**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Resíduo de cebola (*Allium cepa* L.) como conservante natural em carne

Antônio Thiago Matos Carvalho Santana

Dissertação para obtenção do título de Mestre em
Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de
Alimentos

**Piracicaba
2015**

Antônio Thiago Matos Carvalho Santana
Engenheiro de Alimentos

Resíduo de cebola (*Allium cepa* L.) como conservante natural em carne

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Prof^ª Dr^ª **JOCELEM MASTRODI SALGADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Santana, Antônio Thiago Matos Carvalho

Resíduo de cebola (*Allium cepa* L.) como conservante natural em carne /
Antônio Thiago Matos Carvalho Santana. - - versão revisada de acordo com a
resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

75 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Conservantes naturais 2. Casca de cebola 3. Conservação de produtos cárneos
4. Atividade antioxidante I. Título

CDD 664.80525
S232r

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor"

DEDICATÓRIA

A minha avó Josefa Elizete Lima Matos (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado forças para trilhar esse caminho durante esses anos de estudo distantes do lar e família.

Agradeço ao bem mais precioso em minha vida, minha mãe Wilma, a quem devo a pessoa que sou hoje. Seus ensinamentos me fizeram alcançar inúmeros objetivos e é essa base que me sustenta e me impulsiona a ir cada vez mais longe, tenho orgulho em ser seu filho.

Agradeço ao meu pai João Batista por me apoiar incondicionalmente proporcionando oportunidades ímpares de crescimento.

Aos meus irmãos Diego e João, pessoas especiais em minha vida com as quais sempre pude contar juntamente com minha cunhada Alibiana e sobrinhas Victória e Iasmim.

À minha orientadora, Dr^a Jocelim Mastrodi Salgado por ter me acolhido tão bem em seu laboratório e acreditado em meu trabalho. Suas orientações foram imprescindíveis ao meu crescimento profissional e pessoal.

Ao professor Dr. Keigo Minami da ESALQ/USP pela colaboração com a doação das amostras utilizadas nessa pesquisa.

Ao professor Dr. Carlos Labate e a técnica Mônica Labate por terem auxiliado em uma importante etapa do experimento bem como na utilização da estrutura e equipamentos do laboratório de genética – ESALQ/USP.

À doutoranda Miriam Selani da ESALQ/USP pela colaboração nas análises de oxidação lipídica.

À doutoranda e amiga Kélin Schwarz pela ajuda nas análises estatísticas e pela disponibilidade em sempre me ajudar na elaboração dessa dissertação.

Às minhas conterrâneas mato-grossenses Maressa e Patrícia e também a amiga mineira Gabi Silva. Mesmo estando longe de casa a companhia de vocês trouxe o afago de um lar e fez os meus dias em Piracicaba muito mais leves.

Agradeço em especial à minha amiga Maressa por quem tenho imensa admiração. Desejo muito sucesso e que a pequena Helena traga ainda mais alegrias a você e sua nova família.

Ao GEAF – Grupo de Estudos em Alimentos Funcionais, do qual tenho o orgulho e prazer em ter pertencido. Às estagiárias do grupo, em especial a Jéssica Aranha, Jéssica Scatolin, Marina e Bruna Murilha pelo excelente trabalho de apoio.

Às companheiras de laboratório e GEAF: Maressa, Patrícia, Fúvia, Kélin e Gizele. Trabalhar com vocês não era uma obrigação e sim uma diversão diária, com muita alegria e descontração, mas claro sempre cumprindo com as nossas obrigações como um grupo de estudos.

À amiga Marina Lamounier que mesmo estando longe no momento, contribuiu com seu companheirismo e amizade, me ouvindo e aconselhando em todos os momentos, incluindo naqueles mais difíceis.

Às amigas-parceiras de Piracicaba, Anirene, Carol Fiori e Adriana por proporcionarem momentos regados de muitas risadas e diversão.

Em especial a Anirene, pessoa iluminada a qual me identifiquei desde o primeiro momento que conheci. Desejo muito sucesso e que nossa amizade perdure o resto da vida.

Aos colaboradores do Laboratório de Nutrição Humana: Vana, Helô e Débora; pelo apoio a pesquisa, momentos de café e também fofoca. Vocês me acolheram e fizeram do laboratório uma terceira casa.

À professora Dr^a Éllen Cristina de Souza pela amizade e constante auxílio na construção de minha formação científica.

À CAPES pela bolsa concedida para a realização do mestrado.

Aos amigos Paulinha, Cíntia, Yasmim, Camila, Renata, Ana Cláudia, Bruna Luz, Robson, que sempre torceram e ajudaram na concretização dessa conquista.

E a todos aqueles que por ventura não foram citados, mas que contribuíram diretamente ou não na realização dessa pesquisa.

*“O mestre é o prolongamento do amor paterno,
é o complemento da ternura das mães
e o guia zeloso dos primeiros passos”.*

Raul Pompeia

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1.1 Cebola (<i>Allium cepa</i> L.).....	19
2.1.1.1 Composição da cebola	19
2.1.1.2 Compostos bioativos	21
2.1.1.2.1 Resíduo de cebola como fonte antioxidante	22
2.1.2 Flavonoides como conservantes naturais	24
2.1.2.1 Atividade antioxidante.....	24
2.1.2.2 Mecanismos da ação antioxidante dos flavonoides	25
2.1.3 Produtos cárneos.....	26
2.1.3.1 Características e aspectos da carne	26
2.1.4 Oxidação lipídica.....	27
2.1.4.1 Importância da oxidação lipídica para a qualidade dos alimentos	28
2.1.4.2 Parâmetros de qualidade afetados pela oxidação lipídica em carnes	29
2.1.4.2.1 Sabor e aroma	30
2.1.4.2.2 Cor	30
2.1.4.2.3 Valor nutricional.....	31
2.1.4.3 Vias pelas quais ocorre a oxidação lipídica em produtos cárneos.....	31
2.1.4.3.1 Auto-oxidação	32
2.1.4.3.2 Fotoxidação	32
2.1.4.3.3 Termoxidação	33
2.1.4.4 Fatores que influenciam a oxidação lipídica em produtos cárneos	33
2.1.4.4.1 Composição química da carne de frango.....	34
2.1.4.4.2 Luminosidade	34
2.1.4.4.3 Composição gasosa.....	35
2.1.4.4.4 Temperatura.....	35
2.1.4.5 Flavonoides como alternativa à oxidação lipídica.....	36
2.2 Material e métodos	37

2.2.1 Preparo das amostras e processamento dos resíduos de cebolas	37
2.2.2 Caracterização química dos pós de diferentes variedades de cebola	38
2.2.2.1 Composição centesimal.....	38
2.2.2.1.1 Umidade	38
2.2.2.1.2 Resíduo mineral fixo (cinzas)	38
2.2.2.1.3 Extrato etéreo	39
2.2.2.1.4 Proteína bruta	39
2.2.2.1.5 Fibra solúvel, insolúvel e total	39
2.2.2.1.6 Extrato não nitrogenado	39
2.2.2.2 Compostos bioativos	39
2.2.2.2.1 Atividade antioxidante pelo método DPPH	39
2.2.2.2.2 Atividade antioxidante pelo método ABTS	40
2.2.2.2.3 Quantificação dos compostos fenólicos totais	40
2.2.2.3 Compostos antinutricionais.....	40
2.2.2.3.1 Quantificação de ácido oxálico	40
2.2.2.3.2 Quantificação de ácido fítico	41
2.2.2.3.3 Quantificação de taninos	41
2.2.2.4 Delineamento experimental	41
2.2.3 Aplicação do pó de casca de cebola em produto cárneo.....	41
2.2.3.1 Processamento das almôndegas	41
2.2.4 Análises químicas das almôndegas de frango.....	45
2.2.4.1 Composição proteica e lipídica	45
2.2.4.2 Quantificação da oxidação lipídica (TBARS)	45
2.2.4.3 Cor instrumental.....	45
2.2.3.1 Delineamento experimental	46
2.2.3 Análise estatística.....	46
2.3 Resultados e discussão	47
2.3.1 Processamento do resíduo de cebola.....	47
2.3.2 Composição química dos pós do resíduo de cebola.....	47
2.3.2.1 Composição centesimal.....	48
2.3.2.2. Compostos bioativos	49
2.3.2.3. Compostos antinutricionais.....	52
2.3.3. Análises químicas das almôndegas de frango.....	53
2.3.3.1. Composição proteica e lipídica	54

2.3.3.2. Quantificação da oxidação lipídica (TBARS)	54
2.3.3.3 Cor instrumental	57
3 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64

RESUMO

Resíduo de cebola (*Allium cepa* L.) como conservante natural em carne

A produção de resíduos pelas indústrias alimentícias têm se tornado um problema ambiental. Esses subprodutos sem o devido descarte se acumulam no meio ambiente causando poluição que leva a contaminações que podem provocar danos ao organismo humano. A sustentabilidade deve ser prioritária para o setor de processamento alimentício, realizando o aproveitamento de qualquer despejo industrial que possa se transformar em foco de contaminação ambiental. A cebola (*Allium cepa* L.) é um dos vegetais mais consumidos mundialmente, e em consequência disso, seu processamento gera uma grande quantidade de resíduos. A casca desse alimento apresenta teores consideráveis de flavonoides, compostos bioativos de elevada capacidade antioxidante. A transformação desse resíduo em um produto de fácil utilização e que possa agregar valor à matrizes alimentares torna-se uma alternativa para utilização desse resíduo que até então não apresenta um aproveitamento valioso para o setor alimentício. Três variedades de casca de cebola foram processadas na forma de pós e analisadas quanto a sua composição química e quanto à sua ação antioxidante. O produto elaborado que apresentou maior capacidade antioxidante foi o pó de casca de cebola roxa que em seguida foi adicionado ao produto cárneo de frango para avaliar seu potencial frente à oxidação lipídica. Houve o controle na estabilidade oxidativa do produto, porém a adição do conservante natural alterou os parâmetros de cor das almôndegas de frango, tornando mais escura a coloração do produto. Diante do exposto, a elaboração do produto a partir do resíduo da cebola pode se constituir em uma alternativa viável aos produtos sintéticos utilizados para fins da conservação em produtos cárneos uma vez que mostrou-se um potencial antioxidante.

