorrer em conteúdo de gordura de apenas 1% (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Diversos fatores influenciam na oxidação dos lipídios, dentre eles a quantidade e disponibilidade de oxigênio presente, o grau de insaturações dos ácidos graxos (ligações duplas são centros ativos que podem reagir com o oxigênio), a presença de metais, enzimas, ativadores como luz e aporte energético em geral, sendo difícil avaliar o efeito de um fator específico no processo de oxidação, visto que agem simultaneamente (HAMILTON, 1994).

O efeito nocivo das reações de oxidação dos lipídios pode ser minimizado basicamente com refrigeração ou congelamento, acondicionamento e armazenamento adequados, embora a reação não seja detida por completo já que a autooxidação requer energia de ativação reduzida. De acordo com Forell et al. (2010) os processos oxidativos são minimizados durante o armazenamento congelado, mas não são completamente evitados, pois alguns radicais lipossolúveis são estáveis em baixas temperaturas, podendo propagar a oxidação.

A autooxidação é o principal mecanismo de oxidação dos óleos e gorduras. Farmer et al.(1942) propuseram uma sequencia de reações inter-relacionadas para explicar esse processo:



Onde: RH - Ácido graxo insaturado

R• - Radical livre

ROO• - Radical peróxido

ROOH - Hidroperóxido

A autooxidação dos lipídios ocorre em três etapas: 1) Iniciação: onde ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo. 2) Propagação: os radicais livres que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos). Os radicais livres formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico. 3) Terminação: dois radicais combinam-se, com a formação de produtos estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis) (RAMALHO & JORGE, 2006).

Compostos antioxidantes podem estar presentes de forma natural ou serem adicionados intencionalmente em alimentos para retardar o aparecimento dos fenômenos de oxidação, prolongando sua vida de prateleira (ANDREO & JORGE, 2006).

3.4. Antioxidantes

Antioxidantes, segundo Pokorny (1991), são compostos que quando presentes em pequenas quantidades previnem ou retardam reações de oxidação, por serem capazes de sequestrar ou impedir a formação de radicais livres.

Gordon (1990) classificou os antioxidantes em dois grupos, os primários e os secundários. Os antioxidantes primários são capazes de interromper a cadeia de radicais, cedendo hidrogênio a um radical lipídico livre e assumindo a forma de radical estável. Podem-se incluir nesse grupo os compostos fenólicos, que apresentam grupos doadores de elétrons nas posições orto e para de sua cadeia cíclica. Os antioxidantes secundários reduzem o processo de iniciação, utilizando agentes quelantes de metais como, por exemplo, o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) e o ácido cítrico.

Atualmente, existe uma grande quantidade de compostos, tanto naturais quanto sintéticos, com propriedades antioxidantes. Em geral, antioxidantes sintéticos são compostos com estruturas fenólicas que apresentam vários graus de substituição alquil, ao passo que antioxidantes naturais podem ser: compostos fenólicos (tocoferóis, flavonóides, e ácidos fenólicos), compostos nitrogenados (alcalóides, derivados da clorofila, aminoácidos e aminas), ou carotenóides, bem como ácido ascórbico (KAUR et al., 2001).

Algumas propriedades são desejáveis na seleção do antioxidante, como a eficácia em baixas concentrações; ausência de efeitos indesejáveis na cor, sabor e odor; fácil aplicação; estabilidade nas condições de processamento e armazenamento; o composto e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos; além de outros fatores que devem ser considerados, como legislação (para antioxidantes sintéticos), custo e preferência do consumidor (RAMALHO & JORGE, 2006).

3.4.1. Antioxidantes sintéticos

Em indústrias alimentícias é comum o uso de antioxidantes sintéticos para prolongar a vida útil dos produtos cárneos (CORONADO et al. 2002). Os compostos mais utilizados como antioxidantes na indústria de alimentos são: butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), galato de propila (PG) e térciobutilhidroxiquinona (TBHQ) (RAMALHO & JORGE, 2006). A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de

um próton a um radical livre, regenerando, assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres. Dessa maneira, os derivados fenólicos transformam-se em radicais livres. Entretanto, estes radicais podem se estabilizar sem promover ou propagar reações de oxidação (BUCK, 1981).

No Brasil, a incorporação de aditivos com função antioxidante em produtos cárneos é regulamentada pela legislação, que limita o uso a quantidade máxima de 0,01g/100g de produto para butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) e galato de propila (PG). Os demais antioxidantes como o eritorbato de sódio, ácido eritórbito e ascorbato de sódio, por exemplo, não apresentam limite máximo de adição (BRASIL, 1998).

Apesar da elevada capacidade antioxidante e antimicrobiana desses compostos, estudos toxicológicos têm demonstrado a possibilidade de estes antioxidantes apresentarem efeitos tóxicos. Em estudo de Caillet et al. (2011) o BHA comportou-se como mutagênico e sabe-se que uma elevada taxa de mutações está relacionada com possíveis riscos de câncer em seres humanos. A adição em excesso dos antioxidantes sintéticos PG, BHA, BHT e TBHQ, pode levar a produção de substâncias tóxicas, prejudiciais à saúde humana (GUAN et al., 2006). O uso de altas concentrações de BHA e BHT foram associadas com o desenvolvimento de danos no fígado e câncer em animais de laboratório (SAAD et al., 2007). Além disso, o TBHQ, permitido no Brasil, não é aprovado para o uso em alimentos na Europa, Japão e Canadá (RIBEIRO et al., 2001).

Devido a isso, as pesquisas têm-se dirigido no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com o intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos.

3.4.2. Antioxidantes naturais

O interesse pelos antioxidantes naturais teve início na década de 80, diante da comprovação de efeitos maléficos causados por doses elevadas de BHT, BHA e TBHQ (DURAN & PADILLA, 1993). Assim, o uso de condimentos como antioxidantes tem sido objeto de estudo em pesquisas que empregam diversas matrizes alimentares como hambúrgueres, almôndegas, embutidos, desidratados e cortes marinados (MARIUTTI et al., 2009).

Os compostos antioxidantes naturais têm sido isolados de diferentes partes de plantas, tais como sementes, frutas, folhas e raízes. Os principais antioxidantes de vegetais são as vitaminas C e E, os carotenoides, e compostos fenólicos, especialmente flavonóides (PODSEDEK, 2007). Esses antioxidantes podem funcionar como agentes redutores, como

inibidores de radicais livres, como quelantes ou sequestrantes do oxigênio singlete e como desativadores de metais pró-oxidantes (KÄHKÖNEN, et al., 1999).

Nos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados visando à aplicação de antioxidantes naturais para substituir os sintéticos. A utilização de antioxidantes naturais tem abrangido toda a cadeia de produção de carnes, não se restringindo apenas nos produtos finais (PEREIRA, 2009).

Sáyago-Ayerdi, Brenes e Goñi (2009) investigaram a eficiência do bagaço de uva vermelha como antioxidante em hambúrgueres de frango crus e cozidos, a adição do bagaço melhorou significativamente a estabilidade oxidativa e não afetou a aceitabilidade dos hambúrgueres. Borba et al. (2012) acrescentaram orégano na formulação de embutido frescal de carne de frango, o produto adicionado de orégano apresentou oxidação lipídica significativamente inferior ao controle, não diferindo deste na avaliação sensorial.

Estudo realizado por Rojas & Brewer (2007) mostrou que o extrato de semente de uva tem potencial em retardar a deterioração oxidativa em hambúrgueres de carne suína, prolongando sua vida útil, sem afetar as medidas instrumentais de cor, sendo que a maior concentração de extrato aplicada (0,02%) exibiu melhor potencial antioxidante.

Segundo Pokorny (1991) a maior vantagem do uso de antioxidantes naturais é ser prontamente aceito pelo consumidor. Porém, tem como desvantagens o alto custo se o extrato é purificado e, menor eficiência se não purificado, podendo afetar a cor, interferir no sabor residual e causar *off flavors* no produto ao qual foi adicionado.

3.5. Bananeira

3.5.1. Importância socioeconômica da banana

A banana é uma das culturas agrícolas mais importantes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SILVA NETO & GUIMARÃES; 2011), com produção mundial de 102 milhões de toneladas em 2010 (FAO, 2012). O Brasil é o quinto maior produtor mundial de banana, sendo esta a segunda fruta mais produzida no país, com uma safra de 6,8 milhões de toneladas em 2012 (IBGE, 2012).

Além do elevado valor nutritivo, a banana tem alto significado socioeconômico, pois mobiliza um grande contingente de mão de obra e permite retorno rápido ao produtor. No Brasil, praticamente toda a produção de banana é consumida in natura e constitui elemento importante na alimentação de populações de baixa renda, não só pelo alto valor nutritivo, mas também pelo baixo custo. Sabe-se que uma única banana supre cerca de um quarto da

quantidade de vitamina C recomendada diariamente para crianças. Contém, ainda, vitaminas A e B, muito potássio (K), pouco sódio (Na) e nenhum colesterol (GANGA, 2002).

3.5.2. Características da planta

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis pertencem à classe Monocotyledoneae, à ordem Scitaminales, à família Musaceae, à subfamília Musoideae e ao gênero *Musa*, abrangendo entre 24 e 30 espécies (LIMA, SILVA & FERREIRA, 2003).

A bananeira é uma espécie de origem tropical, proveniente da Ásia Meridional (ALVES, 1999), e devido a esta origem, necessita de calor constante e precipitações bem distribuídas, para seu melhor desenvolvimento.

As principais partes da bananeira são: sistema radicular, caule, pseudocaule, folhas e o cacho (CASTRO et al., 2008). O caule, ou rizoma, é subterrâneo, é onde ocorre a formação das raízes, folhas, inflorescência e a geração de novos rebentos. O pseudocaule é o tronco, formado por bainhas foliares sobrepostas, tendo em seu interior o palmito. No prolongamento das bainhas foliares encontram-se as folhas (SOFFNER, 2001).



Figura 1 - Desenho esquemático da Bananeira. Ilustração: Élio José Alves

Fonte: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_31_41020068055.html

O cacho é composto pelo engalo, ráquis, pencas de bananas e inflorescência. Os frutos se originam das flores femininas, que estão inseridas no ráquis feminino. O conjunto de flores masculinas ainda em desenvolvimento é denominado inflorescência, estas flores estão

localizadas no ráquis masculino, e não são capazes de originar frutos (SOTO BALLESTERO, 1992).

3.5.3. Resíduos da bananicultura

A cultura da banana gera grande quantidade de resíduos após a colheita da fruta, sendo eles o pseudocaule, folhas, inflorescência, pedúnculo da fruta (haste floral/ráquis), rizoma e cascas. De acordo com Shah et al. (2005) os resíduos da bananicultura são estimados em cerca de 220 toneladas de massa vegetal por hectare. Do ponto de vista ambiental é fundamental o reaproveitamento destes resíduos, pois atualmente estes são descartados de maneira inadequada, em aterros sanitários, contribuindo para a geração de problemas ambientais, ou permanecem no bananal, onde são utilizados como cobertura do solo (GONZÁLEZ-MONTELONGO et al., 2010).

A casca da banana é rica em fibras dietéticas, proteínas, aminoácidos essenciais, ácidos graxos poli-insaturados e potássio, podendo ser usada como fonte de energia e fibra dietética, em formulações de ração de gado, na obtenção de compostos nitrogenados e antioxidantes (EMAGA et al., 2007).

Someya et al. (2002) encontraram um maior teor de galocatequina na casca do que na polpa da banana *Musa cavendish*. Este resultado foi consistente com a análise de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante. Assim, o maior teor de galocatequina na casca da banana contribui para os melhores efeitos antioxidantes.

Estudo realizado por Kanazawa & Sakakibara (2000) revelou que a banana (*Musa cavendishii*), principalmente a casca, contém grandes quantidades de dopamina, que possui potencial antioxidante superior ao BHA e BHT, por exemplo.

Saravanan & Aradhya (2011) isolaram diversos compostos fenólicos do pseudocaule de bananeira, dentre eles o ácido caféico, catequina, ácido cinâmico e ácido felúrico, compostos estes, conhecidos por sua capacidade antioxidante e antimicrobiana.

As inflorescências de bananeira silvestre são ricas em antocianinas (KITDAMRONGSONT et al., 2008), e extratos de inflorescência da espécie *Musa paradisiaca* também demonstraram conter propriedades antioxidantes e antibacterianas expressivas (PADAM et al., 2012).

Isso demonstra que os resíduos da cultura da banana podem ser utilizados como fonte de compostos antioxidantes para diversas aplicações, no entanto o potencial para indústria de alimentos ainda necessita ser elucidado.

3.6. Métodos de extração

3.6.1. Extração por agitação convencional

A extração convencional é realizada empregando solventes orgânicos, geralmente esta combinada com agitação e/ou aquecimento. O solvente utilizado na extração pode influenciar significativamente no nível dos componentes recuperados, dessa forma pode determinar a atividade antioxidante dos extratos obtidos. Água, metanol, etanol, acetona, soluções aquosas destes solventes e acetato de etilo são comumente usados como solventes de extração (HAYOUNI et al., 2007; GONZÁLEZ-MONTELONGO et al. 2010). Outros fatores, como temperatura e tempo de extração, a proporção líquido-sólido e a cultivar, também afetam a extração com solventes.

O tempo de extração pode afetar consideravelmente a recuperação dos polifenóis. O período de extração deve variar entre 1 minuto e 24 horas. No entanto, longos períodos aumentam a possibilidade de oxidação dos fenólicos exigindo que agentes redutores sejam adicionados ao solvente do sistema (SHAIIDI & NACZK, 1995). A decomposição térmica tem sido apontada como a maior causadora da redução do conteúdo de polifenóis durante a desidratação e a extração das amostras. Os fenóis também podem reagir com outros componentes e impedir sua extração, desta forma, o conteúdo total de fenólicos, pode diminuir com o aumento da temperatura (CONDE et al., 1998).

Estudos realizados por González-Montelongo et al. (2010) mostraram que extratos de casca de banana preparados pelo método convencional com diferentes solventes apresentaram diferentes capacidade antioxidante, sendo a mistura acetona:água o solvente mais eficiente dentre os testados, a temperatura de extração também apresentou influencia considerável sobre a atividade antioxidante dos extratos, de maneira geral a elevação da temperatura de 25 para 55 °C melhorou a capacidade antioxidante.

Alothman, Bhat e Karim (2009) quantificaram o teor de compostos fenólicos e flavonoides de diferentes frutas tropicais extraídas com agitação por 3 horas à 25 °C utilizando diferentes solventes. Cada fruta apresentou um solvente ideal de extração, acetona (50%) e etanol (70%) foram os solventes mais eficientes na extração do abacaxi, enquanto acetona (70%) foi mais eficiente na extração de banana e a goiaba apresentou melhores resultados quando extraída com acetona (90%) e etanol (90%). A goiaba apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos e flavonóides e atividade antioxidante, demonstrando que a recuperação destes compostos depende da fruta e do sistema solvente utilizado.

Por estas razões devem ser realizados estudos comparativos para cada substrato, para identificar as condições de extração que produzem a atividade antioxidante máxima, aperfeiçoando os vários fatores que podem afetar a eficiência da extração.

A extração de substâncias antioxidantes com solventes orgânicos pode ser eficiente para alguns casos, porém torna-se agressiva ao ambiente devido aos resíduos gerados durante o uso de substâncias tóxicas. Também exige controle rigoroso de fatores como, a polaridade do solvente utilizado, o tempo e a temperatura de extração, pois pode ocorrer perda ou destruição dos compostos antioxidantes (ANDREO & JORGE, 2006).

3.6.2. Extração por ultrassom

O ultrassom é um processo que utiliza a energia de ondas sonoras geradas em frequência superior à capacidade auditiva do ser humano. Estas ondas sonoras criam uma variação na pressão do líquido empregado no processo, gerando cavitação. Nos aparelhos de ultrassom a energia ultra-sônica é produzida por uma cerâmica pizoelétrica disposta entre duas chapas metálica (transdutor pizoelétrico) (MELECCHI, 2005).

A eficiência desta técnica de extração é citada como sendo igual ou melhor que a obtida com o extrator Soxhlet, apresentando as vantagens de alta reprodutibilidade e eficiência, possibilidade de utilização para uma ampla gama de tamanhos de amostra, menor tempo de extração, menor volume de solvente e baixo custo (KOH, 1983; SARGENTI et al., 2000). O ultrassom tem sido utilizado na extração de substâncias de baixo peso molecular e para compostos bioativos de vegetais (MACÍAS-SÁNCHEZ, et al. 2009).

De acordo com List & Schmidt (1989) os principais efeitos do ultrassom, empregado como técnica de extração, são o aumento da permeabilidade da parede celular, a produção de cavitação (formação espontânea de bolhas num líquido abaixo de seu ponto de ebulição, resultante do esforço dinâmico) e o aumento da tensão mecânica das células (também denominado interface de fricção).

Albu et al. (2004) investigaram o efeito de diferentes solventes e do uso do ultrassom na extração de ácido carnósico de alecrim. Na extração convencional o etanol foi significativamente menos eficaz que acetato de etila e butanona. A aplicação de ultrassom melhorou o desempenho do etanol de tal modo que ele se tornou comparável aos demais solventes. Dessa forma o ultrassom pode reduzir a dependência de um solvente e permitir o uso de solventes alternativos que podem oferecer mais atrativos econômicos, benefícios ambientais e saúde e segurança.