Palavras-chave: Conservantes naturais; Casca de cebola; Conservação de produtos cárneos; Atividade antioxidante

ABSTRACT

Waste of onion (*Allium cepa* L.) as a natural preservative in meat

Waste production by food industries have become a serious environmental problem. These by-products without proper disposal may accumulate in the environment causing pollution or contamination that may cause damage to the human body. Sustainability should be a priority in processing food sector, realizing use of any industrial dump it can become the focus of environmental contamination. The onion (*Allium cepa* L.) is one of the most consumed vegetable worldwide, and as a consequence, its processing generates a large amount of waste. The peel of this food has considerable amounts of flavonoids, bioactive compounds of high antioxidant capacity. The transformation of this waste in an easy-to-use product that can add value to food matrices becomes an alternative to the use of this waste that does not present a valuable use for the food industry. Three varieties of onion peel were processed as into powders and their chemical composition, mainly antioxidant activity were analysed. In the present study, the elaborated product that showed the highest antioxidant capacity was the purple onion peel powder which was added to the meat product processed chicken to assess its potential against lipid oxidation. There was the fat decay control of the product, however the addition of natural preservative caused differences in the color parameters of chicken meatballs, making the darker the color of the product. Therefore, the elaboration of a product from the onion waste was a viable alternative to synthetic products used for conservation purposes in meat products and proved to be a potential antioxidant.

Keywords: Natural preservatives; Onion peel; Conservation of meat products; Antioxidant activity

1 INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é o segundo vegetal de maior consumo em todo o mundo. Sua produção anual alcança em torno de 66 milhões de toneladas (BENITEZ et al., 2012). A produção desse alimento aumentou mais de 25% na última década, o que tem proporcionado uma maior demanda de cebolas processadas acarretando em um aumento significativo na produção de resíduos, cerca de 500.000 toneladas por ano (GONZALEZ-SAIZ et al., 2008). Assim, produtores e indústrias alimentícias buscam desenvolver alternativas para a valorização dos resíduos de cebola com o intuito de promover seu uso rentável e a transformação desse material de descarte em produto alimentício (GONZALEZ-SAIZ et al., 2008; BENITEZ et al., 2011).

Os principais flavonoides encontrados na cebola são quercetina, miricetina e kaempferol (RODRIGUES et al., 2003; SANTAS et al., 2010). A quantidade de flavonoides totais apresenta variações quando comparadas a parte interna (polpa) com a parte externa (casca), sendo a externa responsável por concentrações elevadas desses compostos bioativos (SHIM; KIM, 2011). Diversos estudos *in vivo* e *in vitro* demonstram que as substâncias fenólicas presentes na cebola, além de suas funções antimicrobianas, apresentam propriedades antiolesterolêmicas e antiinflamatórias (FKI et al., 2008; HSU et al., 2008; KUCEKOVA et al., 2011).

A oxidação lipídica é um problema sério na indústria de produtos cárneos pois causa a degradação do sabor, textura, cor e valor nutricional do produto durante períodos de armazenamento. Devido a este fato, o setor de processamento de carnes tem utilizado amplamente conservantes à base de produtos naturais e sintéticos afim de evitar a oxidação lipídica. Porém, pesquisas demonstram possíveis efeitos tóxicos atribuídos aos antioxidantes sintéticos utilizados comumente nos produtos cárneos (BRANEN, 1975; SHIM et al., 2012). Potenciais antioxidantes presentes naturalmente em plantas podem ser alternativas práticas e econômicas para esses produtos sintéticos.

Os flavonoides presentes naturalmente na cebola apresentam capacidade antioxidante, o que promove a redução de reações de oxidação e da oxidação lipídica que ocorre em nas carnes. Estudos demonstram que a aplicação da cebola em alguns cortes de carne é responsável pela diminuição da oxidação dos lipídeos. Além disso, também evitam a formação de aminas aromáticas heterocíclicas durante o processo de cocção as quais podem ser um dos fatores de estímulo responsável para o surgimento de um câncer (LEE; KIM; SHIN, 2008).

Diante do exposto o presente estudo visou utilizar a casca de cebolas (amarela, branca e roxa) em pó como ingrediente na elaboração de produtos alimentícios.

Devido à elevada perecibilidade dos produtos cárneos, o produto elaborado a partir da casca de cebola, fonte de flavonoides naturais, foi adicionado em almôndegas de frango visando à verificação no aumento do seu *shelf life*.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Cebola (*Allium cepa* L.)

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça bulbosa pertencente à família *Alliaceae* e ao gênero *Allium*. O cultivo desse vegetal é tão antigo quanto a história da humanidade, tendo seus benefícios citados em passagens bíblicas e até mesmo no Alcorão, o que reflete a importância da cebola desde as sociedades mais antigas (ICIEK et al., 2009; BLOCK, 2010).

Seu plantio remonta a 5000 a. C., proveniente da agricultura egípcia no antigo Egito juntamente com outros vegetais do mesmo gênero, alho e o alho poró. Porém sua origem ainda é especulativa, evidências demonstram que esse vegetal tenha sido primeiramente introduzido na região norte do Iran, Afeganistão e Paquistão e posteriormente suas cultivares foram disseminadas na Europa e outros continentes, através das expedições dos comerciantes de especiarias. Há referências históricas demonstrando que os chineses cultivavam a cebola desde tempos primordiais e a utilizavam em diversas receitas culinárias e/ou curativas, tais como os chás, utilizados principalmente para o tratamento de doenças como cólera, disenteria, dores de cabeça e febre (BLOCK, 2010).

Atualmente, o cultivo da cebola se dá em diversos países de diferentes condições climáticas e latitudes. Os principais produtores dessa bulbosa são a China, Estados Unidos e Índia, mas países como Paquistão e Turquia também são reconhecidos pelo cultivo desse vegetal (BENKEBLIA, 2005; BYSTRICKÁ et al., 2013).

Esse vegetal tornou-se a espécie mais estudada da família *Allium* nos últimos 10 anos, despertando também crescente interesse da indústria alimentícia, devido ao teor dos compostos benéficos ao organismo humano. Diversos estudos epidemiológicos referem-se ao consumo de cebola como coadjuvante na redução dos riscos da incidência de doenças crônicas: asma, câncer, diabetes *mellitus* e doenças cardiovasculares (STAJNER; VARGA, 2003; GABLER et al., 2005; BYSTRICKÁ et al., 2013).

2.1.1.1 Composição da cebola

Os componentes nutricionais e compostos bioativos presentes nas cebolas são variáveis em função de diversos fatores, tais como, a cultivar, condição climática e

agronômica durante o plantio, processamento e condições de armazenamento (ABAYOMI; TERRY, 2009; RODRÍGUEZ et al., 2009; TIWARI; CUMMINS, 2013; PEREZ-GREGORIO et al., 2014).

A composição química, em 100 gramas, desse vegetal está apresentada na Tabela 1:

Tabela 1 – Composição nutricional da cebola

Constituintes	Quantidades
Carboidratos	8,9 g
Proteínas	1,7 g
Lipídeos	0,1 g
Fibras alimentares	2,2 g
Energia total	39,0 Kcal
Vitaminas	
Niacina	Traços
Piridoxina	0,14 mg
Riboflavina	Traços
Tiamina	0,04 mg
Ácido ascórbico	4,7 mg
Minerais	
Sódio	1,0 mg
Potássio	176,0 mg
Cálcio	14,0 mg
Cobre	0,05 mg
Ferro	0,2 mg
Magnésio	12,0 mg
Manganês	0,13 mg
Fósforo	38,0 mg
Zinco	0,2 mg

Fonte: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011.

As cebolas apresentam em sua composição as lectinas (proteína de maior concentração), prostaglandinas, frutanos, pectina, adenosina, vitaminas B₁, B₂, B₆, C e E, biotina, ácido nicotínico, ácidos graxos, glicolípidios, fosfolípidios, aminoácidos essenciais,

compostos sulfurosos, e principalmente, os compostos fenólicos (CORZO-MARTÍNEZ et al., 2007; PATRA et al., 2013).

Nas cebolas também estão presentes várias fitomoléculas ativas tais como os ácidos fenólicos, flavonoides, tiosulfinato, compostos organosulfurosos e antocianinas (SLIMESTAD; FOSSEN; VAGEN, 2007; PEREZ-GREGORIO et al., 2014).

2.1.1.2 Compostos bioativos

Os flavonoides são compostos de ocorrência natural em plantas e são os principais polifenóis encontrados na cebola, considerada a fonte alimentar mais ricas em conteúdo de flavonoides contribuindo significativamente para complementar as quantidades necessárias desse composto na dieta humana (SLIMESTAD; FOSSEN; VAGEN, 2007).

A nomenclatura é atribuída a um conjunto de pigmentos de plantas derivados da benzo-g-pirona (HAVSTEEN, 2002). Esses compostos são formados basicamente por uma estrutura de difenil propano ($C_6C_3C_6$) com dois anéis benzênicos ligados a um anel pirano (Figura 1) (BEHLING et al., 2004).

Fonte: BEHLING et al., 2004

Figura 1 – Estrutura fundamental dos flavonoides

A composição fenólica da cebola é variável, podendo estar presentes como agliconas, glicosídeos (forma comumente encontrada) ou como parte de outras estruturas que contenham flavonoides, como as flavolignanas (PARK; KIM; KIM, 2007; PEREZ-GREGORIO et al., 2014). De peso molecular médio-baixo, a maior parte dos flavonoides é constituído de compostos hidrossolúveis, extraídos com mais facilidade em soluções aquosas, como a água e

etanol. Flavonoides de alto peso molecular, 5000 Dalton, existem em pequenas proporções e geralmente permanecem insolúveis nesse tipo de solventes (TERRIL et al., 1992).

O teor de flavonoides nos alimentos de consumo diário varia de acordo com a fonte consumida. Alimentos como cereais, leguminosas, grãos e nozes podem apresentar quantidades que variam entre 40-160 miligramas de flavonoides por quilo de alimento. A cebola é a principal fonte desse composto, principalmente a quercetina, atingindo valores de até 486 miligramas por quilo do produto. (HERTOG et al., 1993).

Existem mais de 8000 estruturas de flavonoides conhecidos e grande parte desses já foram caracterizados na última década pelo meio científico. Mais de 50 estruturas já foram identificadas nas cebolas (tabela 2 e 3) (SLIMESTAD; FOSSEN; VAGEN, 2007; PEREZ-GREGORIO et al., 2014).

Dentre as 13 classes de flavonoides existentes, são encontrados predominantemente nas cebolas os flavonóis, antocianinas e em menor grau os dihidroflavonois (SLIMESTAD; FOSSEN; VAGEN, 2007).

Os flavonóis são os principais flavonoides encontrados nessa bulbosa sendo os compostos responsáveis por sua coloração (amarela, branca e roxa). No total, pelo menos 25 diferentes tipos de flavonóis já foram identificados a partir dos bulbos e casca de cebola. A unidade glicosídica desses pigmentos na maioria dos casos foi identificada como glicose. Destacam-se a quercetina e seus derivados como maioria dos flavonóis presentes podendo ser encontrados tanto na forma aglicona como na forma glicosídica. A diversidade dos flavonóis de menor estrutura na cebola é extensa e inclui os derivados do kaempferol e miricetina (CORZO-MARTÍNEZ et al., 2007; SWIECA et al., 2013).

As cebolas apresentam também, quantidades significativas de antocianina, comuns nas variedades que apresentam pigmentação em sua camada externa. O teor desse flavonoide inclui uma ampla variedade de compostos, como mostrado nas tabelas 2 e 3 (CORZO-MARTÍNEZ et al., 2007; SLIMESTAD; FOSSEN; VAGEN, 2007).

2.1.1.2.1 Resíduo de cebola como fonte antioxidante

As indústrias processadoras de alimentos são geradores de resíduos agrícolas sem fins para utilização. Nesse material de descarte existem quantidades significativas de substâncias fitoquímicas, fontes de antioxidantes naturais valiosos a serem utilizados como ingredientes alimentares (ALBISHI et al., 2013; GAWLIK-DZIK et al., 2013; SAMONTE; TRINIDAD, 2013).

Devido a sua vasta produção e comercialização, a cebola colabora para o aumento da deposição de lixo orgânico. Os principais resíduos desse alimento gerados durante as etapas do processamento industrial incluem as cascas da cebola, tanto a camada superficial, como as duas camadas de polpa subsequentes e as raízes. Também são descartados os bulbos malformados, que apresentam algum tipo de injúria mecânica ou biológica (BENITEZ et al., 2011).

De acordo com Gawlik-Dzik et al. (2013) as camadas exteriores da cebola são excelentes fontes de flavonoides. Nuutila et al. (2003) observaram que a atividade antioxidante das cebolas foram superiores à do alho, e que os extratos com atividade eram aqueles provenientes da parte não comestível. A capacidade antioxidante é elevada em ordem decrescente da camada mais externa para as camadas internas do vegetal (SHIM; KIM, 2011). Em comparação com a polpa, a casca da cebola contém teores cerca de 48 vezes superiores de flavonoides, dentre eles, com destaque para as quercetinas livres, quercetinas ligadas glicosidicamente e os produtos derivados da oxidação da quercetina (como os flavonóis menores e os compostos fenólicos), (COOK; SAMMAN, 1996; GULSEN; MAKRAS; KEFALA, 2007; RAMOS et al., 2006; SINGH et al., 2009; LEE; JUNG; KIM, 2012).

No entanto, as formas de quercetina, mais abundantes nas cascas de cebola são os glicosídeos 4'-substituídos, quercetina-4'-glicosídeo e quercetina-3, 4'-diglucoside. Benitez et al. (2012). Gulsen, Makris, e Kefalas (2007) encontraram em seus estudos valores significativos de fibras solúveis, bem como, de quercetina glicosilada no resíduo de cebola. A quercetina e seus compostos dimerizados exibem potente atividade antioxidante, a qual é comparável com o alfa-tocoferol, sendo mais biodisponível ao organismo sob a forma glicosilada (WILLIAMSON et al., 1999; GRAEFE et al., 2001).

Pesquisas realizadas por Lee, Jung e Kim (2012) e Jang e Im (2009) demonstraram que os flavonoides contidos nesse resíduo vegetal quando comparados com a parte comestível, exercem maior capacidade de controle da peroxidação lipídica.

Alguns flavonoides na forma glicosilada com atividade antiplaquetária foram isolados a partir da utilização das camadas exteriores da cebola e identificados como quercetina, dímeros de quercetina e quercetina 4'-glicosídeo (FURUSAWA et al., 2002; FURUSAWA et al., 2003; SWIECA et al., 2013).

Esses resultados científicos demonstram a importância do resíduo desse vegetal pela qualidade e quantidades de seus compostos bioativos presentes, principalmente os flavonoides.

2.1.2 Flavonoides como conservantes naturais

A quercetina presente nas cebolas possui capacidade conservante nos alimentos. O conteúdo fenólico desse vegetal apresenta elevada capacidade antioxidante, em consequência disso às reações de oxidação de determinados compostos, tal como os lipídeos têm seu *shelf life* aumentado (SHIM et al., 2012; ALBISHI et al., 2013). Pesquisas recentes de Lee et al., (2011) demonstraram que os flavonoides também podem auxiliar na redução da carga microbiana, colaborando para a manutenção da qualidade do produto.

2.1.2.1 Atividade antioxidante

Os antioxidantes são substâncias que, mesmo em concentrações reduzidas, são capazes de retardar a oxidação de biomoléculas facilmente oxidáveis, tais como os lipídeos, proteínas e outros macros e micronutrientes. Essas moléculas ativas podem estar presentes naturalmente em plantas e vegetais, podem também ser isoladas e aplicadas na conservação natural de diversos alimentos, tais como os produtos cárneos e derivados, melhorando aspectos como a vida útil ou *shelf life* através do controle da oxidação lipídica e/ou controle de crescimento microbiano (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013).

Existem antioxidantes sintetizados quimicamente por processos industriais, são estruturas fenólicas com quantidades variáveis do substituto alquila. Esses agentes sintéticos são amplamente utilizados na indústria de alimentos como o hidroxianisol butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT) e a butil hidroquinona terciária (TBHQ), têm sido utilizados largamente como agentes na prevenção da oxidação dos alimentos. No entanto, a utilização de antioxidantes sintéticos em alimentos vem sendo minimizada, devido à possibilidade desses produtos químicos, quando ingeridos em excesso, afetarem o metabolismo de alguns nutrientes comprometendo a funcionalidade de enzimas que realizam sua hidrólise e absorção (BUXIANG; FUKUHARA, 1997; LEE et al., 2011).

A demanda recente por produtos naturais e a disposição dos consumidores em pagar mais por alimentos que não contenham substâncias sintéticas e se assemelhem cada vez mais aos naturais, têm impulsionado as indústrias, principalmente a do setor cárneo, a buscar soluções alternativas a fim de minimizar problemas, como a oxidação nos alimentos (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013). O uso de ingredientes naturais para essa finalidade é crescente e alvo de interesse das pesquisas científicas utilizando esses condimentos naturais principalmente no processamento de almôndegas, embutidos e hambúrgueres (RACANICCI

et al., 2004; MARANGONI; MOURA, 2011; SHIRAHIGE et al., 2011; SWIECA et al., 2013).

Antioxidantes de ocorrência natural, tais como os compostos fenólicos, cumarinas, curcuminóides, flavonoides, xantonas, taninos e terpenos são encontrados numa variedade de produtos de origem vegetal tais como frutas, folhas, sementes, e óleos e alguns destes apresentam efeito semelhante ou superior aos antioxidantes sintéticos (LEE et al., 2011).