Khan et al. (2010) extraíram compostos fenólicos de casca de laranja (*Citrus sinensis*) pelos métodos convencional e extração assistida por ultrassom, utilizando diferentes temperaturas, poder de sonicação e concentração de etanol, a extração por ultrassom foi mais eficiente que a convencional, exigindo menor tempo de extração sem afetar o rendimento global, sendo que o fator mais influente no processo de extração foi o poder de sonicação, seguido por temperatura e concentração de etanol.

Segundo Paniwnyk et al. (2009) a extração com ultrassom tem se mostrado eficaz até um volume de 125 L de solvente, indicando o seu potencial para a utilização em escala comercial.

4. Artigos Científicos

4.1. Artigo 1

Evaluation of antioxidant activity of extract of banana inflorescence (*Musa cavendishii*)

Artigo submetido à revista Food Research International
(Configuração conforme as normas da Revista)

Evaluation of antioxidant activity of extract of banana inflorescence (*Musa cavendishii*)

Michele M. Schmidt^{1*}, Rosa C. Prestes¹, Ernesto H. Kubota¹, Gabrielle Scapin¹, Marcio A. Mazutti²

¹ Federal University of Santa Maria, Department of Science and Food Technology, Avenida Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria RS, Brazil.

² Federal University of Santa Maria, Centre of Technology/Department of Chemical Engineering, Avenida Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria RS, Brazil.

*Corresponding author: Michele M. Schmidt. Address: Rua Silva Jardim, nº 1892, apto 303, 97010-492, centro, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil, Tel: +55 55 91355181 e +55 55 33175181. E-mail: mixi.schmidt@gmail.com.

HIGHLIGHTS

- The banana inflorescence (*Musa cavendishii*) was studied as a potential source of antioxidants.
- The optimal extraction conditions (time, temperature, ethanol concentration, and conventional or ultrasound method) were determined.
- The extracts showed a high content of phenolic compounds, total flavonoids and antioxidant activity.
- The banana inflorescence proved to be a source of bioactive compounds, enabling its use in industrial applications.

ABSTRACT

Banana is one of the most important agricultural crops in tropical and subtropical regions of the world; its culture generates a lot of waste and research has shown that this waste has antibacterial and antioxidant properties. This study evaluated the content of phenolic compounds and flavonoids and the antioxidant potential of the banana inflorescence extract from the species *Musa cavendishii* as well as investigating the effects of extraction conditions (conventional and ultrasound) in obtaining these compounds using a 2^3 factorial design with three replications at the center point. Analysis of centesimal composition, total phenolics and flavonoids, antioxidant activity in vitro by DPPH method, and antioxidant power of iron reduction were performed.

The extracts showed high contents of phenolics and flavonoids and potential as an antioxidant agent. The best results were found for the following extraction conditions: temperature 60 °C, ethanol concentration of 50%, time of 30 minutes, and extraction using stirring, without the use of ultrasound. The total phenolic content was 1690 mg equivalent of gallic acid/100 g of dry sample. Total flavonoids were 354.90 mg equivalent of rutin/100 g of dry sample and IC_{50} (the concentration of sample required to reduce 50% of DPPH) of 0.31 mg/ml. The banana inflorescence showed potential as a source of antioxidant compounds, for industrial application besides adding value to waste generated in the production of bananas.

Keywords: banana residue, phenolics, flavonoids, natural antioxidant, ultrasound.

1. INTRODUCTION

In Brazil, the banana is the second most widely produced fruit; production was 6.8 million tonnes in 2012, placing the country as the world's fifth largest producer (IBGE, 2012). According to Shah et al. (2005), the by-products of banana production are estimated at about

220 tons of plant mass per hectare. In Brazil, over 480,000 hectares of banana are planted per year (IBGE, 2012), producing about 105 million tons of waste. From the environmental point of view, it is essential to reuse this waste, because it is being improperly discarded in landfills, contributing to the generation of environmental problems, or it is left in the plantations, where it is used as soil cover (GONZÁLEZ-MONTELONGO et al., 2010).

The extraction of bioactive compounds from banana waste is an alternative method to ensure the efficient, inexpensive and environmentally friendly use of this waste. These bioactive components can be used in foods, cosmetics and the pharmaceutical industries.

Previous studies have shown that different banana crop residues have significant antibacterial and antioxidant properties, as is the case of the skins (SOMEYA et al. 2002; MOKBE and HASHINAGA, 2005), the pseudostem (SARAVANAN and ARADHYA, 2011) and the inflorescence (ROOBHA et al., 2011; PADAM et al., 2012) and that the functionality and yield may be influenced by the extraction process and recovery of these compounds (HAYOUNI et al., 2007).

In this context, the aim of this study was to evaluate the content of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant potential of banana inflorescence of the *Musa cavendishii* species, and to investigate the effects of the extraction conditions on obtaining these compounds by the conventional method (stirring) and by using ultrasound.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Raw materials

Banana inflorescences (male flowers and bracts) from the *Musa cavendishii* species, were collected in January 2013 in the city of São João do Polêsine (RS, Brazil), soon after the opening of the last bunch of bananas, around 30 to 45 days after the appearance of the inflorescence, with an average size of 22 cm. On the day after collection, the samples were cut into discs about 1.5 cm in thickness and subjected to boiling in water (100 °C, 1 min) (BORGES et al., 2010), followed by cooling in cold water (15 °C, 3 min).

The samples were subsequently dried in an oven with forced air circulation (Marconi, MA-035/100, Piracicaba, Brazil) at 55 °C for 24 hours. After drying, the samples were ground in a refrigerated analytical mill (4 °C) (Quimis, model Q 298A21, Diadema, Brazil) and placed in sealed plastic containers, protected from light and in a freezer (-12 °C) until use.

2.2. Evaluation of chemical composition

Determinations of moisture (indirect gravimetric method at 105 °C), protein (Kjeldahl method), mineral residue (method of incineration in a muffle furnace at 550 °C), dietary fiber (enzymatic method) and total lipids (Soxhlet) were performed according to AOAC (2005). Carbohydrates were obtained by calculating the difference between the other analyzed fractions (AOAC, 2005), and the results were expressed on a wet basis and dry basis.

2.3. Obtaining the extracts

The extracts were obtained from previously dried and ground banana inflorescence. 10 g of sample was placed in a 250 mL glass beaker and 100 mL of cereal alcohol 1:10 (w/v) was added. In the extraction by agitation (conventional method) the beaker with the mixture was kept under constant stirring (80 rpm) using a mechanical shaker (Marconi, MA-039, Piracicaba, Brazil) for time and temperature that were controlled with the aid of ultra-thermostated bath (Solab, model SL-152/10) according to the conditions described in Table 1.

For the extraction by ultrasound, the beaker with the mixture remained immersed in an ultrasonic bath (UNIQUE, model USC - 1800A), with a frequency of 40 kHz and power of 132 W, under constant stirring (80 rpm) according to the conditions described in Table 1. After the extraction stage, the material was filtered through qualitative filter paper (N^o. 1) and then the volume was adjusted to 100 ml and conditioned and stored in amber bottles in a freezer (-12 °C) until analysis.

The extraction conditions followed a 2³ factorial design with three replications at the center point, using ethanol concentration, time and temperature as independent variables, as shown in Table 1.

The ranges of variation between the lower and upper limits of each independent variable were compiled from the literature regarding the extraction of other plant materials (MELECCHI, 2005; CELEGHINI et al., 2007; GONZÁLEZ-MONTELONGO et al., 2010), due to the few existing studies of banana inflorescence.

Table 1 – Extraction conditions used in the extraction of banana inflorescence with and without the use of ultrasound, based on a 2^3 factorial design with three replications at the center point.

Extractions	Tested Conditions		
	Ethanol Concentration (%)	Time (minutes)	Temperature (°C)
	90	60	60
EA1 and EU1	(+1)	(+1)	(+1)
	50	60	60
EA2 and EU2	(-1)	(+1)	(+1)
	90	30	60
EA3 and EU3	(+1)	(-1)	(+1)
	50	30	60
EA4 and EU4	(-1)	(-1)	(+1)
	90	60	20
EA5 and EU5	(+1)	(+1)	(-1)
	50	60	20
EA6 and EU6	(-1)	(+1)	(-1)
	90	30	20
EA7 and EU7	(+1)	(-1)	(-1)
	50	30	20
EA8 and EU8	(-1)	(-1)	(-1)
	70	45	40
PCA and PCU	(0)	(0)	(0)

EA: extraction by conventional stirring

EU: extraction by ultrasound

PCA: central point, corresponding to extractions EA9, EA10 and EA11.

PCU: central point, corresponding to extractions EU9, EU10 and EU11.

2.4. Determination of total phenolic compounds

The total phenolic content of the extracts was determined by the Folin-Ciocalteu colorimetric method, described by Singleton and Orthofer and Lamuela-Raventos (1999),

with modifications. The extract samples, appropriately diluted, were mixed with the Folin-Ciocalteu reagent. After 6 minutes, the solution of 7.5% sodium carbonate (Na_2CO_3) was added and the tubes were kept in the dark at room temperature (approximately 23 °C) for 2 hours. After this time, the absorbance was determined at 765 nm in a spectrophotometer (Biospectro, SP-220, São Paulo, Brazil) and compared with a calibration curve of gallic acid ($y=0,0085x+0,0447$, $R^2=0,9988$, where y is absorbance of sample, x is sample concentration), that ranged 0-70 mg/L ($R^2= 0,9988$). The results were expressed in mg of gallic acid equivalent per 100 g of the dried sample (mg GAE/100g).

2.5. Determination of total flavonoid compounds

The total flavonoid content was determined using the colorimetric method described by Zhishen et al. (1999), with some modifications. Briefly, 250 μL of extract was mixed with 1250 μL of distilled water in a test tube, followed by the addition of 75 μL of a solution of 5% sodium nitrite (NaNO_2). After 5 minutes, 150 μL of a solution of 10% aluminum trichloride (AlCl_3) was added and allowed to stand for 5 minutes. Then 500 μL of 1 M NaOH and 775 μL of distilled water were added. The absorbance was measured immediately at 510 nm using a spectrophotometer (Biospectro, SP-220, São Paulo, Brazil) and compared with a calibration curve of rutin (Sigma, St. Louis, USA) ($y=0,0083x+0,0131$, $R^2=0,9916$, where y is absorbance of sample, x is sample concentration), that ranged 0-80 mg/L. The results were expressed as equivalent milligrams of rutin per 100 grams of dry sample (mq ER/100g).

2.6. Determination of antioxidant activity

Two methods were used to test the antioxidant activity of banana inflorescence; DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) and FRAP (ferric reducing ability of plasma). These two

methods are complementary to some degree, and both are simple, rapid, reproducible and inexpensive methods to evaluate the antioxidant activity of fruits and vegetables.

2.6.1. Scavenging capacity of stable free radical

The antioxidant activity of the extracts was determined using the method described by Brand-Williams, Cuvelier, and Berset (1995), with modifications. This methodology is based on the scavenging capacity of the DPPH free radical. This technique consists in preparing a solution of 0.1 mM of DPPH in hydroethanol solution (80% v/v) and 2.0 mL of this solution was added to 2.0 mL of solutions containing different concentrations of each extract of banana inflorescence. After 30 minutes, the absorbance was determined at 517 nm in a spectrophotometer (Biospectro, SP-220, São Paulo, Brazil). The percentage of antioxidant activity (%AA) was calculated as the percentage of capture of the DPPH radical, using the following equation (1):

$$AA\% = 100 - \left\{ \frac{[(Abs_{sample} - Abs_{blank}) \times 100]}{Abs_{DPPH}} \right\} (1)$$

The equation of the straight line obtained from the absorbance values (% AA) of increasing concentrations of extracts of banana inflorescence, replacing the Y value with 50 and obtaining the value of X as the concentration of the sample with the ability to reduce DPPH by 50%, was used for the calculation of IC₅₀.

2.6.2. Determination of ferric reducing ability of plasma (FRAP)

FRAP evaluates the antioxidant activity of extracts based on their ability to reduce ferric ions (Fe³⁺) to ferrous ions (Fe²⁺). The limiting factor of this method is that not all antioxidants present in a complex array reduce iron, just as not every reducer Fe³⁺ to Fe²⁺

is antioxidant. However, this method is often used in conjunction with other tests for analysis of plants and foods (OLDONI, 2010). In experiments of Thaipong et al. (2006), for example, the FRAP method was more reproducible when compared to DPPH and ORAC.

The method described by Benzie and Strain (1996) was used to determine the FRAP of the extracts. The FRAP reagent (solution Fe (III)- TPTZ) was obtained from the combination of 25 ml of 0.3 M acetate buffer; 2.5 ml of 10 mM TPTZ solution of (3.12 g of TPTZ in 1 L of 40 mM HCl); and 2.5 mL of an aqueous solution of 20 mM ferric chloride. 200 μ L of previously diluted sample and 1.8 mL of FRAP reagent were added to a test tube and this was kept in a water bath at 37 °C for 30 min. Afterwards, the absorbance of the colored complex formed with Fe²⁺ and TPTZ was measured at 593 nm in a spectrophotometer (Biospectro, SP- 220, São Paulo, Brazil); the FRAP reagent was used as a blank. Trolox (Sigma, St. Louis, USA) (range 0 to 25 μ M) was used as standard for the calibration curve ($y=0,0412x-0,0028$, $R^2=0,9985$, where y is absorbance of sample, x is sample concentration), and the results were expressed as micromole equivalents of Trolox per 100 grams of dry sample (μ mol ET/100g).

2.7. Statistical analysis

To reduce the number of experiments (in order to reduce time and cost), a 2³ factorial design was used with three replicates at the central point of the experimental space. This enables the implementation of a statistical inference approach because it allows the calculation of waste, and therefore the standard errors and interval estimates. In addition, tests at the midpoint provided useful information about the behavior of the responses and highlighted the quality of the repeatability of the process (BARROS NETO et al., 2003; RODRIGUES and IEMMA, 2009).

All the analyses were carried out in triplicate. The results were submitted to analysis

of variance (ANOVA) and Tukey's test with a significance level of 95% ($p < 0.05$) using Statistica ®8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). The calculations of the effects were also obtained using the aforementioned computer program. The parameters of greatest importance in industrial usage (time, temperature and ethanol concentration) were analyzed.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Evaluation of chemical composition

The results of the chemical composition of the banana inflorescence, *Musa cavendishii* species, are shown in Table 2. The moisture content was close to that found in the peel of banana (89.47%) (GONDIM et al., 2005). The crude protein content was lower than that found by Gondim et al., (2005) in banana peel (1.96%), and lower than that found in banana inflorescence, *Musa acuminata* (1.79%), by Fingolo et al., (2012).

Table 2 – Results of chemical composition of banana inflorescence in wet and dry basis (g/100g sample).

Constituents	g/100g wet basis (%)	g/100g dry basis (%)
Moisture	90.73 ± 0.14	-
Ash	1.09 ± 0.03	11.73 ± 0.34
Protein	1.46 ± 0.08	15.80 ± 0.85
Lipids	0.39 ± 0.01	4.22 ± 0.08
Total dietary fiber	4.83 ± 0.14	52.16 ± 1.51
Non-fibrous carbohydrates	1.49	16.09

* Values expressed as mean ± standard deviation, n = 3.

The results of the chemical composition of the banana inflorescence showed a high ash content. According to Fingolo et al. (2012), the main mineral present in banana inflorescence, as well as in banana is potassium. The content of non-fibrous carbohydrates

differed from the value found by Coelho et al., (2001) for the palm of banana pseudostem (1.63 g/100g wet basis).

The mean value for lipids was lower than the figure of 0.68%, which was obtained by Borges et al. (2009) for green banana flour. The level of total dietary fiber in the present study was similar to the amount of insoluble fiber (49.83 g/100g dry basis) obtained by Fingolo et al., (2012) for the inflorescence of the *Musa acuminata*.

Some studies have shown that banana inflorescences have considerable nutritional value, due to their high fiber and mineral content. For this reason, flour made from banana inflorescence could be added to foods and could be used as an alternative ingredient or additive in developing enriched functional products, which are currently in high demand.

3.2. Determination of total phenolic compounds

Table 3 shows the mean values of the content of phenolics and flavonoids, IC₅₀ and FRAP for the banana inflorescence extracts obtained using different conditions of the factorial design, with and without the use of ultrasound.

There was significant difference ($p < 0.05$) in total phenolics content between treatments. The highest concentrations of phenolics were obtained for extractions performed at higher temperatures (40 to 60 °C) and lower concentrations of ethanol (50 and 70%). The EA4 extract had the highest content of these compounds, but did not differ significantly ($p > 0.05$) compared to extract EA2 and the central point (PC), with and without the use of ultrasound. The EA5 extract had the lowest content of total phenolic compounds, but did not differ significantly from EA7.

Table 3 – Results for the content of phenolics and flavonoids, IC₅₀ and FRAP for banana inflorescence extracts obtained using different extractions in accordance with the complete 2³ factorial design.