2.1.2.2 Mecanismos da ação antioxidante dos flavonoides

As cebolas são uma das principais fontes de flavonoides e a principal fonte de quercetina. A título de contraste com outros vegetais, as cebolas contêm quantidades relativamente elevadas de quercetinas. Esses flavonoides são classificados como antioxidantes primários, importante classe para a conservação dos alimentos. Possuem ação doadora de hidrogênio ou elétrons aos radicais livres (Figura 2), transformando-os em compostos estáveis e inativos, incapazes de iniciar processos oxidativos (FRANKEL, 1980; BELITZ; GROSCH, 1999; KANDASWAMI; MIDDLETON, 1994; LEE et al., 2011; ZARINA; TAN, 2013).

Onde: ROO• e RO• são os radicais livres; AH o antioxidante e A• radical livre em sua forma estável.

Fonte: FRANK, 1980

Figura 2 – Reação de estabilização dos radicais livres pelos antioxidantes primários

Existem outros mecanismos pelos quais os flavonoides atuam na inibição da oxidação celular. De acordo com Middleton; Kandaswami; Theoharides, (2000), pietta, (2000), esses mecanismos incluem:

- (1) Inibição da síntese de espécies reativas de oxigênio pela inativação do sistema enzimático responsável por gerar os radicais livres (ciclooxigenase, lipooxigenase ou xantina redutase);
- (2) Ação quelante contra os íons metálicos, potenciais precursores da produção de radicais hidroxil pela Reação de Fenton ou Harber Weis;
- (3) Sequestro dos radicais livres;

- (4) Indutor da ativação das enzimas de fase II (glutathione transferase), aumentando a proteção das defesas antioxidantes tornando espécies oxidadas mais solúveis e de fácil excreção;
- (5) Função ativadora de enzimas queladoras de metais, como a metalotioneína.

A quercetina age em todas as etapas de formação dos radicais livres, no processo de geração desses compostos pela interação com os íons de peróxido, na formação de radicais peroxil e na peroxidação lipídica, devido sua reação com os radicais lipídicos peroxi (AFANAS'EV et al., 1989; BEHLING et al., 2004; CULLERE; HOFFMAN; DALLE; ZOTTE, 2013).

2.1.3 Produtos cárneos

A indústria cárnea é mundialmente uma das mais importantes no setor de alimentos, tanto em função da demanda do consumidor ou devido à concorrência industrial, sendo a investigação sobre novos produtos é contínua. No entanto, tais pesquisas e o lançamento de novos produtos são direcionados para oferecer alternativas saudáveis (FERNANDEZ-GINES et al., 2005; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2000; SELANI, 2010).

A qualidade da carne e seus derivados também é um tema de discussão frequente. Não existe atualmente um consenso sobre o que o termo "qualidade" realmente significa. Por um lado, a "qualidade total", de carnes e de produtos inclui características que podem ser medidos, como o estado microbiológico, sensibilidade, cor, suculência, o *shelf life*, valor de pH (FEINER, 2006).

2.1.3.1 Características e aspectos da carne

Em geral, a carne crua não apresenta quantidade significativa de compostos aromáticos e o sabor se intensifica com o aumento da idade do animal, independentemente da espécie (bovina, suína, de aves ou peixe). A carne contém cerca de 1,3 gramas de cloreto de sódio por quilo, bem como 3 gramas de potássio e ambos contribuem para o sabor ligeiramente "salgado" e "amargo" de carne. O sabor 'azedo' da carne é proveniente da presença do ácido láctico obtido durante a glicólise na etapa *post-mortem* (FEINER, 2006).

As gorduras cárneas contêm aproximadamente 80-85% de triacilglicerol, 5-10% de umidade e cerca de 10% de tecido conjuntivo. Os lipídeos nas carnes saudáveis são geralmente incolores, mas apresentam ocasionalmente um tom levemente amarelado decorrente da

natureza extremamente hidrofóbica (lipofílica) (FEINER, 2006; PEREIRA; VICENTE, 2013).

A composição de ácidos graxos das carnes é o principal fator que determina a qualidade do produto. A degradação desse composto químico pode levar a alterações que envolvem tanto a qualidade como a segurança desse alimento. O principal processo de deterioração desse produto é conhecido como oxidação lipídica.

2.1.4 Oxidação lipídica

Os lipídeos exercem funções essenciais na qualidade de certos produtos, aprimorando parâmetros sensoriais (cor, textura, sabor e aroma) que os tornam de maior aceitação. Agregam também valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (ácidos graxos poliinsaturados como linolênico e linoleico) e auxiliam na absorção das vitaminas lipossolúveis (vitaminas A, D, E e K) (ST. ANGELO, 1996; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; WARAHÓ; MCCLEMENTS; DECKER, 2011).

A constituição lipídica de sistemas biológicos e alimentares é formada por uma mistura de ácidos graxos livres, monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos, esteróis, fosfolipídeos entre outros. Essas diferentes moléculas possuem diferentes graus de oxidação (ALLEN; HAMILTON, 1994; BERSET; CUVELIER, 1996).

A oxidação lipídica é uma reação natural e inevitável de todo e qualquer produto ou alimento que contenha óleos e gorduras em sua composição, implicando diretamente nos valores comerciais e nutricionais. A peroxidação lipídica caracteriza uma das causas da deterioração dos ácidos graxos. Durante os períodos de armazenamento, esses compostos sofrem alterações do tipo oxidativa, as quais são responsáveis por transformações químicas importantes na qualidade final do produto (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; WARAHÓ; MCCLEMENTS; DECKER, 2011).

Fonte: Jadhav et al., 1996

Figura 3 – Processo geral da reação de oxidação

2.1.4.1 Importância da oxidação lipídica para a qualidade dos alimentos

A oxidação lipídica em uma estrutura alimentar é um processo prejudicial que deteriora a qualidade sensorial e valor nutritivo do produto, representando um perigo à saúde pública, além de apresentar uma série de problemas analíticos, conforme a figura a seguir:

Fonte: KOLAKOWSKA, 2002.

Figura 4 – Alterações da oxidação lipídica em alimentos

A oxidação dos lipídeos presentes nos alimentos é considerada um fator de risco para a saúde humana. Os metabólitos gerados das reações oxidativas podem ser responsáveis para a produção de diversos compostos tóxicos capazes de desencadear desordens metabólicas, tais como carcinogênese, mutagênese, distúrbios circulatórios e envelhecimento precoce (GUARDIOLA et al., 1996; MAURITTI; BRAGAGNOLO, 2007; MARANGONI; MOURA, 2011).

2.1.4.2 Parâmetros de qualidade afetados pela oxidação lipídica em carnes

Essa reação é uma das principais causas da degradação da qualidade, sendo o maior problema da indústria de carnes. Esse tipo de reação oxidativa pode afetar todos os cortes, mas acomete especialmente os produtos, afetando negativamente os atributos sensoriais tais como o sabor e aroma, cor, textura, bem como a qualidade nutricional do produto durante

períodos de estocagem e armazenamento (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013; SHIM et al., 2012).

2.1.4.2.1 Sabor e aroma

O envolvimento da fração lipídica sobre a química dos sabores de carne produzidos durante o aquecimento e armazenamento é muito complexo. Podem ocorrer reações entre lipídeos moleculares e substâncias reativas, gerando não só os radicais livres como uma diversidade de reações de condensação e reações hidrolíticas que atuam simultaneamente, cada uma contribuindo de certa forma para o desenvolvimento e alteração desse atributo sensorial (KANNER, 1994; SHAHIDI; ZHONG, 2010).

A deterioração lipídica implica na formação de odores de ranço e deterioração do *flavour* do alimento. Os peróxidos degradados produzem diversos compostos voláteis responsáveis pela alteração indesejada do sabor e aroma das carnes, dentre esses compostos formados destacam-se as cetonas, alcoóis, aldeídos e hidrocarbonetos (MOTTRAM, 1987; ASGHAR et al., 1988).

A oxidação catalítica dos ácidos graxos insaturados da carne que tenha sido pré-cozidos refrigerada/ armazenada e reaquecida resulta no desenvolvimento de uma característica de *off-flavor* (propriedade não característica no sabor e aroma da carne) conhecida como *warmed-over flavour*, terminologia criada inicialmente por Tims e Watts (1958). Essas características indesejáveis são facilmente detectáveis pelos consumidores e é resultado da oxidação de fosfolípidos da membrana, provocada com o auxílio de hemoproteínas de ferro e de outras espécies oxidativas. No entanto, não somente a oxidação lipídica como a degradação de componentes como proteínas, derivados voláteis da reação de Maillard, também podem contribuir para a formação do *warmed-over flavour* resultando no desaparecimento do aroma e sabor desejável para produtos cárneos (TIKK et al., 2008).

2.1.4.2.2 Cor

A cor da carne é um importante atributo de qualidade e um dos principais fatores que influenciam na decisão de compra (JOHN et al., 2004). O consumidor utiliza a descoloração da carne como um indicador de frescor e integridade do produto (MANCINI; HUNT, 2005). A presença de manchas, ou metamioglobina, resulta na discriminação do consumidor, ou

rejeição de compra, em cerca de 30 a 40% (GREEN; CUMUZE, 1982). Portanto a manutenção da cor é de extrema importância para o setor comercial (PARKS et al., 2012).

A coloração da carne vai se alterando de acordo com o decorrer da oxidação lipídica, passando da cor vermelho brilhante da oximioglobina, pigmento responsável pela cor da carne, para o marrom-avermelhado da metamioglobina. A perda de oxigênio e de um elétron de íons ferrosos da oximioglobina induz a produção do complexo metamioglobina, alterando as propriedades de absorção de luz da molécula e a cor complementar (KANNER, 1994).

2.1.4.2.3 Valor nutricional

Além das implicações da oxidação lipídica provocadas no sabor, cor e textura, o processo de degradação desse componente pode gerar substâncias potencialmente tóxicas ao organismo humano (KANNER, 1994).

Os radicais livres gerados pelo processo oxidativo podem degradar nutrientes como vitaminas (vitamina A, vitamina D, vitamina E e vitamina C) perdendo sua ação e funcionalidade, porém outros constituintes, especialmente, moléculas de colesterol, que se encontram dissolvidos nas membranas lipídicas podendo levar à oxidação do colesterol. Ocorre também a reticulação das proteínas e carboidratos, com a fragmentação desses compostos e modificação de sua imunogenicidade. Os ácidos graxos insaturados são degradados, inativando os ácidos graxos essenciais e comprometendo a fluidez da membrana lipídica. Todas essas alterações no valor nutricional do alimento causam danos mitocondriais, ocasionando desordens no metabolismo celular com consequentes danos que aumentam a incidência de doenças, tais como câncer, diabetes, doenças autoimunes, problemas coronarianos, artrite entre outras doenças (KANNER, 1994; KOLAKOWSKA, 2002).

2.1.4.3 Vias pelas quais ocorre a oxidação lipídica em produtos cárneos

Existem diversas vias pelas quais os ácidos graxos presentes nos alimentos se degradam, entre elas destacam-se a auto-oxidação, fotoxidação, termoxidação e oxidação enzimática, todos esses mecanismos oxidativos são dependentes de diversos fatores para que se iniciem na matriz alimentar, porém o fator primordial é a presença de oxigênio (REGITANO-D'ARCE, 2006; SHAHIDI, ZHONG, 2010; SUN et al., 2011).

Na carne e derivados todas essas vias de oxidação são válidas, porém a auto-oxidação é o processo que mais afeta essa linha, por conseguinte o mais importante para a qualidade dos produtos cárneos seguido da fotoxidação e por último a termoxidação (FEINER, 2006).

2.1.4.3.1 Auto-oxidação

O processo de autooxidação ocorre quando o oxigênio, tanto da composição gasosa atmosférica quanto o presente na amostra reage com a região mais susceptível à oxidação da molécula do ácido graxo. Esse segmento reativo compõe-se pelas duplas ligações e pelo carbono α -metilênico presentes na cadeia hidrocarbonatada do triglicerídeo. Quanto maior o grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na amostra, maior será a velocidade da reação oxidativa. Os ácidos graxos da família ômega 3 (ácido linolênico) e família ômega 6 (ácido linoleico) que apresentam três e duas duplas ligações respectivamente, são mais susceptíveis ao processo de auto-oxidação, quando comparados com o ácido graxo da família ômega 9 (ácido oleico) que apresenta em sua composição apenas uma insaturação (REGITANO-D'ARCE, 2006; SUN et al., 2011).

A auto-oxidação é uma reação oxigênio-induzida produtora de radicais em cadeia e pode ser dividida em três fases de iniciação, propagação e terminação (DAVIDEK; VELISEK; POKORNY, 1990; ROVELLINI; CORTESI; FEDELI, 1997; BELITZ; GROSCH, 1999; KOLAKOWSCA, 2002; FEINER, 2006; REGITANO-D'ARCE, 2006; SHAHIDI; ZHONG, 2010; SUN et al., 2011).

2.1.4.3.2 Fotoxidação

A radiação ultravioleta ou visível afeta significativamente a estabilidade de alimentos com substâncias fotosensíveis. A fotoxidação consiste na formação de hidroperóxidos pela da luminosidade e moléculas fotossensibilizadoras. Essa reação depende diretamente da quantidade e formação do oxigênio singlete, espécie mais reativa que o oxigênio em seu estado basal, triplete (REGITANO-D'ARCE, 2006; SHAHIDI; ZHONG, 2010).

O oxigênio singlete pode ser gerado de diversos modos, sendo o mais importante, quando os fotossensibilizadores (como a hemoglobina, mioglobina, eritrosina, clorofila, riboflavina, e íons metálicos pesados) absorvem a luz e torna-se eletronicamente excitado. Os fotossensibilizantes podem então interagir com o oxigênio triplete e gerar o oxigênio atômico reativo (BOSELLI; CARDENIA; RODRIGUEZ-ESTRADA, 2012).

O oxigênio singlete reage com as insaturações das moléculas de ácido graxo, fixando-se em qualquer um de seus carbonos, gerando monohidroperóxidos com consequente modificação da configuração da molécula de *cis* para *trans* (REGITANO-D'ARCE, 2006).

O que difere a fotoxidação da auto-oxidação são os mecanismos pelos quais as reações ocorrem e a quantidade de hidroperóxidos produzidos ao fim da cadeia oxidativa, os produtos mais proeminentes dessa oxidação são 7 α -hidroperoxicolesterol (7 α -HPC) e 7 β -hidroperoxicolesterol (7 β -HPC) (REGITANO-D'ARCE, 2006; BOSELLI; CARDENIA; RODRIGUEZ-ESTRADA, 2012).

Posteriormente esses hidroperóxidos formados são degradados na forma de alcoóis, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos (JADHAV et al., 1996).

2.1.4.3.3 Termoxidação

O processo termoxidativo é amplo, afeta tanto os ácidos graxos saturados, quanto os ácidos graxos insaturados, ocorrendo de forma simultânea com a ação da aplicação de altas temperaturas sobre a presença de oxigênio. A aplicação de temperaturas superiores a 150°C pode levar a degradação dos peróxidos com consequente produção de compostos voláteis e não voláteis, os primeiros se perdem no ambiente, enquanto os últimos se acumulam e são absorvidos pelo alimento afetando a qualidade nutricional dos alimentos, degradando vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais, além de formar compostos potencialmente tóxicos (REGITANO-D'ARCE, 2006).

2.1.4.4 Fatores que influenciam a oxidação lipídica em produtos cárneos

A oxidação dos lipídeos cárneos é um processo complexo que se instala antes mesmo da morte do animal, prosseguindo gradativamente em todas as etapas, incluindo o abate, armazenamento e processamento da carne até atingir níveis inaceitáveis tanto aos parâmetros sensoriais, quanto a segurança alimentar. Este processo nas carnes está relacionado com a presença de radicais livres que levam à produção de aldeídos responsáveis pelo desenvolvimento de alterações químicas que modificam a composição do alimento (FASSEAS et al., 2007).

A dinâmica dessa reação depende de numerosos fatores, incluindo a composição química da carne, exposição a fatores externos como luminosidade, composição gasosa e/ou

temperatura de armazenamento (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; MARANGONI; MOURA, 2011).

2.1.4.4.1 Composição química da carne de frango

As gorduras vegetais presentes nos óleos de soja, milho, canola, entre outros, apresentam níveis mais elevados de ésteres de ácidos graxos insaturados (ácido oleico, ácido linoleico e ácido linolênico), diferentemente da gordura animal onde é possível encontrar números mais elevados em ácidos graxos saturados e triglicerídeos (ácido esteárico e palmítico). A velocidade das reações oxidativas está diretamente ligada ao número de duplas ligações presentes na molécula, porém os óleos vegetais tendem a se oxidar de maneira lenta e gradual devido à presença considerável de antioxidantes naturais em sua composição química, tais como os tocoferóis, substância de elevado poder antioxidativo. Devido a esse fato que a indústria do setor cárneo é afetada com maior frequência com os danos causados pela oxidação lipídica (ALLEN; HAMILTON, 1994; SUN et al., 2011).

Suplementações dietéticas dos animais com gorduras insaturadas afetam a composição lipídica do produto final. Os ácidos graxos provenientes da alimentação vão se depositando ao longo do crescimento do animal nas membranas fosfolipídicas e após o abate, o perfil lipídico é modificado apresentando quantidades aumentadas de ácidos graxos insaturados. Porém essa técnica implica numa maior susceptibilidade do produto a oxidação lipídica devido ao aumento de duplas ligações nas moléculas da carne (KANNER, 1994).

Alguns estudos demonstraram que a vida útil e a qualidade da carne podem ser melhoradas através de adição de antioxidantes naturais nas fases de pré-abate e de pós-abate. Ou seja, incorporando antioxidantes naturais nas dietas dos animais ou aplicados sobre a superfície da carne a sua composição pode ser alterada evitando possíveis problemas oxidativos e/ou microbiológicos (VELASCO; WILLIAMS, 2011).

2.1.4.4.2 Luminosidade

A luminosidade é um fator importante para a degradação lipídica das carnes. A luz, principalmente ultravioleta (UV), visível de onda curta e radiações ionizantes, aceleram o desenvolvimento do ranço em gorduras. Essa reação ocorre provavelmente pelo favorecimento a fotodecomposição dos peróxidos a radicais livres juntamente com a

deterioração de outros componentes químicos (REGITANO-D'ARCE, 2006; SHAHIDI; ZHONG, 2010).

2.1.4.4.3 Composição gasosa

Durante todo processo de oxidação dos ácidos graxos, o oxigênio é o fator decisivo em relação à velocidade a qual ocorrerá a reação. A remoção do oxigênio através de sachês absorventes, pela embalagem do produto a vácuo, aplicação da técnica da atmosfera modificada e embalagens com baixa permeabilidade ao gás, são práticas recomendáveis para estender o *shelf life* dos alimentos (REGITANO-D'ARCE, 2006).