Extractions	Phenolic compounds	Flavonoid	IC ₅₀	FRAP
	mg GAE/100g	compounds mg ER/100g	µg/ml	µmol ET/100g
EA1	1258.63 ^{bc} ± 53.05	293.85 ^{bcd} ± 23.70	0.56 ^{ef} ± 0.02	2531.15 ^{de} ± 47.13
EA2	1613.53 ^a ± 67.84	333.21 ^{ab} ± 4.23	0.38 ^{hi} ± 0.03	3208.74 ^a ± 27.81
EA3	1201.76 ^{bcd} ± 25.64	334.42 ^{ab} ± 6.63	0.47 ^{gh} ± 0.01	2679.39 ^{cd} ± 39.60
EA4	1690.00 ^a ± 70.59	354.90 ^a ± 13.33	0.31 ⁱ ± 0.01	2961.97 ^b ± 44.73
EA5	582.16 ^g ± 50.03	124.38 ^f ± 8.46	0.97 ^b ± 0.01	1614.52 ^j ± 32.25
EA6	837.06 ^e ± 42.42	182.61 ^{ef} ± 26.87	0.82 ^c ± 0.03	1720.83 ^{ij} ± 60.47
EA7	619.41 ^{fg} ± 26.96	126.79 ^f ± 13.43	1.08 ^a ± 0.07	1421.31 ^k ± 76.48
EA8	1099.80 ^d ± 35.46	227.83 ^d ± 15.38	0.52 ^{fg} ± 0.01	2298.54 ^{fg} ± 52.90
PCA	1613.53 ^a ± 42.73	297.47 ^{abcd} ± 11.89	0.35 ⁱ ± 0.02	3236.62 ^a ± 73.79
EU1	768.43 ^{ef} ± 39.17	148.07 ^{ef} ± 15.38	0.57 ^{ef} ± 0.02	1782.77 ^{ij} ± 52.39
EU2	1115.49 ^{cd} ± 16.98	266.95 ^{cd} ± 24.35	0.56 ^{ef} ± 0.04	2145.79 ^{gh} ± 74.50
EU3	1199.80 ^{bcd} ± 44.93	148.47 ^{ef} ± 13.27	0.57 ^{ef} ± 0.02	2072.01 ^h ± 18.54
EU4	1272.35 ^b ± 10.19	182.21 ^{ef} ± 17.56	0.34 ⁱ ± 0.01	2555.42 ^{de} ± 51.61
EU5	857.84 ^e ± 27.80	174.18 ^{ef} ± 8.46	0.87 ^{bc} ± 0.06	1663.43 ^{ij} ± 76.83
EU6	1111.78 ^{cd} ± 32.75	247.27 ^d ± 12.07	0.64 ^d ± 0.03	1839.40 ⁱ ± 66.11
EU7	815.49 ^e ± 54.66	187.03 ^e ± 14.12	0.68 ^{de} ± 0.03	1428.80 ^k ± 35.55
EU8	1150.78 ^{cd} ± 63.44	269.00 ^{cd} ± 25.40	0.39 ^{hi} ± 0.02	2421.92 ^{ef} ± 42.49
PCU	1576.28 ^a ± 25.64	260.52 ^{cd} ± 4.42	0.38 ^{hi} ± 0.01	2875.91 ^{bc} ± 33.16

^a Means with the same letter in the column do not differ significantly by Tukey's test (p > 0.05).

Values expressed as mean ± standard deviation, n = 3.

GA: Gallic acid; R: Rutin; T: Trolox.

EA1: stirring, 90% ethanol, 60 °C, 60 min.; EA2: stirring, 50% ethanol, 60 °C, 60 min.; EA3: stirring, 90% ethanol, 60 °C, 30 min.; EA4: stirring, 50 % ethanol, 60 °C, 30 min.; EA5: stirring, 90% ethanol, 20 °C, 60 min.; EA6: stirring, 50% ethanol, 20 °C, 60 min.; EA7: stirring, 90% ethanol, 20 °C, 30 min.; EA8: stirring, 50% ethanol, 20 °C, 30 min.; PCA (EA9, EA10, EA11): stirring, 70% ethanol, 40 °C, 45 min.; EU1: ultrasound, 90% ethanol, 60 °C, 60 min.; EU2: ultrasound, 50% ethanol, 60 °C, 60 min.; EU3: ultrasound, 90% ethanol, 60 °C, 30 min.; EU4: ultrasound, 50% ethanol, 60 °C, 30 min.; EU5: ultrasound, 90% ethanol, 20 °C, 60 min.; EU6: ultrasound, 50% ethanol, 20 °C, 60 min.; EU7: ultrasound, 90% ethanol, 20 °C, 30 min.; EU8: ultrasound, 50% ethanol, 20 °C, 30 min.; PCU (EU9, EU10, EU11): ultrasound, 70% ethanol, 40 °C, 45 min.

The content of total phenolic compounds found in this study was close to the figure of 1800 mg GAE/100g found by González-Montelongo et al., (2010) for Grand Nain banana peel (*Musa acuminata Colla AAA*), with the solvent ethanol:water (1:1) and extraction time of 120 minutes at 55 °C.

When compared to the content of phenolic compounds obtained by Someya et al., (2002) in pulp and peel from *Musa Cavendish* bananas (232 mg/100 g of mass and 907 mg/100g of dry weight, respectively), it is possible to see that phenolic compounds are more abundant in the inflorescence of bananas.

From the results of the present study, it was observed that the use of ultrasound did not increase the content of phenolic compounds; similar results were found by Hromádková et al. (2008), where the use of ultrasound decreased the amount of phenolic compounds, in comparison with conventional extraction for wheat bran. According to Melecchi (2005), extended extraction times using ultrasound can cause possible transformations of some compounds, resulting from the influence of sound waves, where bonds can be broken and new products formed, which limits the use of this technique in the extraction of natural products.

In addition to the individual interpretation of the results, it was possible to predict the behavior of the extractions and assess the effects of each of them under the evaluated responses, such as phenolics and antioxidant activity. According to Lopes et al., (2007), the estimated effect indicates how each factor influences the response which is studied, since the greater its value in the module, the greater its influence.

The effects of the variables (ethanol concentration, time and temperature) and their interactions on the extraction of phenolic compounds from the banana inflorescence, with and without the use of ultrasound, are shown in Table 4.

In terms of the extraction of phenolic compounds by conventional stirring, a significant effect ($p < 0.05$) of the first order could only be seen for the ethanol concentration

and temperature variables; the concentration of ethanol variable had a negative influence, while the temperature variable positively influenced the response. Thus, higher temperatures and lower concentrations of ethanol were more effective in the extraction of phenolic compounds under the conditions tested in the planning.

Table 4 – Values of the effects of the studied variables in the content of total phenolic compounds of banana inflorescence with and without the use of ultrasound.

	Without ultrasound			With ultrasound		
	Estimated Effect	Standard Deviation	p	Estimated Effect	Standard Deviation	p
Media/Interaction	12.494	0.129	0.000*	12.073	0.077	0.000*
(1) Ethanol	-3.946	0.302	0.006*	-2.471	0.181	0.005*
(2) Time	-0.799	0.302	0.118	-1.814	0.181	0.010*
(3) Temperature	6.565	0.302	0.002*	0.402	0.181	0.157
1X2	0.897	0.302	0.097	-0.431	0.181	0.140
1X3	-0.270	0.302	0.466	0.373	0.181	0.176
2X3	0.700	0.302	0.146	-1.127	0.181	0.025*
1X2X3	-0.230	0.302	0.525	-0.941	0.181	0.035*

* Significance of 95%.

A similar result was found in a study by González-Montelongo et al., (2010) for Grand Nain banana peel, where a rise in temperature from 25 to 55 °C increased the amount of phenolic compounds that were extracted and extracting these compounds using ethanol:water (1:1) was about 5 times more efficient in relation to extraction using pure ethanol as solvent. This demonstrates that most of the phenolic compounds that were present had a higher polarity and were therefore more hydrosoluble.

Regarding the extraction of flavonoids using ultrasound (Table 4) it was observed that there was a single significant effect, or a first-order effect, for two of the three variables that

were tested. There were also second-order effects for time and temperature, and third-order effects for the three variables.

According to studies by Proestos and Komaitis (2006), ultrasound-assisted extraction is dependent on the solvent and the temperature used; the amount of extractable phenolic compounds decreases with the decreasing polarity of the solvent, and increases with increasing temperature.

The best results for the extraction of phenolic compounds were obtained using the conventional method of stirring, which is interesting because it is an economical method and requires no skilled labor, which facilitates its implementation on an industrial scale.

3.3. Determination of total flavonoid content

The levels of total flavonoids obtained for the banana inflorescence extracts, using different extraction conditions (with and without the use of ultrasound) are shown in Table 3. The results showed a significant difference ($p < 0.05$) between the extracts.

The extraction of flavonoid compounds behaved in a similar way to the phenolic compounds, showing better results at higher temperatures and lower concentrations of ethanol. The EA4 extract showed the highest content of total flavonoid compounds; however, it did not differ significantly ($p > 0.05$) from EA2, EA3 and PCA, while the EA5 and EA7 extracts obtained the lowest results and did not differ significantly from EA6, EU1, EU2, EU3, EU4 and EU5.

The values of total flavonoids obtained for the banana inflorescence were higher than for some fruits and vegetables that are rich in these compounds, such as blackberry (250 mg equivalent of quercetin/100g), plum (37.6 mg EQ/100g), beetroot (62.8 EQ/100g mg) and spinach (133.1 mg EQ/100g) (LIN and TANG; 2007).

The results obtained in the present study were similar to those reported by Moraes et al., (2007), who determined the content of total flavonoids in samples of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and who found that the values varied according to the extraction process and that the use of ultrasound was less efficient in terms of the static maceration process and extraction by reflux.

Table 5 shows the effects of the input variables (ethanol concentration, time and temperature) in the response variable, extraction of flavonoid compounds, from banana inflorescence, with and without the use of ultrasound. In the extracts without the use of ultrasound, significant effects were observed ($p < 0.05$), only of the first order, for ethanol concentration and temperature.

Table 5 – Effects of the studied variables for the extraction of total flavonoid compounds of banana inflorescence, with and without the use of ultrasound.

	Without ultrasound			With ultrasound		
	Estimated Effect	Standard Deviation	p	Estimated Effect	Standard Deviation	p
Media/Interaction	2.573	0.036	0.000*	2.195	0.013	0.000*
(1) Ethanol	-0.448	0.084	0.033*	-0.794	0.031	0.001*
(2) Time	-0.175	0.084	0.173	0.099	0.031	0.086
(3) Temperature	1.737	0.084	0.002*	-0.354	0.031	0.008*
1X2	-0.040	0.084	0.680	-0.166	0.031	0.034*
1X3	0.149	0.084	0.219	0.031	0.031	0.424
2X3	-0.136	0.084	0.246	0.322	0.031	0.009*
1X2X3	-0.054	0.084	0.585	-0.260	0.031	0.014*

* Significance of 95%.

The ethanol concentration had a negative influence on the extraction of the flavonoid compounds. According to Hemwimon et al., (2007) the presence of water in the solvent can

increase the extraction yield because water may increase the swelling of the vegetable material, which is favorable for increasing the surface area of contact between the solvent and the vegetable matrix, resulting in an increase in the extraction rate.

Temperature had a positive effect on the extraction of flavonoid compounds and our results were similar to those found by Li et al., (2009) in the extraction of *Ipomoea* potato leaves, where the yield of flavonoid compounds increased from 3.98% to 5.65% with an increase in temperature.

In the extractions of flavonoid compounds from banana inflorescence using ultrasound (Table 5) it can be seen that there were significant first-order effects for two of the tested variables, second-order effects between ethanol and time, and time and temperature, and negative effects on third-order interaction.

These results differed from those mentioned by Zhang et al., (2011), where the extraction of flavonoid compounds from *Prunella vulgaris L.*, assisted by ultrasound, had its yield increased by increasing the extraction temperature. A likely explanation for the negative effect of temperature on the extraction of flavonoids is the possible degradation of these compounds at high temperatures.

Huang et al., (2009), assisted by ultrasound, optimized the extraction of flavonoid compounds from *Folium eucommiae* and they observed that increasing the ethanol concentration resulted in an increase in the extraction of impurities due to the change in polarity of the solvent; the concentration of ethanol at 42% resulted in the highest extraction yield. Regarding the extraction time, Huang et al., (2009) found that more than 70 minutes can be harmful to the extract. According to Lu et al., (2008) this is due to prolonged extraction time, which can cause chemical decomposition of the bioactive compounds present in the extract, resulting in reduced yields.

The high content of flavonoid compounds in the banana inflorescence may be due to their coloration, since the flavonoids may be considered as natural pigments that are frequently found in plants. Anthocyanins, which belong to the group of flavonoids, have a color spectrum that goes from red to blue (VOLP et al., 2008; FENNEMA et al., 2010), according to Roobha et al. (2011) and Kitdamrongsont et al. (2008) banana inflorescence are rich in anthocyanins.

3.4. Determination of antioxidant activity

3.4.1. Scavenging capacity of stable free radical

The results of the determination of the *in vitro* antioxidant activity of the extracts of banana inflorescence are shown in Table 3. The lower the IC₅₀ the greater the antioxidant activity of the sample because this value represents the concentration of antioxidant required to reduce the free radical DPPH by 50% of the initial concentration.

As can be seen in the results (Table 3), we found that there was significant difference ($p < 0.05$) between treatments. In general, the extracts that showed the best antioxidant activity were those that had the highest concentrations of flavonoids and phenolic compounds. The EA4, EU4 and PCA extracts were more effective in reducing the DPPH free radical and had the lowest IC₅₀ values, which indicates a higher antioxidant power. However, these extracts did not differ significantly ($p > 0.05$) from the extracts EA2, EU8, and PCU. EA7 extract achieved the highest IC₅₀ value and presented the lowest antioxidant activity.

The antioxidant activity obtained in this study was higher than that found by Padam et al., (2012) for the flowers of banana inflorescence *Musa paradisiaca* (cv. Mysore), extracted with methanol solvent, which showed IC₅₀ values of 0.77 mg/ml.

The tested extracts showed antioxidant activity greater than for essential oil of clove (IC₅₀ of 1.1187 mg/ml) (SILVESTRI et al., 2010), and extract of papaya seeds (IC₅₀ of 4.29 mg/ml) (PIOVESAN, 2012).

The use of ultrasound was detrimental to the antioxidant activity in the conditions tested and similar results were found by Jun et al., (2011), where extraction using Soxhlet showed better antioxidant activity in extracts of green tea when compared to extraction using ultrasound.

Table 6 shows the effects of the variables and their interactions with the IC₅₀ of the extracts of banana inflorescence, obtained with and without the use of ultrasound. In the extractions without the use of ultrasound, there was a significant ($p < 0.05$) individual or first-order effect for the three tested variables. There were also second-order effects for ethanol and time, and ethanol and temperature, as well as third-order effects for the three variables. The effect of the interaction between the three variables significantly increased the IC₅₀ value, i.e. it decreased the ability of the extract to remove the DPPH free radical.

A study by González-Montelongo et al., (2010) of Grande Naine banana peel showed that the antioxidant capacity was higher in hydroethanolic extracts (1:1) than in the extracts of pure ethanol. The extension of time, as well as increase in temperature of the extraction, had no significant effect on the antioxidant activity of the extracts.

Regarding the temperature of the extraction, similar results were found in a study by Stefanello (2013), in which the antioxidant activity of the sun mushroom (*Agaricus blazei Murrii*) increased with the increase of the extraction temperature from 50 °C to 70 °C.

Table 6 – Effects of the variables on the IC₅₀ response for banana inflorescence extracts, obtained with and without the use of ultrasound.

	Without ultrasound			With ultrasound		
	Estimated Effect	Standard Deviation	p	Estimated Effect	Standard Deviation	p
Media/Interaction	0.562	0.007	0.000*	0.518	0.003	0.000*
(1) Ethanol	0.269	0.016	0.003*	0.175	0.006	0.001*
(2) Time	0.094	0.016	0.027*	0.152	0.006	0.002*
(3) Temperature	-0.414	0.016	0.001*	-0.117	0.006	0.003*
1X2	-0.091	0.016	0.028*	-0.090	0.006	0.004*
1X3	-0.086	0.016	0.031*	-0.050	0.006	0.015*
2X3	-0.002	0.016	0.885	-0.034	0.006	0.031*
1X2X3	0.119	0.016	0.017*	-0.027	0.006	0.049*

* Significance of 95%.

Regarding extraction using ultrasound (Table 6), significant first order effects were observed for the three tested variables, and it was also possible to see significant second and third-order effects for all the interactions between the variables. The effect of the interaction between the three variables reduced the IC₅₀, thereby increasing the antioxidant activity of the extracts.

These results differ from those found by Ghafoor et al., (2009) where the antioxidant activity of extracts of grape (*Vitis vinifera*) that was obtained by ultrasound increased with increasing concentration of ethanol and prolonged extraction time.

Several studies have demonstrated that an increase in the temperature of extraction of plant materials when using ultrasound leads to an increase in antioxidant activity (Ma et al., 2008; Hossain et al., 2012), probably because the increase in temperature accelerates the mass transfer and thus improves the efficiency of the extraction.

In the present study, it was possible to verify the relationship between phenolics and flavonoids and the ability of the extract to reduce the DPPH free radical because the extracts that showed higher values of these compounds had lower IC₅₀ values. This indicates that phenolic compounds and flavonoids are primarily responsible for the antioxidant activity of extracts from banana inflorescence.

3.4.2. Determination of ferric reducing ability of power (FRAP)

The FRAP values of the banana inflorescence extracts, obtained at different extraction conditions of factorial design, with and without the use of ultrasound, are shown in Table 3. A significant difference ($p < 0.05$) can be observed between treatments. The extracts that showed the highest antioxidant power of iron reduction were EA2 and PCA; those which showed the lowest FRAP values were EA7 and EU7.

The FRAP results were similar to those obtained by Aziz et al., (2011) for flour from the core of boiled banana pseudostem (2222 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ dry weight), and were higher than those found in fruits such as strawberries (528.36 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$) by Copetti (2010) and *Gaylussacia brasiliensis* (851.77 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$) by Bramorski et al., (2011).

Padam et al., (2012) determined the antioxidant activity of the flowers and bracts of banana inflorescence, *Musa paradisiaca* (cv. Mysore) using the FRAP method and observed that the flowers had greater antioxidant capacity than the bracts.

Regarding the use of ultrasound, the results obtained in the present study differed from that of Hossain et al., (2012), where extraction assisted by ultrasound resulted in the intensification of antioxidant activity using the FRAP method, when compared to conventional solid/liquid extraction.

Table 7 shows the effects of the input variables (ethanol concentration, time and temperature) on the ability of the extracts from the banana inflorescence to reduce the ferric

ion. For the extracts that were obtained without ultrasound, a significant individual or first-order effect was observed for the variables, temperature and ethanol concentration. There were also third-order effects for the three variables, and this adversely affected the response.

Table 7 – Effects of the studied variables on the FRAP response of the extracts of banana inflorescence obtained with and without the use of ultrasound.

	Without ultrasound			With ultrasound		
	Estimated Effect	Standard Deviation	p	Estimated Effect	Standard Deviation	p
Media/Interaction	35.731	0.222	0.000*	22.307	0.100	0.000*
(1) Ethanol	-4.811	0.522	0.012*	-5.039	0.234	0.002*
(2) Time	-0.763	0.522	0.281	-2.617	0.234	0.008*
(3) Temperature	10.864	0.522	0.002*	3.006	0.234	0.006*
1X2	0.546	0.522	0.405	2.344	0.234	0.010*
1X3	0.452	0.522	0.478	0.807	0.234	0.075
2X3	0.814	0.522	0.259	-0.877	0.234	0.065
1X2X3	-2.963	0.522	0.030*	-1.742	0.234	0.018*

* Significance of 95%.

A study by Alothman et al., (2009) showed that the FRAP of extracts is dependent on the type of solvent used and its polarity. For banana pulp, extraction with ethanol at a 50% concentration was the most effective among the tested concentrations (0, 50, 70 and 90%), showing that higher concentrations of ethanol have negative effects on the extraction of antioxidants evaluated by the FRAP method.

Hossain et al., (2011) studied the influence of temperature on the antioxidant capacity of extracts of rosemary, marjoram and oregano using the FRAP method. In the same way as for banana inflorescence, the antioxidant activity of all the samples increased with increasing

temperature. This was probably due to the fact that higher temperatures increase the solubility and diffusion of many compounds.

Regarding the FRAP values of the extracts obtained by ultrasound extraction (Table 7), it was observed that there was a significant effect ($p < 0.05$) of the first order for the three tested variables. There were also second-order effects for ethanol concentration and time, and third-order effects for the three variables; the combination of the three variables negatively affected the ability of the extracts to reduce ferric ions.

Tabaraki and Nateghi (2011) used ultrasound for the extraction of antioxidants from rice bran. The FRAP values increased gradually with the increase of ethanol concentration and temperature of the extraction, reaching optimal values in 65% ethanol and at 51 °C, and then began to decrease. The extraction time had a positive effect on the antioxidant activity of the extracts and the opposite result was found for banana inflorescence.

Ma et al., (2008) determined the FRAP values of the peel of citrus fruits using ultrasound and the best results were also obtained for the extracts prepared using higher temperatures.

The banana inflorescence showed high antioxidant potential, which makes it possible to be used in industrial applications. The results of the present study confirm that the optimization of the extraction is a critical step in obtaining antioxidant compounds. In general terms, the use of ultrasound had a negative effect on the recovery of these compounds under the tested conditions, while shorter times and lower temperatures of extraction were beneficial. Thus, lower concentrations of ethanol and the aforementioned conditions represent the advantage of reduced costs at the industrial level.

4. CONCLUSION

The results showed that extract of banana inflorescence from the *Musa cavendishii* species has potential as an antioxidant agent. The highest levels of phenolic compounds and flavonoids, and the best antioxidant activity, were found for the following extraction conditions: temperature of 60 °C, ethanol concentration of 50%, time of 30 minutes, and stirring extraction without the use of ultrasound. There was a relationship between the content of phenolics and flavonoids and *in vitro* antioxidant capacity, showing that these compounds are mainly responsible for the antioxidant potential of extracts of banana inflorescence. The use of banana inflorescence as raw material for obtaining extracts with antioxidant properties was proved to be a viable alternative, with the possibility of industrial application and also the ability to add value to the waste generated in banana production.

BIBLIOGRAPHY

Alothman, M., Bhat, R. & Karim, A. A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115(3), 785–788.

AOAC. Association Official Analytical Chemists. (2005). Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. (18th ed.) Gaithersburg, Maryland.

Aziz, N. A. A., Ho, L. H., Azahari, B., Bhat, R., Cheng, L. H. & Ibrahim, M. N. N. (2011). Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours. *Food Chemistry*, 128(3), 748–753.

Barros Neto, B., Scarmino, I. S. & Brus, R. E. (2003). Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na industria. Editora UNICAMP, Campinas, São Paulo.

Benzie, I. F. F & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(292), 70–76.

Borges, A. M., Pereira, J. & Lucena, E. M. P. (2009). Caracterização da farinha de banana verde. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29 (2), 333-339.

Borges, S. V., Mancini, M. C., Corrêa J. L. G. & Leite, J. (2010). Secagem de bananas prata e d’água por convecção forçada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(3), 605-612.

Bramorski, A., da Rosa Cherem, A., Mezdri, T., Melo, S.S., Deschamps, F. C., Gonzaga, L. V., et al. (2011). Chemical composition and antioxidant activity of *Gaylussacia brasiliensis* (camarinha) grown in Brazil. *Food Research International*. 44(7), 2134–2138.

Brand-Willians, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.

Celeghini, R. M. S., Yariwake, J. H. & Lanças, F. M. (2007). Otimização das condições de extração hidroalcoólica das furanocoumarins de *Dorstenia brasiliensis* Lam. Por maceração com ultrassom e análise quantitativa por CLAE/UV e fluorescência. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 9(2), 61-66.

Coelho, R. R. P., Mata, M. E. C. & Braga, M. E. D. 2001. Alterações dos componentes nutricionais do pseudocaule da bananeira quando processado visando sua transformação em palmito. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 3(1), 21-30.

Copetti, Cristiane. (2010). Atividade antioxidante *in vitro* e compostos fenólicos em morangos (*Fragaria x ananassa* Duch). Dissertation (MA in Food Science) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Fennema, O. R., Damodaran, S. & Parkin, K. L. (2010). Química de Alimentos de Fennema (4th ed.) Editora Artmed.

Fingolo, C. E., Braga, J. M. A., Vieira, A. C. M., Moura, M. R. L. & Kaplan, M. A. C. (2012). The natural impact of banana inflorescences (*Musa acuminata*) on human nutrition. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 84(4), 891-898.

Ghafoor, K., Choi, Y. H., Jeon, J. Y. & Jo, I. H. (2009). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds, Antioxidants, and Anthocyanins from Grape (*Vitis vinifera*) Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), 4988–4994.

Gondim J. A. M., Moura, M. F. V., Dantas, A. S., Medeiros, R. L. S. & Santos, K. M. (2005). Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 825-827.

González-Montelongo R., Lobo M. G. & González M. (2010). Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, 119(3), 1030–1039.

Hayouni, E. A., Abedrabba, M., Bouix, M. & Hamdi, M. (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities *in vitro* of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruits extracts. *Food Chemistry*, 105(3), 1126-1134.

Hemwimon, S., Pavasant, P. & Shotipruk, A. (2007). Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Separation and Purification Technology*, 54(1), 44–50.

Hossain, M. B., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A. B. & Brunton, N. P. (2011). Optimisation of accelerated solvent extraction of antioxidant compounds from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), marjoram (*Origanum majorana* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) using response surface methodology. *Food Chemistry*, 126(1), 339–346.

Hossain, M. B., Brunton, N. P., Patras, A., Tiwari, B., O'Donnell, C. P., Martin-Diana, A. B. & Barry-Ryan, C. (2012). Optimization of ultrasound assisted extraction of antioxidant

compounds from marjoram (*Origanum majorana L.*) using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19(3), 582–590.

Hromádková, Z., Košťálová, Z. & Ebringerová, A. (2008). Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of phenolics-rich heteroxylans from wheat bran. *Ultrasonics sonochemistry*, 15(6), 1062-1068.

Huang, W., Xue, A., Niu, H., Jia, Z. & Wang, J. (2009). Optimised ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Folium eucommiae* and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems *in vitro*. *Food Chemistry*, 114(3), 1147-1154.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Rio de Janeiro, v. 25, n. 02, p.1-88, setembro, 2012. Available at:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf> Accessed em: 10/02/2014.

Jun, X., Deji, S., Ye, L. & Rui, Z. (2011). Comparison of *in vitro* antioxidant activities and bioactive components of green tea extracts by different extraction methods. *International journal of pharmaceutics*, 408(1), 97-101.

Kitdamrongsont, K., Pothavorn, P., Swangpol, S., Wongniam, S., Atawongsa, K., Svasti, J., & Somana, J. (2008). Anthocyanin composition of wild bananas in Thailand. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(22), 10853-10857.

Li, F., Li, Q., Gao, D. & Peng, Y. (2009). The Optimal Extraction Parameters and Anti-Diabetic Activity of Flavonoids from *Ipomoea Batatas* Leaf. *African Journal of Traditional. Complementary and Alternative medicines*, 6(2), 195–202.

Lin, J. Y. & Tang, C. Y. (2007). Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, 101(1), 140–147.

Lopes, A. S., Ormenese, R. C. S. C. & Montenegro, F. A. (2007). A influência do uso de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. *Ciência e Tecnologia de Alimento*, 27(2), 307-312.

Lu W., Dan L., Changli B., Jingyan Y., Ziming W., Yuhua S. & Zhang H. (2008). Ultrasonic extraction and separation of anthraquinones from *Rheum palmatum L.* *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(5), 738–746.

Ma, Y., Chen, J., Liu, D. & Ye, X. (2008). Effect of Ultrasonic Treatment on the Total Phenolic and Antioxidant Activity of Extracts from Citrus Peel. *Journal of Food Science*, 73(8), 115-120.

Melecchi, Maria Inês Soares. (2005). Caracterização química de extratos de *Hibiscus tiliaceus L.*: estudo comparativo de métodos de extração. Thesis (PhD in Chemistry) - Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Mensor L. L., Menezes F. S., Leitão G. G., Reis A. S., Santos T. C., Coube C. S. & Leitão S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 53(2), 127-130.

Mokbe, M. S. & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3), 125.

Moraes, L. D., Oliveira, H. B. & Sousa, O. V. (2007). Teores médios de flavonóides em amostras de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(2), 1035-1037.

Oldoni, Tatiane L. C. (2010) Prospecção e identificação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais. Thesis (PhD in Science) – Universidade de São Paulo – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba.

Padam, B. S., Tim, H. S., Chye, F. Y. & Abdullah, M. I. (2012). Antibacterial and antioxidative activities of the various solvent extracts of banana (*Musa paradisiaca* cv. Mysore) inflorescences. *Journal of Biological Sciences*, 12(2), 62-73.

Piovesan, Natieli. (2012). Extratos naturais de sementes de mamão Papaya (*Carica papaya* L.) e marcela (*Achyrocline satureioides*) e avaliação da capacidade antioxidante e antimicrobiana em linguiça de frango. Dissertation (MA in Science and Food Technology) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Proestos, C. & Komaitis, M. (2006). Ultrasonically assisted extraction of phenolic compounds from aromatic plants: comparison with conventional extraction techniques. *Journal of Food Quality*, 29(5), 567–582.

Rodrigues, M. I., Iemma, A. F. (2005). Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos. Campinas : Casa do Pão Editora.

Roobha, J. J., Saravanakumar, M., Aravinthan, K. M. & Devi, P. S. (2011). Antioxidant analysis of anthocyanin extracted from *Musa acuminata* bract. *Journal of Pharmacy Research*, 4(5), 1488-1492.

Saravanan K. & Aradhya, S. M. (2011). Polyphenols of pseudostem of different banana cultivars and their antioxidant activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3613–3623.

Shah, M. P., Reddy, G. V., Banerjee, R., Babu, P. R. & Kothari, I. L. (2005). Microbial degradation of banana waste under solid state bioprocessing using two lignocellulolytic fungi (*Phylosticta* spp. MPS-001 and *Aspegillus* spp. MPS-002) *Process biochemistry*, 40(1), 445-451.

Silvestri, J. D. F., Paroul, N., Czyewski, E., Lerin, L., Rotava, I., Cansian, R. L., et al. (2010). Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). *Revista Ceres*, 57(5), 589-594.

Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 299, 152-178.

Someya, S., Yoshiki, Y. & Okubo, K. (2002). Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chemistry*, 79(3), 351–354.

Stefanello, Flávia Santi (2013). Avaliação da atividade antioxidante de cogumelo do Sol (*agaricus blazei murril*) e sua aplicação em lingüiça. Dissertation (MA in Science and Food Technology) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Tabaraki, R. & Nateghi, A. (2011). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of natural antioxidants from rice bran using response surface methodology. *Ultrasonics sonochemistry*, 18(6), 1279-1286.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of food composition and analysis*, 19(6), 669-675

Volp, A. C. P., Renhe, I. R. T., Barra, K. & Stringueta, P. C. (2008). Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, 23(2), 141-143.

Zhang, G., He, L. & Hu, M. (2011). Optimized ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Prunella vulgaris* L. and evaluation of antioxidant activities *in vitro*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(1), 18–25.

Zhishen, J., Mengcheng, T. & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64 (4), 555-559.

4.2. Artigo 2

Desenvolvimento e avaliação de hambúrguer de carne suína adicionado de antioxidante natural a base de extrato de inflorescência de bananeira (*Musa cavendishii*)

Artigo em fase final de revisão para ser submetido ao Journal of Food Science and
Technology

(Configuração conforme as normas da Revista)

Desenvolvimento e avaliação de hambúrguer de carne suína adicionado de antioxidante natural a base de extrato de inflorescência de bananeira (*Musa cavendishii*)

Michele M. Schmidt^{1*}, Rosa C. Prestes¹, Ernesto H. Kubota¹, Renius O. Mello¹, Gabrielle Scapin¹,
Sabrina Ferreira¹.

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos,
Avenida Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria RS, Brasil.

*Autor correspondente: Michele M. Schmidt. Endereço: Rua Silva Jardim, nº 1892, apto 303, 97010-492, centro, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil, Tel: +55 55 91355181 e +55 55 33175181. E-mail: mixi.schmidt@gmail.com

RESUMO

Foi avaliado o efeito do extrato hidroetanólico da inflorescência de bananeira (*Musa cavendishii*) (0, 1,0 e 2,0%) e do eritorbato de sódio (0,100, 0,150 e 0,200%) sobre as características físico-químicas, sensoriais e estabilidade lipídica de hambúrgueres de carne suína durante 120 dias de armazenamento a -12 °C. Para isso foram realizadas análises de composição centesimal, pH, TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico), cor, avaliação microbiológica e sensorial.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na composição centesimal dos produtos desenvolvidos. Todos os hambúrgueres apresentaram uma redução do pH ao longo dos 120 dias, que não foi afetada pela adição de extrato. Os valores de TBARS aumentaram durante o armazenamento, o melhor resultado foi obtido para os hambúrgueres com 0,200% de eritorbato de sódio e 2,0% de extrato, os quais apresentaram menores coeficientes linear (constante de regressão) e angular (coeficiente de regressão) da reta em relação aos demais.

Aos 120 dias todos os hambúrgueres acrescidos de extrato combinado ao eritorbato apresentaram TBARS significativamente inferiores, além disso, os hambúrgueres sem adição de extrato apresentaram maior amarelamento (b^*) que os demais, evidenciando que a aplicação simultânea de eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira é benéfica na redução da oxidação lipídica. A avaliação sensorial mostrou que os hambúrgueres mantiveram suas características sensoriais, apresentando boa aceitabilidade pelos consumidores. O extrato de inflorescência de bananeira associado ao eritorbato de sódio retardaram a oxidação lipídica de hambúrgueres de carne suína sem causar prejuízos às características físico-químicas e sensoriais do produto.

Palavras-chave: Resíduo de bananeira. Oxidação lipídica. Cor. Canônica. Avaliação sensorial.

INTRODUÇÃO

A oxidação lipídica constitui uma das principais causas de deterioração dos alimentos. Acarreta o aparecimento de odores e sabores desagradáveis, perda do valor nutritivo e também geram produtos finais que podem ser prejudiciais à saúde humana, por exemplo, aldeídos, como o malondialdeído, e o colesterol oxidado, que têm sido referidos como tendo potencial citotóxico e genotóxico e associados com a promoção de aterosclerose, doenças cardiovasculares e câncer (Kanner, 2007; Shahidi e Zhong, 2008; Soyer et al., 2010).

A carne suína oxida-se mais rapidamente que a carne bovina, devido o seu elevado teor de ácidos graxos insaturados (Botsoglou et al., 2014). No processamento dos produtos cárneos, entre eles o hambúrguer, há uma maior exposição da carne à oxidação em virtude do processo de moagem e também pelo fato deste produto ser mantido conservado apenas pela utilização do frio (congelamento) ele se torna mais suscetível á oxidação.