Para os produtos cárneos a modificação da composição gasosa e a exclusão do oxigênio através da embalagem a vácuo são os principais processos utilizados que visam à conservação nutricional e sensorial do produto (JOHN et al., 2004; MANCINI et al., 2005; MARTINEZ et al., 2006; SMALL et al., 2012; XIN et al., 2012).

A embalagem é um importante veículo para manutenção das condições gasosas do produto, sendo elas de alta ou baixa permeabilidade ao oxigênio (PARKS et al., 2012).

2.1.4.4.4 Temperatura

A cadeia de formação dos hidroperóxidos é afetada pela variação da temperatura. As reações de oxidação lipídica têm sua velocidade dobrada com o aumento de 15°C (REGITANO-D'ARCE, 2006).

O aquecimento pode afetar muitos fatores envolvidos na peroxidação lipídica. O calor rompe as estruturas da célula muscular expondo os lipídeos da membrana a um ambiente pró-oxidante, inativa as enzimas antioxidantes presentes naturalmente nas carnes e libera oxigênio de oximioglobina, permitindo assim reações de oxidação (KANNER, 1994; LEE; MEI; DECKER, 1996).

Durante o congelamento a velocidade da oxidação lipídica é retardada, mas continua ocorrendo de forma gradual. Os radicais livres formados são solúveis nas gorduras e permanece mais estável a uma baixa temperatura, o que lhes permite difundir por períodos longos durante o armazenamento sob temperaturas reduzidas. Contudo, o uso do resfriamento e congelamento são necessárias na conservação dos produtos cárneos de modo a evitar contaminações microbiológicas e prolongar a qualidade lipídica do produto (KANNER, 1994).

2.1.4.5 Flavonoides como alternativa à oxidação lipídica

A oxidação lipídica, assim como outras reações oxidativas, tem suas funções alteradas pela ação dos compostos antioxidantes, como os flavonoides. A propriedade antioxidante dessas substâncias vegetais age sobre espécies reativas do oxigênio, radical peroxil ($\bullet\text{OH}$) e o ânion superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$), sequestrando e inibindo a ação desses predecessores, evitando a inicialização da oxidação lipídica, a oxidação e possíveis danos a matriz interscistial dos lipídeos (KAHRAMAN et al., 2003).

2.2 Material e métodos

2.2.1 Preparo das amostras e processamento dos resíduos de cebolas

Para realização do estudo foram utilizadas cebolas (*Allium cepa* L.) amarela, branca e roxa. As cebolas foram adquiridas de produtores da cidade de Piedade-SP. As amostras foram transportadas em sacos de fibra vegetal até o Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição; Setor de Nutrição Humana da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz onde permaneceram armazenadas sob temperatura de refrigeração até serem submetidas à separação da casca e polpa. O processamento realizado sobre a casca das cebolas configurou o pó resultante como um novo produto.

Foram selecionadas cebolas íntegras, aquelas que apresentavam algum tipo de injúria eram descartadas. As cebolas foram lavadas em água corrente para retirada das sujidades superficiais provenientes do campo. As cascas foram separadas das polpas manualmente e após essa etapa, as cascas foram lavadas em água corrente, higienizadas por 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio 20 mg/L e enxaguadas em seguida com água destilada, a fim de retirar sujidades e promover a assepsia. As cascas limpas das diferentes variedades de cebola foram dispostas sobre formas de alumínio e desidratadas em estufa a 50°C com circulação forçada de ar até atingirem peso constante. Este tratamento térmico foi utilizado visando a redução da umidade do produto para evitar o crescimento microbiano durante o armazenamento do produto. A secagem das cascas também teve como objetivo auxiliar no processo de trituração do produto para transformação em pó de casca de cebola.

Em seguida, foram trituradas em moinho vibratório de bolas (marca RETSCH, modelo MM 400). As cascas limpas e desidratadas (cerca de 2 gramas) foram adicionadas aos vasos de moagem e trituradas por 2 minutos e 30 segundos a uma frequência de 30,00 1/s.

As amostras secas e moídas de cebola amarela, branca e roxa foram acondicionadas em recipientes inertes de coloração âmbar e armazenadas em freezer a -18°C até o momento de realização das análises e aplicação no produto cárneo.

O processamento das amostras para transformação da casca em pós de cebola está apresentado na Figura 5:

Figura 5 – Fluxograma de produção dos pós de cebola

2.2.2 Caracterização química dos pós de diferentes variedades de cebola

2.2.2.1 Composição centesimal

2.2.2.1.1 Umidade

A umidade foi determinada segundo metodologia sugerida pela AOAC (2000). O método se baseia na remoção da água por aquecimento em estufa a 105°C até as amostras atingirem peso constante.

2.2.2.1.2 Resíduo mineral fixo (cinzas)

As cinzas foram obtidas pela incineração da matéria orgânica conforme as recomendações da AOAC (2000).

2.2.2.1.3 Extrato etéreo

A extração e quantificação do extrato etéreo foram realizadas pelo método descrito pela AOAC (2000) no qual o teor de gordura da amostra é extraído através do aparelho extrator *Soxhlet* e a porcentagem de lipídeo é mensurada por diferença de peso.

2.2.2.1.4 Proteína bruta

As proteínas contidas na amostra foram quantificadas de acordo com o método sugerido pela AOAC (2000). Essa metodologia baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio, por digestão em ácido sulfúrico, e em nitrogênio amoniacal por destilação em meio alcalino.

2.2.2.1.5 Fibra solúvel, insolúvel e total

Os teores de fibras foram determinados por metodologia que envolve digestão enzimática e separação das partes da fração insolúvel e solúvel (ASP et al., 1983).

2.2.2.1.6 Extrato não nitrogenado

O conteúdo de carboidratos totais foi calculado pelo método de exclusão do valor obtido pela somatória dos valores das análises centesimais do extrato etéreo, resíduo mineral (cinzas), fibras totais, proteína e umidade (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 1985).

2.2.2.2 Compostos bioativos

2.2.2.2.1 Atividade antioxidante pelo método DPPH

O método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) utilizado na pesquisa baseou na verificação da capacidade antioxidante da amostra pelo sequestro do radical DPPH. Nesse ensaio os compostos bioativos da amostra reagem com o radical DPPH, convertendo-se em sua forma reduzida (1,1-difenil-2-picrilhidrazina). A reação ocorreu com a diluição de uma alíquota (1:200) etanólica em 3,9 mL do radical DPPH. As diluições foram utilizadas para as três amostras de casca de cebola.

A leitura das absorvâncias foi realizada em espectrofotômetro (modelo Unico® 2800 UV/VIS – Interprise Brasil) com o comprimento de onda a 517 nm e os resultados expressos em μM Trolox g^{-1} equivalentes à curva padrão de Trolox.

2.2.2.2.2 Atividade antioxidante pelo método ABTS

A atividade antioxidante foi verificada através da atividade redutora das amostras frente ao ABTS⁺. O radical foi formado pela reação de ABTS 7 mM com persulfato de potássio 140 mM, segundo as metodologias descritas pela EMBRAPA (2007). Uma alíquota metanólica de 20 μL das amostras de cebola amarela (diluição 1:200), cebola branca (1:20) e cebola roxa (1:400) foram diluídas em 2 mL do radical ABTS.

A absorvância das reações foi mensurada através da utilização de espectrofotômetro (modelo Unico® 2800 UV/VIS – Interprise Brasil) com comprimento de onda a 734 nm e os resultados expressos em μM Trlox g^{-1} .

2.2.2.2.3 Quantificação dos compostos fenólicos totais

A metodologia adotada para quantificação dos compostos fenólicos totais foi descrita por Swain, Hillis (1959) com a utilização do Folin Ciocalteu. Foram empregados extratos na diluição 1:1000 para todas as amostras. Esses extratos foram diluídos em metanol e a leitura das absorvâncias foi realizada a 660 nm em espectrofotômetro (modelo Unico® 2800 UV/VIS – Interprise Brasil).

Os resultados obtidos foram expressos em equivalência de mg de ácido gálico por grama de amostra.

2.2.2.3 Compostos antinutricionais

A literatura não apresenta dados sobre os compostos antinutricionais presentes na cebola ou em seu resíduo. Por se tratar de um produto que foi adicionado a uma matriz alimentar, fez-se necessária a realização da quantificação de compostos potencialmente tóxicos presentes nos pós de cascas das diferentes variedades de cebola.

2.2.2.3.1 Quantificação de ácido oxálico

O teor de ácido oxálico foi determinado através de titulação das amostras com solução padronizada de permanganato de potássio, método proposto por Moir (1953).

2.2.2.3.2 Quantificação de ácido fítico

O teor de ácido fítico foi obtido pela digestão das amostras em solução de HCl seguida de purificação em coluna de troca iônica, mediante a eluição do ácido fítico com cloreto de sódio e digestão do eluato até fosfato inorgânico (GRYNSPAN; CHERYAN, 1989).

2.2.2.3.3 Quantificação de taninos

A determinação do teor de taninos foi determinada através da extração da amostra em metanol de acordo com a metodologia prescrita por Price e Hagerman (1980). O padrão utilizado para construir a curva foi a catequina com resultados expressos em mg equivalente de catequina por grama de amostra.