Os antioxidantes sintéticos são os mais utilizados pela indústria de alimentos, mas devido a toxicidade de alguns destes e à preferência dos consumidores por alimentos mais naturais e saudáveis, têm-se verificado crescente interesse pelos antioxidantes naturais que sejam capazes de preservar os alimentos das alterações indesejáveis causadas pelas reações de oxidação sem causar danos à saúde (Oke et al., 2009; Ebrahimabadi et al., 2010).

O uso de resíduos vegetais como fonte de conservantes naturais tem mostrado resultados promissores, em estudo realizado por Devatkal, Kumboj e Paul (2014) a utilização de extrato aquoso de casca de banana (*Musa paradisiaca*) reduziu significativamente a oxidação lipídica em empanados de frango durante o armazenamento refrigerado, de maneira comparável ao antioxidante BHT (butilhidroxitolueno).

No Brasil são plantados mais de 480 mil hectares de banana por ano (IBGE, 2012) e o processo gera cerca de 105 milhões de toneladas de resíduo. Atualmente grande parte deste resíduo é descartado de maneira inadequada, em aterros sanitários, contribuindo para a geração de problemas ambientais, ou permanece no bananal, sendo utilizados como cobertura do solo.

A inflorescência da bananeira, também conhecida como botão floral ou coração de bananeira, é um dos resíduos da bananicultura, e corresponde ao conjunto de flores masculinas ainda em desenvolvimento (Soto Ballester, 1992). Alguns estudos têm evidenciado que a inflorescência de bananeira possui elevado potencial antioxidante (Roobha et al., 2011; Padam et al., 2012), podendo representar uma fonte viável e econômica de compostos bioativos benéficos para a saúde. Porém, há uma lacuna na literatura sobre o potencial da aplicação do extrato da inflorescência de bananeira como antioxidante natural em produtos cárneos.

Dessa forma, objetivou-se neste estudo avaliar o efeito do extrato hidroetanólico de inflorescência de bananeira (*Musa cavendishii*) e do eritorbato de sódio, antioxidante sintético

comumente empregado em produtos cárneos, sobre as características físico-químicas, sensoriais e estabilidade lipídica de hambúrgueres de carne suína durante 120 dias de armazenamento a -12 °C.

MATERIAIS E MÉTODOS

Elaboração do extrato de inflorescência de bananeira

As inflorescências de bananeira (flores masculinas e brácteas) da espécie *Musa cavendishii*, foram colhidas em janeiro de 2013, na cidade de São João do Polêsine (RS, Brasil), logo após a abertura da última penca de bananas. No dia posterior a coleta, as amostras foram cortadas em discos de cerca de 1,5 cm de espessura e submetidas ao tratamento térmico de branqueamento, em água fervente (100 °C) por 1 minuto (Borges et al., 2010), seguido por resfriamento em água fria (15 °C, 3 min). Após, foi realizada pré-secagem das amostras em estufa com circulação forçada de ar (Marconi MA-035/100, Piracicaba, Brasil) a 55 °C por 24 horas, e moagem em moinho analítico refrigerado (4 °C) (Quimis, modelo Q 298A21, Diadema, Brasil).

O extrato foi preparado a partir da inflorescência de bananeira previamente seca e moída, que foi pesada e adicionada de álcool de cereais a 50% na proporção 1:10 (p/v) (Celeghini, Yariwake e Lanças, 2007). Em seguida esta mistura foi levada ao banho ultratermostatizado (Solab, modelo SL-152/10, Piracicaba, Brasil) e submetida à agitação constante utilizando agitador mecânico (Marconi MA-039, Piracicaba, Brasil) na temperatura de 60 °C durante 30 minutos de extração. Em seguida o extrato foi filtrado em papel filtro qualitativo e concentrado até 50% do seu volume inicial em rotaevaporador (Fisatom, modelo 802, São Paulo, Brasil) com vácuo de 7060 mg Hg e temperatura de 50 °C (± 1 °C), para remoção do álcool de cereais. Após o extrato foi completado com água até seu volume inicial,

foi acondicionado em frasco âmbar e armazenado em freezer (-12 °C) até o momento de sua utilização.

Elaboração dos hambúrgueres

As carnes suínas congeladas (retalhos de pernil com aproximadamente 30% de gordura e filezinho) utilizadas foram doadas pela empresa Cooperativa Central Aurora Alimentos (Chapecó, SC, Brasil) que atua sob inspeção federal. Para o desenvolvimento das formulações de hambúrguer foi seguido o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer (BRASIL, 2000) e a Portaria No.1004 (BRASIL, 1998), para elaboração foi utilizado o procedimento descrito por Terra (1998).

A formulação base (que não diferiu entre os tratamentos) consistiu de: água (10,0%), proteína de soja texturizada (4,0%) (Solae, Esteio, RS, Brasil), cloreto de sódio (1,5%) (Diana, São Paulo, SP, Brasil), condimento para hambúrguer (0,5%) (Doremus, Guarulhos, SP, Brasil), polifosfato de sódio (0,5%) (Kerry, São Paulo, SP, Brasil), glutamato de sódio (0,3%) (Ajinomoto, São Paulo, SP, Brasil), maltodextrina (0,3%) (Nutract, Chapecó, SC, Brasil), salsa desidratada (0,2%) (Temperos Amazonas, Santa Maria, RS, Brasil), alho em flocos (0,2%) (Temperos Amazonas, Santa Maria, RS, Brasil), fumaça líquida (0,015%) (ICL, São Paulo, SP, Brasil) e corante carmim de cochonilha (0,002%) (CHR Hansen, São Paulo, SP, Brasil).

A matéria-prima foi previamente descongelada em geladeira a ± 7 °C (Electrolux, Curitiba, PR, Brasil), moída (Moedor Jamar PJ22, Jamar Ltda, São Paulo, SP, Brasil) em disco com orifício de 8 mm e levada até a misturadeira (Jamar MJI 35, Jamar Ltda, São Paulo, SP, Brasil) para incorporação dos demais ingredientes. O extrato de inflorescência de bananeira e o eritorbato de sódio (Wenda, São Paulo, SP, Brasil) foram adicionados após os ingredientes básicos, conforme a Tabela 1, sendo A4 correspondente à formulação comercial

de hambúrguer. Foram realizadas duas repetições para cada antioxidante (N=10).

Tabela 1 – Caracterização dos hambúrgueres testados utilizando diferentes concentrações de eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira.

Antioxidantes	Eritorbato de sódio (%)	Extrato de inflorescência de bananeira (%)	Carne suína (%)
A1	0,200	2,0	80,28
A2	0,100	2,0	80,38
A3	0,200	0	82,28
A4	0,100	0	82,38
A5	0,150	1,0	81,33

Após a mistura de todos os ingredientes, as massas foram embutidas (Jamar EJI-09, Jamar Ltda, São Paulo, SP, Brasil) em envoltórios plásticos (5 cm de diâmetro, Spel, Atibaia, SP, Brasil), e foram imediatamente congeladas em freezer convencional (Metalfrio, São Paulo, SP, Brasil) (-12°C). No dia seguinte, foram fatiados em fatiadeira para formação dos hambúrgueres (Malpa, São Paulo, SP, Brasil), com espessura média de 1,0 cm, e o envoltório plástico foi removido, foram então embalados em sacos de polietileno de baixa densidade e mantidos em freezer a -12°C por 120 dias, prazo de validade geral para hambúrgueres industrializados. Foram realizadas coletas de amostras a cada 30 dias para as análises.

Caracterização físico-química

O produto foi caracterizado cru, por determinação de umidade (método gravimétrico indireto a 105 °C), proteína (método Kjeldahl) e resíduo mineral (método de incineração, em mufla a 550 °C) segundo metodologia da AOAC (2005), e lipídios (método do butirômetro) segundo metodologia do IAL (2008). Os carboidratos foram obtidos pelo cálculo da diferença das demais frações analisadas (AOAC, 2005).

A avaliação do pH foi realizada em pHmetro (Modelo DM-23DC-pHmetro, São Paulo, Brasil) conforme IAL (2008).

Para avaliar a extensão da oxidação lipídica ocorrida nos hambúrgueres foi utilizado o índice do ácido tiobarbitúrico (TBA), por metodologia de Raharjo, Sofos e Schmidt (1992), adaptada por Pereira (2009). Foram pesadas 10g de amostra previamente moída e homogeneizada em saco plástico (polietileno). Adicionou-se 40 mL de ácido tricloroacético (TCA) 5% e 1 mL do antioxidante sintético butilhidroxitolueno (BHT) 0,15%. Homogeneizou-se por um minuto em Stomacher Elétrico Modelo BOIT-STO1 (LABOR, São Paulo, Brasil) e após filtrou-se com auxílio de papel filtro qualitativo para balão volumétrico de 50 mL, sendo o volume completado com a solução de ácido tricloroacético 5%. Deste balão, retirou-se uma alíquota de 5 mL e transferiu-se para tubo de ensaio, onde foi adicionado 5 mL de ácido tiobarbitúrico 0,08 M em ácido acético 50%. Os tubos foram incubados em banho-maria fervente (Solab, modelo SL-152/10, Piracicaba, Brasil) por 40 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (SP-220 marca Biospectro, São Paulo, Brasil) a 531 nm e os resultados comparados contra o branco. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído por quilograma de amostra (mg MDA/kg amostra).

A cor dos hambúrgueres foi analisada de acordo com o sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIE), usando as coordenadas L^* , a^* b^* (escala CIELAB), onde L^* é a luminosidade, a^* é a intensidade do vermelho e b^* é a intensidade de amarelo. Para esta análise, os eixos de cor (L^* , a^* e b^*) foram determinados utilizando um espectrofotômetro colorimétrico, Minolta CR-310 ® (Konica Minolta Sensing Americas Inc., Ramsey, New Jersey, EUA) com iluminante D65 e ângulo de 10°. O colorímetro foi calibrado e as leituras foram efetuadas na superfície dos hambúrgueres descongelados. Também foram calculados os índices C (saturação) e h (tonalidade) de acordo com as fórmulas (1) e (2) abaixo:

$$C = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (1)$$

$$h = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (2)$$

Avaliação Microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a Instrução Normativa nº 62 (BRASIL, 2003) seguindo os padrões estabelecidos pela ANVISA (BRASIL, 2001) (Coliformes a 35 °C, Coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella sp* e *Clostridium* sulfito redutor), no 1º e 50º dia, para garantir a qualidade microbiológica dos produtos elaborados para análise sensorial, realizada posteriormente.

Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada nos dias 10 e 60 de armazenamento, no 10º dia, em decorrência da análise microbiológica, para verificar a aceitação dos produtos elaborados, e aos 60 dias para verificar se a aceitação foi afetada pelo armazenamento. A avaliação foi aplicada em dois grupos distintos de 50 provadores não treinados, que não foram informados a respeito do tempo de armazenamento dos hambúrgueres. As amostras foram descongeladas em geladeira a ± 7 °C (Electrolux, Curitiba, PR, Brasil), colocadas em fôrmas de alumínio e submetidas a cocção em forno elétrico (Fischer Grill 44 L, Fischer, Brusque, SC, Brasil) a 180 °C por aproximadamente 25 minutos (até atingir a temperatura interna de 75 °C), sendo virados na metade do tempo, foram então cortadas em quatro pedaços uniformes, com 2,5 cm de raio, codificadas e oferecidas aos provadores a temperatura ambiente. Foi utilizado um teste de afetividade, onde foram avaliados os atributos cor, odor, sabor e aparência, utilizando uma escala hedônica estruturada de 7 pontos (1 desgostei muitíssimo e 7 gostei muitíssimo), conforme metodologia descrita pelo IAL (2008).

Avaliação Estatística

Para a composição centesimal efetuou-se análise em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco (5) antioxidantes (combinação entre eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira, Tabela 1) e duas repetições, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

em que, Y_{ij} = valor observado no i -ésimo antioxidante e j -ésima repetição; μ = média geral da variável resposta; α_i = efeito fixo do i -ésimo antioxidante; ε_{ij} = efeito aleatório associado à observação Y_{ij} , pressuposto $\varepsilon_{ij} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2)$.

Nos dados de pH, TBARS, cor e análise sensorial efetuou-se análise do experimento em parcelas subdivididas (*split plot*) com delineamento em blocos casualizados, sendo a combinação entre eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira (Tabela 1) distribuídas nas parcelas e os tempos de armazenamento (1, 30, 60, 90 e 120 dias para pH, TBARS e cor; 10 e 60 dias para sensorial) distribuídos ao acaso nas subparcelas dentro de cada parcela, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = valor observado na i -ésima parcela, j -ésimo bloco e k -ésima subparcela; μ = média geral da variável resposta; α_i = efeito fixo da i -ésima combinação entre eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira (antioxidante); β_j = efeito fixo do j -ésimo bloco; $(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito residual das parcelas (erro A); γ_k = efeito fixo do k -ésimo tempo de armazenamento; $(\alpha\gamma)_{ik}$ = efeito fixo da interação entre o i -ésimo antioxidante e o k -ésimo tempo de armazenamento; ε_{ijk} = efeito residual das sub-parcelas (erro B) ou efeito aleatório associado a ijk -ésima observação, suposto $\varepsilon_{ijk} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2)$.

Os dados foram submetidos a análise de variância univariada (ANOVA) pelo procedimento GLM, suas médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos ordinários como comando LSMEANS e comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Independente da significância dos efeitos fixos no experimento em parcela subdividida foi efetuada análise de regressão polinomial a partir dos coeficientes para interpolação dos polinômios ortogonais para investigar as alterações nas variáveis dependentes em função do tempo de armazenamento, sendo o coeficiente de determinação expresso em relação a fonte tratamentos (regressão + falta de ajuste). Além disso, foi realizada análise de correlação de Spearman entre as variáveis estudadas.

Posteriormente, os dados de pH, TBARS e cor nos distintos tempos de armazenamento foram sujeitos a análise de variância multivariada (MANOVA) complementada pela técnica discriminante canônica com o procedimento CANDISC (Khattree; Naik, 2000), em delineamento inteiramente casualizado desconsiderando-se o arranjo fatorial. O gráfico bidimensional (*scores e loadings*) foi elaborado conforme Lipkovich & Smith (2002) utilizando escalonamento JK (RMP).

As análises estatísticas foram executadas no aplicativo SAS[®] *System for Windows*[™] versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary - NC, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da composição centesimal para os diferentes hambúrgueres de carne suína. Os teores de umidade, proteína, cinzas, lipídios e carboidratos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os produtos elaborados.

Tabela 2 – Composição centesimal dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio em base úmida (g/100g de amostra).

Antioxidante	Umidade (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)
A1	59,56	16,94	3,34	18,64	1,53
A2	59,23	17,12	3,27	18,61	1,78
A3	59,85	17,16	3,33	18,21	1,47
A4	59,53	17,36	3,30	18,20	1,62
A5	59,45	17,20	3,33	18,53	1,51
Média	59,52	17,16	3,31	18,44	1,58
Valor probabilístico	0,9877	0,9313	0,6769	0,9943	0,6919
CV	1,96	2,86	1,62	7,68	14,57
EP	0,28	0,12	0,02	0,34	0,07

n=3; CV (%)= coeficiente de variação; EP= erro padrão da média.

A1: 0,200% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A2: 0,100% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A3: 0,200% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;

A4: 0,100% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;

A5: 0,150% eritorbato de sódio, 1,0% extrato de inflorescência de bananeira.

Os resultados obtidos para a composição centesimal dos hambúrgueres mostraram que todos estão de acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade do produto (BRASIL, 2000), que estabelece o valor mínimo de 15% para proteína, valor máximo de 23% para gordura e 3% para carboidratos totais. Como era esperado, não houveram diferenças significativas na composição centesimal em virtude da adição de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio.

Os resultados do efeito do extrato de inflorescência de bananeira e do eritorbato de sódio no pH dos hambúrgueres de carne suína durante os 120 dias de armazenamento (-12 °C) estão apresentados na Tabela 3. O pH variou entre 6,64 a 6,19, por se tratar de um produto congelado não ocorreu uma grande variação no pH, visto que as reações químicas e bioquímicas são desaceleradas em baixas temperaturas. As diferentes concentrações de extrato e eritorbato de sódio não afetaram significativamente o pH dos produtos. Observou-se

efeito significativo ($p < 0,05$) apenas do armazenamento. Garrido et al. (2011) também não encontraram efeito do extrato de bagaço de uva sobre o pH de hambúrgueres de carne suína armazenados por 6 dias a 4 °C.

Tabela 3 – Valores de pH e TBARS (mg MDA/kg de amostra) dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C).

AO	Armazenamento (dias)					Média ou Equação	Valor probabilístico		
	1	30	60	90	120		AO	AR	AOxAR
							0,5884	0,0001	0,9568
			pH						
A1	6,59	6,47	6,31	6,22	6,19	6,35			
A2	6,64	6,53	6,39	6,26	6,26	6,41			
A3	6,62	6,50	6,38	6,30	6,29	6,41			
A4	6,58	6,45	6,29	6,25	6,25	6,36			
A5	6,55	6,44	6,28	6,25	6,25	6,35			
Média	6,59 ^a	6,48 ^b	6,33 ^c	6,25 ^d	6,24 ^d	$\hat{y} = 6,5646 - 0,0031x$ ($r^2 = 0,92$)	CV=0,77	EP=0,02	
			TBARS				0,0001	0,0001	0,0001
A1	0,411 ^{eB}	0,657 ^{dB}	0,782 ^{cD}	0,960 ^{bD}	1,121 ^{aD}	$\hat{y} = 0,4377 + 0,0058x$ ($r^2 = 0,99$)			
A2	0,418 ^{eAB}	0,700 ^{dAB}	0,857 ^{cC}	1,023 ^{bC}	1,204 ^{aC}	$\hat{y} = 0,4577 + 0,0064x$ ($r^2 = 0,99$)			
A3	0,458 ^{eA}	0,660 ^{dB}	0,913 ^{cB}	1,164 ^{bB}	1,271 ^{aB}	$\hat{y} = 0,4624 + 0,0072x$ ($r^2 = 0,99$)			
A4	0,454 ^{eAB}	0,731 ^{dA}	1,066 ^{cA}	1,268 ^{bA}	1,394 ^{aA}	$\hat{y} = 0,4942 + 0,0081x$ ($r^2 = 0,97$)			
A5	0,440 ^{eAB}	0,722 ^{dA}	0,947 ^{cB}	1,088 ^{bB}	1,221 ^{aC}	$\hat{y} = 0,4945 + 0,00646x$ ($r^2 = 0,97$)			
Média	0,436	0,694	0,913	1,100	1,242		CV=1,23	EP=0,02	

^aMédias na mesma linha com letras iguais sobrescritas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

^AMédias na mesma coluna com letras iguais sobrescritas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

n=3; CV(%)= coeficiente de variação; EP= erro padrão da média, AO= antioxidante; AR= armazenamento.

x= Armazenamento (dias); y= pH; TBARS.

A1: 0,200% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A2: 0,100% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A3: 0,200% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;

A4: 0,100% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;

A5: 0,150% eritorbato de sódio, 1,0% extrato de inflorescência de bananeira.

Ocorreu uma diminuição linear no pH ao longo dos 120 dias de estocagem e todos os antioxidantes responderam de maneira similar. O pH dos produtos elaborados pode ter sofrido um decréscimo devido a hidrólise de lipídios, levando a formação de ácidos graxos livres (Damoradan et al., 2010). Esta redução no pH também foi relatada por Carpenter et al. (2007) em hambúrgueres crus de carne suína adicionados de extrato de uva e bearberry armazenados por 12 dias a 4 °C.

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) dos hambúrgueres ao longo do armazenamento. Houveram efeitos significativos ($p < 0,05$) do antioxidante, do armazenamento e interação entre ambos sobre a oxidação dos hambúrgueres. Os valores de TBARS aumentaram durante os 120 dias de armazenamento a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ para todos os hambúrgueres, seguindo um comportamento linear.

Hansen et al. (2004) também observaram um aumento nos valores de TBARS durante a estocagem de empanados de carne suína congelados a -10 e $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, porém, nos empanados armazenados a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a oxidação se manteve constante durante 10 meses. De acordo com Forell et al. (2010) os processos oxidativos são minimizados durante o armazenamento congelado, mas não são completamente evitados, pois alguns radicais lipossolúveis são estáveis em baixas temperaturas, podendo assim, propagar a oxidação.

Os hambúrgueres com 0,200% de eritorbato de sódio e 2,0% de extrato de inflorescência de bananeira apresentaram maior eficácia em retardar a oxidação lipídica, apresentando os menores intercepto e coeficiente angular da reta em relação aos demais. Por outro lado os hambúrgueres contendo 0,100% de eritorbato de sódio e sem adição de extrato, apresentaram menor proteção contra a oxidação lipídica, pois, tiveram maior coeficiente angular da reta, alcançando 1,394 mg MDA/kg de amostra no 120º dia. Este resultado mostrou que a combinação de eritorbato de sódio com o extrato de inflorescência de bananeira contribuiu para reduzir a oxidação lipídica. Luzia e Jorge (2009) também relataram efeito sinérgico entre o óleo de semente de limão e o antioxidante sintético TBHQ (tercbutilhidroquinona) sobre a oxidação de óleo de soja.

A legislação brasileira não apresenta limite máximo para malonaldeído/kg em produtos cárneos, porém, segundo Wood et al. (2003) valores de até 2,00 mg de MDA/kg de amostra não são percebidos pelos consumidores, e foi possível observar que durante os 120 dias de estocagem nenhum dos hambúrgueres elaborados alcançou este valor.

Os resultados demonstraram que todos os hambúrgueres acrescidos de extrato de inflorescência de bananeira (A1, A2 e A5) apresentaram valores de TBARS significativamente inferiores aos demais aos 120 dias de armazenamento (Tabela 3), evidenciando uma maior proteção oxidativa na presença do extrato. Isso se deve, provavelmente, a capacidade antioxidante da inflorescência de bananeira, relatada por Roobha et al. (2011) e Padam et al. (2012). Lee et al. (2005) também relataram um retardo na oxidação lipídica de hambúrgueres adicionados de extrato vegetal, os hambúrgueres com 500 ppm de extrato de alecrim tiveram oxidação lipídica inferior à hambúrgueres controle (sem antioxidante) e oxidação equivalente à hambúrgueres com 200 ppm de BHA (butil hidroxianisol).

Na tabela 4 estão expostos os valores médios das coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* e h° da cor instrumental dos hambúrgueres ao longo dos 120 dias de armazenamento. Para as coordenadas L^* , C^* e h° houveram efeitos significativos ($p < 0,05$) apenas para o armazenamento. a^* foi afetado ($p < 0,05$) pelo armazenamento e pela interação entre armazenamento e antioxidante e b^* teve efeito ($p < 0,05$) de antioxidante e armazenamento individualmente.

Para a coordenada L^* (luminosidade), todos os antioxidantes responderam de maneira semelhante (Tabela 4). A luminosidade seguiu um comportamento quadrático, observou-se uma queda até os 60,9 dias de armazenamento e posteriormente um aumento nos valores de L^* . Rosa et al. (2013) relataram uma diminuição no valor de L^* em hambúrgueres de carne bovina adicionados de extrato de farinha de alfarroba (*Ceratonia siliqua* L.) ao longo dos 5 meses de armazenamento. Segundo Georgantelis et al. (2007) a redução de L^* pode estar relacionado com a oxidação lipídica, que leva a formação de pró-oxidantes capazes de reagir com a oximioglobina, conduzindo a formação de metamioglobina.

Tabela 4 – Coordenadas L*, a*, b*, C* e h° de cor instrumental dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C).

AO	Armazenamento (dias)					Média ou Equação	Valor probabilístico		
	1	30	60	90	120		AO	AR	AOxAR
L* (Luminosidade)							0,0782	0,0001	0,2012
A1	63,77	60,87	62,87	61,46	62,04	62,20			
A2	63,37	59,75	62,55	61,50	61,23	61,68			
A3	62,99	59,29	60,67	60,49	60,61	60,81			
A4	62,31	58,62	61,02	59,97	61,06	60,60			
A5	61,55	59,26	62,14	61,04	61,27	61,05			
Média	62,80 ^a	59,55 ^d	61,85 ^b	60,89 ^c	61,24 ^c	$\hat{y} = 62,2435 - 0,0487x + 0,0004x^2$ (r ² =0,28)		CV= 0,97	EP=0,43
a* (Vermelhidão)							0,5736	0,0001	0,0355
A1	9,92 ^{aB}	7,07 ^{bB}	6,81 ^{bB}	6,72 ^{bA}	6,69 ^{bA}	$\hat{y} = 9,6959 - 0,0708x + 0,0005x^2$ (r ² = 0,95)			
A2	11,64 ^{aA}	7,53 ^{bcAB}	7,18 ^{bcAB}	6,58 ^{cA}	6,70 ^{cA}	$\hat{y} = 11,3575 - 0,1177x + 0,0007x^2$ (r ² = 0,93)			
A3	10,94 ^{aAB}	7,76 ^{bAB}	7,86 ^{bA}	7,00 ^{bA}	7,00 ^{bA}	$\hat{y} = 10,6189 - 0,0830x + 0,0005x^2$ (r ² = 0,93)			
A4	10,57 ^{aAB}	7,86 ^{bAB}	7,60 ^{bAB}	7,43 ^{bcA}	6,78 ^{cA}	$\hat{y} = 10,3021 - 0,0682x + 0,0003x^2$ (r ² = 0,87)			
A5	10,71 ^{aAB}	8,25 ^{bA}	7,16 ^{bcAB}	6,91 ^{cA}	7,02 ^{bcA}	$\hat{y} = 10,6046 - 0,0900x + 0,0005x^2$ (r ² = 0,90)			
Média	10,76	7,69	7,32	6,93	6,84			CV=4,03	EP=0,21
b* (Amarelamento)							0,0036	0,0025	0,5595
A1	14,70	14,14	14,50	13,96	13,96	14,25 ^B			
A2	14,53	13,89	14,62	13,71	13,96	14,14 ^B			
A3	15,01	14,66	14,65	14,43	14,01	14,55 ^A			
A4	14,98	14,88	14,75	14,51	14,21	14,66 ^A			
A5	14,59	14,19	14,05	13,77	14,58	14,23 ^B			
Média	14,76 ^a	14,35 ^{ab}	14,51 ^{ab}	14,07 ^b	14,14 ^b	$\hat{y} = 14,6720 - 0,0051x$ (r ² = 0,73)		CV=2,53	EP=0,11
C* (Saturação)							0,1457	0,0001	0,2027
A1	18,19	15,81	16,02	15,49	15,48	16,20			
A2	18,30	15,80	16,29	15,30	15,66	16,27			
A3	18,15	16,66	16,63	16,29	15,75	16,70			
A4	18,32	16,82	16,59	16,16	16,02	16,78			
A5	18,10	16,58	15,76	15,42	16,18	16,41			
Média	18,21 ^a	16,33 ^b	16,25 ^b	15,73 ^c	15,82 ^c	$\hat{y} = 18,0940 - 0,0530x + 0,0003x^2$ (r ² = 0,92)		CV= 2,10	EP=0,16
h° (Tonalidade)							0,4227	0,0001	0,0964
A1	55,50	63,49	64,92	64,18	64,14	62,44			
A2	52,24	61,59	63,75	64,44	64,63	61,33			
A3	53,42	61,78	62,68	63,55	63,44	60,97			
A4	54,35	62,20	62,80	62,73	64,52	61,32			
A5	53,12	61,34	63,02	63,72	64,52	61,14			
Média	53,72 ^c	62,08 ^b	63,43 ^a	63,72 ^a	64,25 ^a	$\hat{y} = 54,3234 + 0,2399x - 0,0014x^2$ (r ² = 0,92)		CV= 1,23	EP=0,50

^aMédias na mesma linha com letras iguais sobrescritas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p> 0,05).

^AMédias na mesma coluna com letras iguais sobrescritas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p> 0,05).

n=5; CV(%)=coeficiente de variação; EP=erro padrão da média, AO=antioxidante; AR=armazenamento.

x= Armazenamento (dias); y= L*, a*, b*, C*, h°.

A1: 0,200% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A2: 0,100% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;
A3: 0,200% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;
A4: 0,100% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;
A5: 0,150% eritorbato de sódio, 1,0% extrato de inflorescência de bananeira.

O índice a^* varia de verde ($-a^*$) a vermelho ($+a^*$), e é a coordenada de cor mais sensível na caracterização da cor vermelha e na sua estabilidade (Ramos e Gomide, 2007). Mesmo com a adição do corante carmim de cochonilha em todas as formulações houveram diferenças significativas na avaliação instrumental. Os valores de a^* sofreram uma redução ao longo do armazenamento para todos os antioxidantes (Tabela 4), ou seja, a intensidade de coloração vermelha diminuiu, seguindo um comportamento quadrático. O antioxidante A1 foi o que apresentou o menor intercepto (9,6959), enquanto A2 que apresentou o maior intercepto (11,3575), também exibiu o maior coeficiente angular (-0,1177). Devido a isso, apesar de a^* apresentar efeito significativo para a interação entre armazenamento e antioxidante a partir do 90º dia não houveram mais diferenças ($p > 0,05$) nos valores de a^* entre os antioxidantes. A redução de a^* tem sido frequentemente associada com a formação de metamioglobina, que é induzida por produtos de oxidação lipídica (Estévez; Morcuende e Cava, 2003). Tal comportamento foi evidenciado no presente estudo, sendo observada correlação negativa ($p < 0,001$) entre os valores de a^* e TBARS ($r = -0,68$) (Tabela 5).

A coordenada b^* indica a palidez, variando de azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$). Todos os antioxidantes apresentaram redução linear de b^* ao longo dos 120 dias de armazenamento (Tabela 4). Entretanto os hambúrgueres A3 e A4, sem extrato de inflorescência de bananeira, apresentaram maior ($p < 0,05$) palidez. Este resultado coincide com os valores de TBARS, pois A3 e A4 foram os hambúrgueres que apresentaram maior oxidação lipídica. De acordo com García-Esteban, Ansorena e Astiasarán, (2004) os valores de b^* podem estar relacionados com a intensidade do processo de oxidação, que tende a aumentar a cor amarela das amostras em decorrência da maior rancidez.

Tabela 5 - Coeficientes da correlação de Spearman entre as variáveis avaliadas dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C).

	pH	TBARS	L*	a*	b*	C*	h°
pH		-0,83***	0,02 ^{ns}	0,78***	0,38**	0,70***	-0,78***
TBARS			-0,21 ^{ns}	-0,68***	-0,35*	-0,60***	0,69***
L*				-0,04 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}
a*					0,40**	0,80***	-0,95***
b*						0,75***	-0,26 ^{ns}
C*							-0,70***
h°							

pH: potencial hidrogeniônico; TBARS: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; L*: luminosidade; a*: vermelhidão; b*: palidez; c*: saturação/chroma; h°: tonalidade.

^{ns}Não significativo (p>0,05); *Significativo (p<0,05); **Significativo (p<0,01); ***Significativo (p<0,001).

Nos 120 dias de estocagem os valores para o grau de saturação (C*) variaram entre 15,48 e 18,32 (Tabela 4), caracterizando um produto sem a expressão de cores vívidas, uma vez que croma (C*) expressa a intensidade da cor, assumindo menores valores para cores mais neutras (cinza) e maiores para cores vívidas (Morais et al., 2002) e, para produtos cárneos quanto maior o seu valor maior será a saturação da cor vermelha. Durante o armazenamento o grau de saturação apresentou um comportamento quadrático, análogo para todos os antioxidantes, com ponto de mínima aos 88,3 dias. Verificou-se uma redução nos valores de C*, indicando uma diminuição na vivacidade da cor vermelha dos hambúrgueres, que pode estar relacionada com o aumento da oxidação lipídica, visto que foi observada uma correlação negativa (p< 0,001) entre os valores de C* e TBARS (r = -0,60) (Tabela 5).

O ângulo de tonalidade (h°) é a grandeza associada aos comprimentos de onda do espectro visível, representando a qualidade da cor, permitindo diferenciá-la (Ramos e Gomide, 2007), e varia entre 0 e 360°, sendo que 0°/360° corresponde a +a (vermelha), 90° corresponde a +b (amarela), 180° corresponde a -a (verde) e 270° corresponde a -b (azul) (Morais et al., 2002). Os valores de h° variaram entre 52,24 e 64,63 nos 120 dias (Tabela 4),

indicando produtos com coloração entre vermelho e amarelo. Observou-se um comportamento quadrático dos valores do ângulo de tonalidade durante o armazenamento. Verificou-se um acréscimo no h° dos hambúrgueres durante a estocagem, com ponto de máxima aos 85,7 dias. A correlação positiva ($p < 0,001$) verificada entre os valores de h° e TBARS ($r = 0,69$) (Tabela 5) indica que o amarelamento dos produtos pode ter ocorrido devido à oxidação lipídica.

Com o intuito de reduzir a dimensionalidade dos dados foi realizada a análise multivariada dos mesmos. Posteriormente, foi efetuada análise discriminante canônica de acordo com os diferentes tratamentos.

A Figura 1 exibe o gráfico *biplot*, que descreve as relações entre as variáveis L^* , a^* e b^* e TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico), com os diferentes antioxidantes dos hambúrgueres (A1, A2, A3, A4 e A5) nos distintos tempos de armazenamento (1, 30, 60, 90 e 120 dias). Os dois primeiros autovalores explicaram 99,70% da variância total dos dados, sendo que a canônica 1 (CAN1) explicou 99,20% e a canônica 2 (CAN2) apenas 0,50%.

A principal informação mostrada pela CAN1 foi a separação dos hambúrgueres de acordo com o tempo de armazenamento, distinguindo-se nos quadrantes dois e três os dias 1 e 30 de armazenamento, nos quadrantes um e quatro os dias 90 e 120, e o dia 60 que situou-se próximo ao eixo central. As variáveis que apresentaram correlação ($p < 0,05$) com o eixo x (CAN1) e explicaram a variabilidade neste eixo foram TBARS, a^* e b^* . A variabilidade da CAN2 (eixo y) foi explicada ($p < 0,05$) pelas variáveis L^* e a^* , porém, não foi observada uma separação muito pronunciada entre os antioxidantes, devido a oscilação dos valores da luminosidade (L^*) dos hambúrgueres durante o armazenamento, e a CAN2 explicar uma pequena proporção da variância total dos dados analisados.