2.2.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado para realização das análises de composição química dos pós de casca de cebola foi o inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos e três repetições. Onde os tratamentos corresponderam às três variedades de cebola (amarela, branca e roxa) analisadas.

2.2.3 Aplicação do pó de casca de cebola em produto cárneo

O produto a partir da casca de cebola que exibiu melhores resultados nas análises dos compostos bioativos foi selecionado e aplicado em almôndegas avícolas.

A aplicação foi realizada com o objetivo de verificar o potencial antioxidativo do pó da casca de cebola sobre a oxidação lipídica na carne bem como as implicações sensoriais ocasionadas pela adição do ingrediente.

2.2.3.1 Processamento das almôndegas

A carne de peito de frango (sem pele) utilizada para a produção das almôndegas foi adquirida e triturada em uma rede de supermercados localizada na cidade de Piracicaba-SP. A carne triturada foi depositada em sacos plásticos e transportada em caixas de poliestilreno expandido com gelo até o Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição; Setor de Nutrição Humana da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz onde foi realizada a elaboração do produto.

O processamento das almôndegas seguiu a metodologia proposta por Racanicci et al. (2004) com adaptações, representada pelo seguinte fluxograma (Figura 6) e os ingredientes utilizados seguiram as recomendações dos padrões de identidade e qualidade para almôndegas preconizadas por Brasil (2000).

Fonte: Racanicci et al. (2004) com adaptações

Figura 6 – Etapas de processamento das almôndegas de frango

Foram realizados 4 tratamentos de almôndega. Todos os tratamentos seguiram a mesma metodologia de produção, alterando apenas a quantidade de pó de casca de cebola adicionado na etapa de mistura.

As quantidades nas concentrações de sal e pó de casca de cebola utilizadas em cada tratamento foram pesadas previamente e incorporadas à carne moída por meio de homogeneização manual.

Os tratamentos foram:

1. Controle (C): Adicionado apenas de sal;
2. Tratamento 1: Adicionado de sal mais a concentração de 0,05% do pó de casca de cebola;
3. Tratamento 2: Adicionado de sal mais a concentração de 0,1% do pó de casca de cebola;

4. Tratamento 3: Adicionado de sal mais a concentração de 0,15% do pó de casca de cebola;

Após completa mistura dos ingredientes, foram pesadas 30 gramas dessa massa base e feita a modelagem das almôndegas (Figura 7).

Figura 7 – Etapa de modelagem das almôndegas

Para avaliação química, as almôndegas modeladas foram embaladas em sacos plásticos com baixa permeabilidade ao oxigênio e imersas em água a 100°C por 8 minutos para o pré-cozimento, para acelerar o processo de oxidação lipídica do produto. Após essa etapa as embalagens contendo as almôndegas foram resfriadas em bandejas contendo gelo e posteriormente desembaladas. As almôndegas foram acondicionadas em embalagens de polietileno (Figura 8) envolvidas por filme plástico aeróbico, mantidos a temperatura de resfriamento (10°C) até o momento das análises químicas.

Figura 8 – Disposição das almôndegas na embalagem de armazenamento

2.2.4 Análises químicas das almôndegas de frango

2.2.4.1 Composição proteica e lipídica

As almôndegas foram analisadas quanto aos conteúdos de proteínas e lipídeos totais.

As análises químicas realizadas seguiram os métodos preconizados pela AOAC (2000).

2.2.4.2 Quantificação da oxidação lipídica (TBARS)

A quantificação do desenvolvimento dos produtos finais da oxidação lipídica nas almôndegas foi realizada segundo metodologia descrita por Vyncke (1970, 1975) e Sorensen e Jorgensen (1996).

As substancias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram quantificadas nos tempos 0 (zero), 2 (dois), 4 (quatro), 6 (seis), 8 (oito), e 10 (dez) dias após o processamento (RACANICCI et al., 2004).

A extração dos produtos de oxidação foi realizada com a diluição de cinco gramas de amostra em quinze mL de solução ácido acético (7,5%)/Propil Galato (0,1%)/EDTA (0,1%). Essa mistura foi homogeneizada em aparelho Ultra Turrax e filtrada em papel filtro qualitativo. 5 (cinco) mL do filtrado foram pipetados em cinco mL de solução de TBARS (0,02 M), e após 40 minutos a 100°C houve a formação do composto colorido e posterior quantificação em espectrofotômetro (modelo Unico® 2800 UV/VIS – Interprise Brasil) com leitura nos comprimentos de onda de 532 nm e 600 nm.

O padrão utilizado para construção da curva padrão foi o 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP) nas concentrações de (0; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 e 5,0 µmol/L de TEP).

2.2.4.3 Cor instrumental

Juntamente com a análise de oxidação lipídica, a cor instrumental das amostras de almôndega adicionadas de pó de casca de cebola foi realizada nos tempos 0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias de armazenamento.

A cor das almôndegas foi mensurada através da leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade das cores vermelha e verde) e b* (intensidade das cores

amarela e azul) com a utilização de colorímetro portátil da marca Minolta Chroma Meter, CR-400.

2.2.3.1 Delineamento experimental

O delineamento utilizado nessas fases do experimento foi o de blocos ao acaso ou inteiramente casualizado com 4 tratamentos, onde (C) foi representado pelo tratamento controle e (1), (2) e (3) para os tratamentos acrescidos do pó da casca de cebola nas concentrações de 0,05%, 0,1% e 0,15% respectivamente, onde o processamento para cada tratamento foi realizado três vezes, retirando alíquotas de cada processamento para homogeneidade dos dados.

As análises de composição centesimal e cor instrumental foram realizadas em triplicata, enquanto a análise de oxidação lipídica foi realizada utilizando duas repetições.

2.2.3 Análise estatística

Os dados foram avaliados estatisticamente pelo software Statistical Analysis System (SAS, 2003). Foram submetidos à análise de variância através do teste de F (ao nível de 5%) para constatação da existência de diferenças significativas entre as médias das amostras. Se a afirmação procedeu, aplicou-se o teste de Tukey a 5% como nível de significância para comparação das médias entre si. Os resultados obtidos foram expressos através de suas médias com o correspondente desvio-padrão.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Processamento do resíduo de cebola

O produto obtido a partir do processamento das cascas das cebolas amarela, branca e roxa podem ser observados na Figura 9:

Figura 9 – Pós de casca de cebola

(A) Pó da casca de cebola amarela; (B) pó da casca de cebola branca; (C) pó da casca de cebola roxa.

Os pós elaborados a partir do resíduo das cebolas amarela, branca e roxa apresentaram granulometria fina (aproximadamente 60 *mesh*); baixa higroscopicidade (17,21; 14,49; 20,03 gramas de água absorvida por 100 gramas de matéria seca). A elevada absorção de água por produtos granulados ou em pó acarreta na formação de aglomerados que limitam posterior aplicação e homogeneização ao produto adicionado. Esse fator pode implicar também na conservação dos pós; elevada umidade em produtos alimentícios aumentam a atividade de água (a.a.) ocasionando contaminação microbiana, em consequência, sua perecibilidade.

2.3.2 Composição química dos pós do resíduo de cebola

2.3.2.1 Composição centesimal

A composição centesimal foi descrita na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição centesimal dos pós de resíduo de casca de variedades diferentes de cebolas

Parâmetros analisados (%)	Pó de cebola amarela	Pó de cebola branca	Pó de cebola roxa
Umidade	7,98±0,16 ^a	9,46±0,12 ^a	8,91±0,15 ^a
Cinzas	6,60±0,21 ^a	7,46±0,20 ^a	6,55±0,18 ^a
Proteínas	0,23±0,10 ^a	0,26±0,08 ^a	0,24±0,06 ^a
Extrato etéreo	0,19±0,04 ^a	0,13±0,06 ^a	0,16±0,04 ^a
Fibras alimentares	69,01±1,63 ^a	65,88±1,88 ^a	65,86±1,51 ^a
Extrato não nitrogenado	15,95 ^a	16,15 ^a	18,25 ^a

*Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si a 5% de significância

Os resultados para umidade mostraram que entre as amostras não houve efeito significativo (ao nível de 5%). Os produtos a partir do resíduo vegetal da cebola apresentaram baixos teores de umidade, devido ao processo de secagem ao qual o material foi submetido antes da preparação dos pós.

A baixa umidade apresentada pelos produtos confere um importante fator para conservação dos pós de casca de cebola.

Alimentos de origem vegetal apresentam em geral baixas quantidades de lipídeos em sua composição centesimal, corroborando com a informação os pós das cascas de cebola das variedades amarela, branca e roxa exibiram quantidades lipídicas mínimas.

As cinzas representam de maneira genérica o conteúdo de minerais presentes na amostra. Apesar do valor superior encontrado de resíduo mineral fixo no pó da casca de cebola branca, estatisticamente o dado não diferiu ao nível de 5% de significância das amostras de cebola amarela e cebola roxa. Comparada com a polpa crua que apresentaram 0,4% desse nutriente (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011), os pós de casca de cebola da presente pesquisa exibiram quantidades de cinzas aproximadamente 15 vezes maiores.

As cascas das variedades de cebola recas e figueres (cultivares espanholas), estudadas por Benitez et al. (2011) apresentaram quantidades médias para cinzas de 10,6 e 9,3%,

respectivamente, demonstrando o elevado conteúdo de minerais presentes no resíduo da cebola, como observado no estudo.