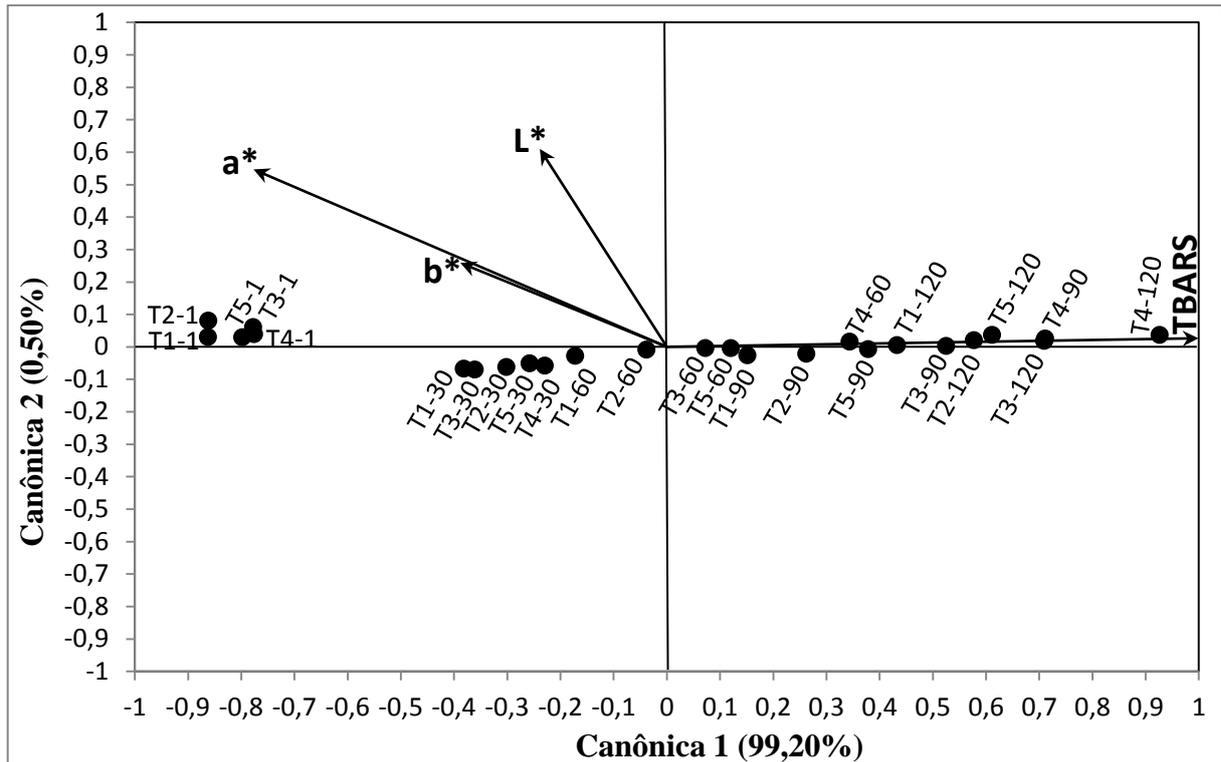


Figura 1 – Gráfico *biplot* dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio durante o armazenamento (-12 °C) em relação as variáveis L*, a*, b* e TBARS.

A1: 0,200% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;
 A2: 0,100% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;
 A3: 0,200% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;
 A4: 0,100% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;
 A5: 0,150% eritorbato de sódio, 1,0% extrato de inflorescência de bananeira.
 1; 30; 60; 90; 120: dias de armazenamento.

Fica evidente pelo gráfico *biplot* que quanto maior o tempo de estocagem, maior será os valores de TBARS e menor os índices de cor, sem diferença pronunciada dos diferentes antioxidantes nestas variáveis. Contudo, observa-se que os hambúrgueres sem extrato de inflorescência de bananeira (A3 e A4) com 90 dias ficam próximos aos demais com 120 dias, evidenciando que os mesmos são menos efetivos em relação a oxidação lipídica e a estabilidade da cor. Por outro lado, os hambúrgueres com eritorbato de sódio e extrato na concentração máxima avaliada (A1) aos 120 dias ficaram próximos aos demais com 90 dias, demonstrando que o extrato de inflorescência de bananeira contribuiu efetivamente para estabilidade de cor e oxidação lipídica. Além disso, do A1 aos 90 com os demais aos 60 dias;

do A1 aos 60 com os demais aos 30 dias; ou seja, permite um ganho de no mínimo 30 dias na estabilidade da cor e na oxidação lipídica, demonstrando a eficácia da combinação de eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira, que garantem cerca de 30 dias a mais de vida útil para o produto, resultado importante do ponto de vista industrial, pois proporciona maior período para venda do produto, facilitando sua exportação.

Este trabalho evidenciou que as técnicas de estatística multivariadas foram eficientes no tratamento dos dados e avaliação da vida útil dos hambúrgueres adicionados de eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira, os resultados obtidos por essas ferramentas podem ser interessantes no desenvolvimento de novos produtos e na comprovação da vida útil dos produtos pelas indústrias.

Avaliação Microbiológica

Verificou-se que todas as amostras de hambúrguer de carne suína encontraram-se dentro dos padrões microbiológicos exigidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001), que estabelece ausência de *Salmonella* em 25g de amostra e máximo de 3,48 Log UFC/g para *Clostridium sulfito redutor*, 3,7 Log UFC/g para *Staphylococcus* coagulase positiva e 3,7 Log UFC/g para Coliformes a 45°C (resultados não mostrados).

Avaliação sensorial

Para verificar a aceitabilidade dos produtos elaborados os atributos cor, odor, sabor e aparência foram avaliados nos hambúrgueres assados, aos 10 e 60 dias de armazenamento. As médias dos escores atribuídos pelos provadores através da escala hedônica de 7 pontos estão apresentadas na Tabela 6. Todos os atributos avaliados, em ambas as análises sensoriais, tiveram médias em torno de 5, classificado como “gostei moderadamente” na escala hedônica, estes escores podem estar relacionados com a falta de hambúrguer de carne suína no mercado.

Tabela 6 – Resultados da análise sensorial dos hambúrgueres de carne suína elaborados com diferentes concentrações de extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio, nos dias 10 e 60 de armazenamento a -12°C.

AO	Armazenamento (dias)		Média	Valor probabilístico		
	10	60		AO	AR	AOxAR
	Cor			0,7460	0,0001	0,0950
A1	5,02	5,15	5,09			
A2	4,89	5,31	5,10			
A3	4,43	5,48	4,96			
A4	4,96	5,14	5,05			
A5	4,84	5,40	5,12			
Média	4,83 ^b	5,3 ^a			CV=9,95	EP=0,050
	Odor			0,0037	0,0677	0,0406
A1	5,35 ^A	5,11 ^A	5,23			
A2	4,80 ^{AB}	5,01 ^A	4,91			
A3	4,48 ^B	5,09 ^A	4,79			
A4	4,79 ^{AB}	4,74 ^A	4,77			
A5	4,96 ^{AB}	5,26 ^A	5,11			
Média	4,88	5,04			CV=10,44	EP=0,054
	Sabor			0,0001	0,0386	0,3578
A1	5,60	5,77	5,69 ^A			
A2	4,97	5,35	5,16 ^B			
A3	5,01	5,50	5,26 ^{AB}			
A4	4,96	4,85	4,91 ^B			
A5	5,02	5,15	5,09 ^B			
Média	5,17 ^b	5,32 ^a			CV=10,78	EP=0,061
	Aparência			0,4671	0,0001	0,2708
A1	5,15	5,28	5,22			
A2	5,00	5,41	5,21			
A3	4,70	5,39	5,05			
A4	5,05	5,36	5,21			
A5	4,76	5,36	5,06			
Média	4,93 ^b	5,36 ^a			CV=9,70	EP=0,048

^aMédias na mesma linha com letras iguais sobrescritas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

^AMédias na mesma coluna (para cada atributo) com letras iguais sobrescritas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

n=50; CV(%)= coeficiente de variação; EP= erro padrão da média, AO= antioxidante; AR= armazenamento.

Escores: 1= desgostei muitíssimo; 2= desgostei muito; 3= desgostei moderadamente; 4= indiferente; 5= gostei moderadamente; 6= gostei muito; 7= gostei muitíssimo.

A1: 0,200% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A2: 0,100% eritorbato de sódio, 2,0% extrato de inflorescência de bananeira;

A3: 0,200% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;

A4: 0,100% eritorbato de sódio, 0% extrato de inflorescência de bananeira;

A5: 0,150% eritorbato de sódio, 1,0% extrato de inflorescência de bananeira.

Os atributos cor e aparência não foram afetados pela adição de diferentes concentrações de eritorbato de sódio e extrato de inflorescência de bananeira, apresentando apenas efeito ($p < 0,05$) de armazenamento. Em ambos os atributos foi observado um aumento dos escores no 60º dia de armazenamento.

O sabor dos produtos elaborados sofreu efeito ($p < 0,05$) individual de antioxidante e de armazenamento. Entre os antioxidantes, A1 e A3 apresentaram melhores escores, sendo A1 adicionado de 0,200% de eritorbato de sódio e 2,0% de extrato e A3 acrescido de 0,200% de eritorbato, demonstrando que mesmo o eritorbato conferindo um melhor sabor ao produto a adição de extrato não foi prejudicial. Observou-se também uma melhora no sabor aos 60 dias de armazenamento, evidenciando que a oxidação lipídica, que no dia 60 ficou entre 0,782 e 1,066 mg MDA/kg de amostra (Tabela 3), não foi perceptível.

O odor dos hambúrgueres foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelo antioxidante e pela interação entre armazenamento e antioxidante, aos 10 dias de armazenamento o antioxidante A1 foi o que apresentou os melhores escores, mostrando que a adição de extrato de inflorescência de bananeira juntamente com o eritorbato de sódio pode ser benéfica ao odor do produto, no 60º dia de armazenamento não foi observado diferença entre os hambúrgueres.

A análise sensorial dos hambúrgueres elaborados, em ambos os dias de armazenamento, demonstrou que as concentrações aplicadas do extrato de inflorescência de bananeira e eritorbato de sódio não interferiram negativamente na qualidade sensorial do produto. Estes resultados estão de acordo com outros estudos que avaliaram hambúrgueres adicionados de antioxidantes naturais e sintéticos. Milani et al. (2012) não encontraram diferença sensorial perceptível quando compararam amostras de hambúrguer controle (sem antioxidantes) com amostras adicionadas de extrato de caqui ou eritorbato de sódio. Lee et al. (2005) compararam hambúrgueres adicionados de extrato de alecrim, BHA

(Butilhidroxianisol) e sem adição de antioxidantes, e também não obtiveram diferenças entre os tratamentos.

CONCLUSÃO

A adição de extrato hidroetanólico de inflorescência de bananeira (*Musa cavendishii*) e eritorbato de sódio não interferiram negativamente nas características físico-químicas e sensoriais dos hambúrgueres elaborados, que apresentaram boa aceitabilidade pelos provadores.

Os níveis de TBARS mostraram que o extrato de inflorescência de bananeira concomitantemente com o eritorbato de sódio foi eficaz em retardar a oxidação lipídica dos hambúrgueres de carne suína armazenados a -12 °C, sendo os hambúrgueres adicionados de 0,200% de eritorbato de sódio e 2,0% de extrato (A1) os que apresentaram menor oxidação lipídica após os 120 dias de armazenamento. Além disso, os hambúrgueres sem adição de extrato apresentaram maior amarelamento (b*) que os demais.

A aplicação do extrato de inflorescência de bananeira em hambúrguer de carne suína se mostrou uma alternativa viável como fonte de antioxidante natural, sendo este eficaz na manutenção dos atributos de qualidade ao longo do armazenamento do produto, viabilizando a utilização industrial da inflorescência da bananeira e possibilitando a agregação de valor aos resíduos gerados na produção da banana.

BIBLIOGRAFIA:

AOAC. Association Official Analytical Chemists (2005) **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg, Maryland

BRASIL (1998) Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1004 de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de função dos aditivos e seus limites máximos de uso para a Categoria – Carnes e Produtos Cárneos

BRASIL (2000) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000

BRASIL (2001) Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Direção Colegiada nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos

BRASIL (2003) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003

Borges SV, Mancini MC, Corrêa JLG, Leite J (2010) Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. *Ciênc Tecnol Aliment* 30(3):605-612

Botsoglou E, Govaris A, Ambrosiadis I, Fletouris D, Papageorgiou G (2014) Effect of olive leaf (*Olea europaea L.*) extracts on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties enriched with n-3 fatty acids. *J Sci Food Agric* 94(2):227-234

Carpenter R, O'grady MN, O'callaghan YC, O'brien NM, Kerry JP (2007) Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat Sci* 76(4):604–610

Celeghini RMS, Yariwake JH, Lanças FM (2007) Otimização das condições de extração hidroalcoólica das furanocoumarins de *Dorstenia brasiliensis* Lam. Por maceração com ultrassom e análise quantitativa por CLAE/UV e fluorescência. *Rev Bras Plantas Med* 9(2):61-66

Damoradan S, Parkin K, Fennema, OR (2010) *Química de Alimentos de Fennema*. Artmed, Porto Alegre

Devatkal, SK, Kumboj R, and Paul D (2014). Comparative antioxidant effect of BHT and water extracts of banana and sapodilla peels in raw poultry meat. *J Food Sci Technol* 51(2):387–391

Ebrahimabadi AH, Ebrahimabadi EH, Djafari-Bidgoli Z, Kashi FJ, Mazoochi A, Batooli H (2010) Composition and antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and extracts of *Stachys inflata* Benth from Iran. *Food Chem* 119(2):452-458

Estévez M, Morcuend D, Cava R (2003) Oxidative and colour changes in meat from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and from industrial pig during refrigerated storage. *Meat sci* 65(3):1139-1146

Forell SCP, Ranalli N, Zaritzky NE, Andrés SC, Califano AN (2010) Effect of type of emulsifiers and antioxidants on oxidative stability, color and fatty acid profile of low-fat beef burgers enriched with unsaturated fatty acids and phytosterols. *Meat Sci* 86(2):364-370

García-Esteban M, Ansorena D, Astiasarán I (2004) Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality. *Meat Sci* 67(1):57-63

Garrido MD, Auqui M, Martí N, Linares MB (2011) Effect of two different red grape pomace extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers. *Food Sci Technol* 44(10):2238-2243

Georgantelis D, Blekas G, Katikou P, Ambrosiadis I, Fletouris DJ (2007) Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Sci* 75(2):266-274

Hansen E, Lauridsen L, Skibsted LH, Moawad RK, Andersen ML (2004) Oxidative stability of frozen pork patties: Effect of fluctuating temperature on lipid oxidation. *Meat Sci* 68(2):185–191

IAL (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4th ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo

IBGE (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Rio de Janeiro. 25(2): 1-88. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202.pdf

Kanner J (2007) Dietary advanced lipid oxidation end products are risk factors to human health. *Mol Nutr Food Res* 51(9):1094–1101

Khattree R, Naik DN (2000) Multivariate data reduction and discrimination with SAS Software. North Carolina: SAS Institute.

Lee JW, Park KS, et al. (2005) Combined effects of gamma irradiation and rosemary extract on the shelf-life of a ready-to-eat hamburger steak. *Radiat Phys Chem* 72(1):49-56

Lipkovich I, Smith EP (2002) Biplot and singular value decomposition macros for Excel. *J Stat Softw* 7(5):1-15.

Luzia DMM, Jorge N (2009) Ação antioxidante do extrato de sementes de limão (*Citrus limon*) adicionado ao óleo de soja sob processo de termoxidação. *Rev Inst Adolfo Lutz* 68(1):58-63

Milani LIG, Terra NN, Fries LLM, Kubota EH (2012) Efeito de extratos de caqui (*Diospyros kaki* L.) cultivar Rama Forte e do extrato oleoso de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) nas características sensoriais e na estabilidade da cor de hambúrguer de carne bovina congelado. *Semina: Ciências Agrárias* 33(3):1085-1094

Morais PLD, Filgueiras HAC, Pinho JLND, Alves RE (2002) Ponto de colheita ideal de mangas ‘Tommy Atkins’ destinadas ao mercado europeu. *Rev Bras Frutic* 24(3):671-675

Oke F, Aslim B, Ozturk S, Altundag S (2009) Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chem* 112(4):874-879

Padam BS, Tim HS, Chye FY, Abdullah MI (2012) Antibacterial and antioxidative activities of the various solvent extract of banana (*Musa paradisiaca* cv. Mysore) inflorescences. *J Biol Sci* 12(2):62-73

- Pereira MG (2009) Aplicação de Antioxidantes Naturais em Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Ave. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria
- Raharjo S, Sofos JN, Schmidt GR (1992) Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid–C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *J Agric Food Chem* 40(11):2182-2185
- Ramos EM, Gomide LAM (2007) Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologia. Viçosa: UFV.
- Roobha JJ, Saravanakumar M, Aravinthan KM, Devi PS (2011) Antioxidant analysis of anthocyanin extracted from *Musa acuminata* bract. *J Pharm Res* 4(5):1488-1492
- Rosa CS, Kubota E, Stein M, Nogara GP, Vizzoto M (2013) Avaliação do efeito de extrato de farinha de alfarroba (*Ceratonia siliqua L.*) na estabilidade oxidativa e cor de hambúrgueres congelados. *Semina: Ciências Agrárias* 34(5):2277-2286
- Shahidi F, Zhong Y (2008) Bioactive peptides. *J. AOAC Int* 91(4):914–931
- Soto Ballester M (1992) Bananos: cultivo y comercialización. 2 ed. San José: Litografía e Imprenta LIL
- Soyer A, Özalp B, Dalmiş U, Bilgin V (2010) Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chem* 120(4):1025–1030
- Terra N N (1998) Apontamentos de tecnologia de carnes. São Leopoldo: Unisinos
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, et al. (2004) Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci* 66(1):21-32

5. Conclusões

Os resultados do presente estudo mostraram que a inflorescência de bananeira da espécie *Musa cavendishii* é rica em fibras (52,16 g/100g de base seca) e minerais (4,22 g/100g de base seca), e que seus extratos apresentam potencial como agente antioxidante. Os maiores teores de compostos fenólicos (1690,00 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de amostra seca) e flavonóides (354,90 mg equivalentes de rutina/100 g) e melhor atividade antioxidante (IC₅₀ de 0,31 mg/mL) foram obtidos quando utilizadas maiores temperaturas de extração (60 °C), com concentração de etanol de 50% por 30 minutos sob agitação convencional, sem emprego do ultrassom. Foi verificada uma relação entre o conteúdo de fenólicos e flavonóides totais e a capacidade antioxidante *in vitro*, evidenciando que estes compostos são os principais responsáveis pelo potencial antioxidante dos extratos de inflorescência de bananeira.

A adição de extrato de inflorescência de bananeira não teve efeito sobre o pH e a composição centesimal dos hambúrguer de carne suína e manteve as características sensoriais dos produtos, que apresentaram boa aceitabilidade pelos provadores, com médias em torno de 5 na escala hedônica de 7 pontos. A intensidade da coloração vermelha (a*) diminuiu durante o armazenamento para todos os tratamentos, e os hambúrgueres sem adição de extrato apresentaram maior amarelamento (b*). Os níveis de TBARS mostraram que o extrato de inflorescência de bananeira concomitantemente com o eritorbato de sódio foi eficaz em retardar a oxidação lipídica dos hambúrgueres de carne suína armazenados a -12 °C, sendo mais eficiente o tratamento T1, adicionado de 0,200% de eritorbato de sódio e 2,0% de extrato, que aos 120 dias de armazenamento apresentou 1,121 mg MDA/kg de amostra, além disso, todos os tratamentos acrescidos de extrato apresentaram valores de TBARS significativamente inferiores aos demais após os 120 dias de armazenamento.

A inflorescência de bananeira se mostrou uma fonte potencial de compostos antioxidantes, e seu extrato apresentou resultados satisfatórios em garantir a vida de prateleira de hambúrgueres de carne suína frente à oxidação lipídica, sem causar prejuízos às características físico-químicas e sensoriais do produto. Isso torna viável a aplicação industrial da inflorescência de bananeira, possibilitando a agregação de valor aos resíduos gerados na produção da banana.

6. Bibliografia

- AHN, J.; GRUN; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. **Food Microbiology**, London, v. 24, n. 1, p. 7-14, 2007.
- ALBU, S., JOYCE, E., PANIWNKY, L., LORIMER, P., MASON, J. (2004). Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 11, p. 261–265, 2004.
- ALOTHMAN, M., BHAT, R., KARIM, A.A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**. v. 115, p. 785–788, 2009.
- ALVES, E. J. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2 ed. Brasília: Embrapa – SPI; Cruz das Almas: Embrapa – CNPMF, 1999. 585 p.
- ANDREO, D.; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 2, jul./dez. 2006
- ARAUJO, W. M. C.; MONTEBELLO, N. P.; BOTELHO R. B. A.; BORGIO L. A. **Alquimia dos Alimentos**. 2 ed. Brasília: Senac Distrito Federal, 2008.
- BORBA, H.; SCATOLINI-SILVA, A.M.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; BOIAGO, M. M.; SOUZA, P. A. Características físico-químicas e sensoriais de embutido fresco de aves de descarte preparado com diferentes antioxidantes naturais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v. 13, n. 2, p. 360-370, 2012.
- BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; AMBROSIADIS, I.; FLETOURIS, D.; PAPAGEORGIOU, G. Effect of olive leaf (*Olea europea L.*) extracts on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties enriched with n-3 fatty acids. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v. 94, n. 2, p. 227-234, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998: Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos. Brasília, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretária da Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20 de 31 de julho de 2000. Aprova Regulamentos Técnicos de Identidade de Qualidade de Derivados Cárneos. Anexo IV- Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.12-17, 2000.

BUCK, D. F. Antioxidants in soya oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**. Champaign v. 58, p. 275-278, 1981.

CAILLET, S.; LESSARD S.; LAMOUREUX, G.; LACROIX, M. Umu test applied for screening natural antimutagenic agents. **Food Chemistry**. v. 124, n. 4, p. 1699-1707, 2011.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: fisiologia dos cultivos** – Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 864p. 2008

CONDE, E.; CADAHÍA, E.; GARCIA-VALLEJO, M. C.; SIMÓN, B. F. Polyphenolic composition of *Quercus suber* cork from different spanish provenances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n. 8, p. 3166-3171, 1998.

CORONADO S. A.; TROUT G. T.; DUNSHEA F.R. ; SHAH, N. P. Antioxidant effects of rosemary extract and whey powder on the oxidative stability of wiener sausages during 10 months frozen storage. **Meat Science**, v. 62, p.217–224, 2002.

DEVATKAL, S.K.; KUMBOJ, R.; PAUL, D. Comparative antioxidant effect of BHT and water extracts of banana and sapodilla peels in raw poultry meat. **Journal Food Science and Technology**. v. 51, n. 2, p. 387–391, 2014.

DURAN R. M.; PADILLA, R. B. Actividad antioxidante de los compuestos fenolicos. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v.44, n.2, p.101-106, 1993.

EBRAHIMABADI, A.H.; EBRAHIMABADI, E.H.; DJAFARI-BIDGOLI, Z.; KASHI, F.J.; MAZOOCHI, A.; BATOOLI, H. Composition and antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and extracts of *Stachys inflata* Benth from Iran. **Food Chemistry**. v.119, n. 2, p. 452-458, 2010.

EMAGA, T. H., ANDRIANAIVO, R. H., WATHELET, B., TCHANGO, J. T., & PAQUOT, M. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 590–600, 2007.

FAO (Food and Agriculture Organization). FAO statistical databases. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 05 jan. 2014.

FARMER, E. H.; BLOOMFIELD, G. G.; SUNDRALINGAM, S.; SUTTON, D. A.; **Transactions of the Faraday Society**, v. 38, p. 348, 1942.

GANGA, R.M.D. Resultados parciais sobre o comportamento de seis cultivares de banana (*Musa spp*) em Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém. Anais... Belém Embrapa/DDT, 2002.

GONZÁLEZ-MONTELONGO R.; LOBO M. G.; GONZÁLEZ M. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1030–1039, 2010.

GORDON, M. H. The mechanism of antioxidant action *in vitro*. In: HUDSON, B. J. F. **Food antioxidants**. Elsevier Applied Science, p. 1-18, 1990.

GUAN, Y; CHU, Q.; FU, L.; WU, T.; YE, J. Determination of phenolic antioxidants by micellar electrokinetic capillary chromatography with electrochemical detection. **Food chemistry**. v. 94, n. 1, p. 157-162, 2006.

HAMILTON, R. J. The chemistry of rancidity in foods. In: HAMILTON, R. J.; ALLEN, J. C. **Rancidity in foods**. 3th ed. London: Blackie Academic & Professional, p. 1-21, 1994.

HAUTRIVE, T.P.; MARQUES, A.C.; KUBOTA, E. H. Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de avestruz, suíno, bovino e frango. **Alimentos e Nutrição**. v. 23, n. 2, p. 327-334, 2012.

HAYOUNI, E. A.; ABEDRABBA, M.; BOUIX, M. HAMDI, M. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruits extracts. **Food Chemistry**, v. 105, n.3, p. 1126-1134, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: Aquisição Alimentar Domiciliar *per Capita* Brasil e Grandes Regiões – Tabela aquisição alimentar domiciliar *per capita* anual. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/tabelas_pdf/tab111.pdf. Acesso em 06/11/2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/comentarios.pdf>. Acesso em 09/11/2012.

KÄHKÖNEN, M.P., HOPIA, A.I., VUORELA, H.J., RAUHA, J.-P., PIHLAJA, K., KUJALA, T.S., HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **J. Agric. Food Chem.**, Columbus, v. 47, p. 3954-3962, 1999.

KANAZAWA K. & SAKAKIBARA H. High Content of Dopamine, a Strong Antioxidant, in Cavendish Banana. **J. Agric. Food Chem.**, v. 48, p. 844-848, 2000.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.

KITDAMRONGSONT Kasipong et al. Anthocyanin composition of wild bananas in Thailand. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 22, p. 10853-10857, 2008.

KOH, T. S.; Ultrasonic preparation of ta-free biological-materials for elemental analysis. **Analytical Chemistry**. v. 55, n. 11, p. 1814-1815. 1983.

LIMA, M. B.; SILVA, S. O.; FERREIRA, C. F. **Banana: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 182 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

LIST, P. H.; SCHMIDT, P. C. **Phytopharmaceutical Technology**. Boca Raton: CRC, 1989. 374 p.

MACÍAS-SÁNCHEZ, M.D.; MANTELL, C.; RODRÍGUEZA, M.; MARTÍNEZ DE LA OSSAA E.; LUBIÁN, L. M.; MONTERO, O. Comparison of supercritical fluid and ultrasound-assisted extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Dunaliella salina*. **Talanta**, v. 77, n. 3, p. 948-952, 2009.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

MELECCHI, Maria Inês Soares. **Caracterização química de extratos de *Hibiscus tiliaceus* L: estudo comparativo de métodos de extração**. 2005. 218 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MICHELIS, I.; AMSON, G.; VAZ, S.K.; FONTOURA, P.S.G.; FREITAS, R.J.S.; MASSON, M.L. Determinação da perda de peso e encolhimento de hambúrgueres bovinos. **Revista Higiene Alimentar**, v.20, n.144, setembro, p. 72-78, 2006.

MOKBE, M. S.; HASHINAGA, F. Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v. 1, n. 3, p. 125, 2005.

MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M.; RUIZ, J.; CAVA, R. Oxidative and lipolytic deterioration of different muscles from free-range reared Iberian pigs under refrigerated storage. **Meat Science**. v. 65, n. 4, p. 1.157-1.164, 2003.

MOURA, F. A.; Glória Silva Lameiro, M.; TAVARES, R. A.; DIAS, A. R. G.; HELBIG, E., BUCHWEITZ, M. R. D. Consumo de ácidos graxos mono e poliinsaturados e suplementação com niacina e piridoxina sobre o perfil lipídico de ratos wistar adultos. **Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição**, v. 23, n.1, p. 65-72, 2012

OKE, F.; ASLIM, B.; OZTURK, S.; ALTUNDAG, S. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. **Food Chemistry**. v. 112, n. 4, p. 874-879, 2009.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 33-49.

PADAM, B. S.; TIM, H. S.; CHYE, F. Y.; ABDULLAH, M.I. Antibacterial and antioxidative activities of the various solvent extract of banana (*Musa paradisiaca* cv. Mysore) inflorescences. **Journal of Biological Sciences**. v. 12, n. 2, p. 62-73, 2012.

PANIWNYK, L.; BEAUFOY, E.; LORIMER, J. P.; MASON, T.J. The extraction of rutin from flower buds of *Sophora japonica*. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 8, p. 299– 302, 2001.

PANIWNYK, L.; CAI, H.; ALBU, S.; MASON, T.J.; COLE, R. The enhancement and scale up of the extraction of anti-oxidants from *Rosmarinus officinalis* using ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 16, p. 287–292, 2009.

PASCUAL, J.V.; RAFECAS, M.; CANELA, M.A.; BOATELLA, J.; BOU, R.; BARROETA, A. C.; CODONY, R. Effect of increasing amounts of a linoleic-rich dietary fat on the fat composition of four pig breeds. Part II: Fatty acid composition in muscle and fat tissues. **Food chemistry**. v. 100, n. 4, p. 1639-1648, 2007.

PEREIRA, M. G. **Aplicação de Antioxidantes Naturais em Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Ave**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

PERINI, J.A.L.; STEVANATO, F. B.; SARGI, S.C.; VISENTAINER, J.E.L.; DALALIO, M.M.O., et al. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**. v.23. n.6, p.1075-1086, 2010.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, p. 1–11, 2007.

POKORNY, J. Natural antioxidants for food use. **Trends in Food Science and Technology**, v. 2, n. 9, p. 223-227, 1991.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RIBEIRO, M. A.; BERNARDO-GIL, M. G.; ESQUÍVEL, M. M. *Melissa officinalis*, L.: study of antioxidant activity in supercritical residues. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 21, n. 1, p. 51–60, 2001.

ROJAS, M. C.; BREWER, M. S. Effect of Natural Antioxidants on Oxidative Stability of Cooked, Refrigerated Beef and Pork. **Journal of Food Science**. v. 72, n. 4, p. 282-288, 2007.

ROOBHA, J. J.; SARAVANAKUMAR, M.; ARAVINTHAN, K. M.; DEVI, P. S. Antioxidant analysis of anthocyanin extracted from *Musa acuminata* bract. **Journal of Pharmacy Research**, v. 4, n. 5, p. 1488-1492, 2011.

ROPPA, L. O valor nutritivo dos cortes suínos, 2001. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br>

SAAD, B., SING, Y. Y., NAWI, M. A., HASHIM, N., MOHAMED ALI, A. S., SALEH, M. I., et al. Determination of synthetic phenolic antioxidants in food items using reversed-phase HPLC. **Food Chemistry**. v. 105, n. 1, p. 389-394, 2007.

SAMPELS, S.; PICKOVA, J.; WIKLUND, E. Fatty acids, antioxidants and oxidation stability of processed reindeer meat. **Meat Science**. v. 67, p. 523–532, 2004.

SARAVANAN K.; ARADHYA, S. M. Polyphenols of pseudostem of different banana cultivars and their antioxidant activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 59, n. 8, p. 3613–3623, 2011.

SARGENTI, S. R.; VICHNEWSI, W. Sonication and liquid chromatography as a rapid technique for extraction and fractionation of plant material. **Phytochemical Analysis**. v. 11, n. 2, p. 69-73. 2000.

SÁYAGO-AYERDI S.G.; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **Food Science and Technology** v. 42, p. 971–976, 2009.

SELANI, M.M.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J.; SHIRAHIGUE, L.D.; GALLO, C.R.; PLATA-OVIEDO, M.; MONTES-VILLANUEVA, N.D. Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. *Meat science*. v. 88, n. 3, p. 397-403, 2011.

SHAH, M.P., REDDY, G.V., BANERJEE, R., BABU, P.R., KOTHARI, I.L. Microbial degradation of banana wast under solid state bioprocessing using two lignocellulolytic fungi (Phylosticta spp. MPS-001 and Aspegillus spp. MPS-002) **Process biochemistry**. v. 40, p. 445-451, 2005.

SHAIKI, F; NACZK, M. Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: **Technomic Publishing**, p. 281-319, 1995.

SILVA NETO, S. P. da; GUIMARÃES, T. G. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no mundo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/287/>>. Acesso em: 05 jan. 2011.

SOFFNER, Maria de Lourdes Aparecida Prudente. **Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOMEYA, S., YOSHIKI, Y., & OKUBO, K. Antioxidant compounds from bananas (Musa Cavendish). **Food Chemistry**, v. 79, p. 351–354, 2002.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2 ed. San José: Litografía e Imprenta LIL, 1992. 674 p.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S., et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais, **Química Nova**. v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

USDA (United States Department of Agriculture) Disponível em: <<http://www.usda.gov>>
Acesso em: 16 abr. 2014.

7. Apêndices

Apêndice A - Modelo da ficha utilizada na análise sensorial

Instrumento para Avaliação Sensorial

Nome: _____ Data: ____/____/____

Gênero: M () F () Idade: 19-30 () 31-50 () + de 51 ()

Você está recebendo uma amostra codificada de hambúrguer de carne suína, por favor, prove-a e marque com um “X”, através da escala, o quanto gostou ou desgostou dos seguintes atributos do produto:

Código da amostra: _____

ESCALA	COR	ODOR	SABOR	APARENCIA
GOSTEI MUITÍSSIMO				
GOSTEI MUITO				
GOSTEI				
INDIFERENTE				
DESGOSTEI				
DESGOSTEI MUITO				
DESGOSTEI MUITÍSSIMO				

Comentários:

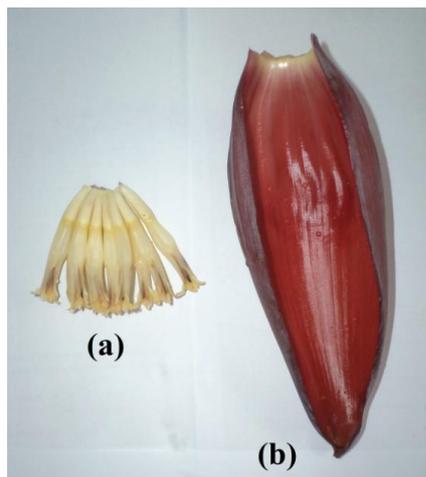
Obrigada pela participação!

Apêndice B – Cacho de banana em desenvolvimento com inflorescência de bananeira.



Fonte: acervo pessoal do autor.

Apêndice C – (a) Flores masculinas e (b) brácteas da inflorescência de bananeira.



Fonte: acervo pessoal do autor.

Apêndice D – Corte longitudinal da inflorescência de bananeira.



Fonte: acervo pessoal do autor.