O conteúdo proteico das amostras de resíduo de cebola apresentou valores reduzidos uma vez que segundo Universidade Estadual de Campinas (2011) mesmo a parte comestível desse alimento não apresentou teores significativos de proteína (1,7%), que são encontradas em maiores quantidades em alimentos de origem animal.

As fibras alimentares são polissacarídeos predominantes nos produtos de origem vegetal. As cascas, geralmente produtos de descarte, são excelentes fontes desse nutriente que promovem benefícios à saúde (SAMONTE; TRINIDAD, 2013). O pó produzido pela casca de cebola apresentou elevado conteúdo de fibras alimentares, podendo ser considerado como fonte rica desse nutriente. De acordo com recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do FDA, organismo norte-americano que controla alimentos e medicamentos, cada indivíduo deve consumir um mínimo de 20 gramas de fibras por dia (SALGADO, 2008).

Benitez et al. (2011) concluíram que a casca da cebola pode ser potencialmente utilizada como um ingrediente funcional devido ao elevado conteúdo em fibras alimentares, principalmente na fração insolúvel.

O extrato não nitrogenado não diferiu entre as amostras do produto elaborado a partir da casca da cebola. Os carboidratos se concentraram em maiores quantidades na parte comestível do alimento como visto no estudo realizado por Ugwoke e Ezugwe (2010), que observaram valores médios de 78,35 gramas por 100 gramas do alimento, valor significativamente superior ao pó de casca de cebola estudada.

2.3.2.2. Compostos bioativos

A capacidade antioxidante e a quantidade de compostos fenólicos dos pós das cascas de diferentes variedades de cebola estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Capacidade antioxidante dos pós de diferentes variedades de casca de cebola

Amostra	DPPH (μM de Trolox g^{-1} de extrato)	ABTS (μM de Trolox g^{-1} de extrato)	Fenólicos totais (mg ácido gálico mL^{-1} de extrato)
Pó de cebola amarela	28,47 $\pm$ 0,57 ^b	275,09 $\pm$ 1,21 ^b	84,20 $\pm$ 7,47 ^b
Pó de cebola branca	9,79 $\pm$ 0,56 ^c	14,93 $\pm$ 0,64 ^c	26,53 $\pm$ 1,43 ^c
Pó de cebola roxa	32,90 $\pm$ 0,21 ^a	556,42 $\pm$ 4,05 ^a	134,34 $\pm$ 4,84 ^a

*Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si a 5% de significância

A casca da cebola exibe potencial antioxidante elevado quando comparada à sua polpa. Vários estudos utilizando ensaios comparativos entre essas amostras demonstraram essa capacidade (LU et al., 2011; SHIM; KIM, 2011; KIM; KIM; PARK, 2013).

No estudo das polpas de cebola amarela, branca e roxa, Lu et al., (2011) encontraram respectivamente, capacidade de inibição do radical DPPH nos valores de 4,56; 3,04; 5,20 μM de Trolox por g de extrato, valores esses até 7 vezes inferiores quando comparados aos pós das cascas das mesmas variedades de cebola deste estudo.

Kim, Kim e Park (2013) ao analisarem extratos da casca de cebola amarela, encontraram valores na inibição do DPPH de 41,7 μM de Trolox g^{-1} de extrato, valor este superior a todas as variedades de casca de pó de casca de cebola. Provavelmente alguma das etapas do processo para elaboração dos pós de casca de cebola provavelmente depreciaram os níveis de alguns compostos antioxidantes detectados pela análise de DPPH.

Na análise de ABTS, as amostras diferiram significativamente (ao nível de 5%) para todas as variedades de produto de casca de cebola.

Os princípios do método se assemelham aos da análise de DPPH, diferindo que a medida da capacidade antioxidante na metodologia do ABTS é realizada pela descoloração do radical com a inibição percentual da absorbância a 734 nm, enquanto para o método DPPH, essa mensuração é feita pelo decréscimo da absorbância através da captura do radical a 515 nm (MORZELLE, 2012). Embora os ensaios apresentem o mesmo princípio os valores encontrados neste estudo para ABTS foram superiores, isso decorreu, pois nessa metodologia (EMBRAPA, 2007) são considerados os compostos lipofílicos e hidrofílicos, enquanto na análise de DPPH (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995) muitos dos compostos não reagem ao radical por serem lipofílicos (DASTMALCHI et al., 2011; MULLER; FROHLICH; BOHM, 2011).

O processamento do pó da casca de cebola aumentou a superfície de contato da amostra com o solvente extrator para o ensaio de ABTS, e conferiu grande extração dos compostos antioxidantes detectáveis pelo método. Para a mesma análise Kim, Kim e Park (2013) observaram uma inibição do radical de 149,1 μM de Trolox por g de extrato no estudo da casca de cebola amarela *in natura*, valor inferior ao encontrado nessa pesquisa.

A cebola é um alimento que apresenta quantidades elevadas de compostos fenólicos, podendo ser considerada como fonte dessa substância. Além disso, a casca de cebola contém vários compostos fenólicos, incluindo a quercetina, miricetina, ácido gálico, ácido ferúlico, ácido protocatecuico e kaempferol (SINGH, 2009). As quantidades desses compostos decrescem à medida que se aproxima das camadas interiores do alimento, assim, a casca apresenta uma capacidade antioxidante maior do que a parte comestível tanto para as cebolas amarela, roxa e branca (SHIM; KIM, 2011). O ensaio realizado por Lu et al., (2011) mostrou resultados para as polpas de cebola amarela de 1,64 mg ácido gálico mL^{-1} de extrato, branca 2,69 mg ácido gálico mL^{-1} de extrato e para cebola roxa 4,28 mg ácido gálico mL^{-1} de extrato. Os resultados encontrados nesta pesquisa também comprovam a afirmativa de que a casca de cebola apresenta conteúdo de compostos fenólicos significativamente maiores do que os encontrados nas polpas.

A composição fenólica do extrato de casca de cebola amarela analisada por Kim, Kim e Park (2013) quando extraído utilizando como solvente etanol, o mesmo utilizado nesse trabalho, o valor encontrado foi superior (100,2 mg ácido gálico mL^{-1} de extrato) quando comparado ao pó da casca da mesma variedade (84,2 mg ácido gálico mL^{-1} de extrato), porém inferior ao pó da casca de cebola roxa (134,34 mg ácido gálico mL^{-1} de extrato) ambos estudados na presente pesquisa. O conteúdo fenólico na casca e na polpa das cebolas roxas é elevado em relação às variedades amarelas e brancas (ALBISHI et al., 2013).

Benitez et al. (2011) caracterizou o conteúdo fenólico total do resíduo de cebola da variedade Recas e obteve quantidade média de 52,7 mg ácido gálico mL^{-1} , valor este intermediário aos resultados obtidos para os produtos das variedades amarela e branca, porém inferior ao pó da casca da cebola roxa.

A amostra da casca de cebola roxa exibiu perfil fenólico significativamente superior (ao nível de 5%) em comparação aos outros tratamentos. A casca da cebola branca apresentou quantidades de compostos fenólicos até 32 vezes menores que a variedade roxa conforme citado por Albishi et al., (2013).

As condições de cultivo da cebola interferem na quantidade de compostos bioativos presentes no produto final. A biossíntese de flavonoides é afetada principalmente pelas

diferentes condições de cultivo, tais como condições climáticas, localização da planta e período de colheita. O conteúdo de flavonoides afeta assim diretamente os valores de compostos fenólicos alterando o poder antioxidante tanto da casca como da polpa (OU et al., 2002).

A elevada atividade antioxidante exibida pelos pós das cascas de cebola amarela, branca e roxa decorre da concentração de compostos, principalmente dos fenólicos, presentes nas cascas da cebola (ALBISHI et al., 2013). Apesar do processamento da casca até a transformação em pó, observou-se nessa pesquisa que a capacidade antioxidante do produto sofreu uma depreciação mínima, ao produto do resíduo de cebola roxa, sugerindo ser esse um potente conservante natural. Por conta desse resultado o pó da cebola roxa foi o selecionado para a aplicação ao produto cárneo.

2.3.2.3. Compostos antinutricionais

Os resíduos vegetais, material de descarte da indústria de alimentos, contêm compostos de alto valor nutricional e funcional, porém muitos alimentos de origem vegetal são fontes de fatores antinutricionais que afetam na biodisponibilidade dos macro e micronutrientes (SANTOS, 2006).

As quantidades dos compostos antinutricionais analisados nos pós de casca de cebola podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Antinutrientes nas amostras de pós de casca de cebola

Amostra	Ácido oxálico (%)	Ácido fítico (mg.g⁻¹)	Taninos (µg.g⁻¹ amostra)
Pó de cebola amarela	0,96±0,13 ^a	9,25±0,50 ^a	1,49±0,10 ^a
Pó de cebola branca	1,08±0,10 ^a	9,21±0,71 ^a	0,17±0,10 ^a
Pó de cebola roxa	0,96±0,10 ^a	8,95±0,39 ^a	61,95±1,70 ^b

*Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si a 5% de significância

Os teores de ácido oxálico para os três pós de casca de cebola não diferiram significativamente ao nível de 5%. Porém os três tipos de pós apresentaram grandes quantidades desse nutriente (0,96% para cebolas amarelas; 1,08% para cebolas branca; 0,96% para cebolas roxa). O teor de ácido oxálico em alimentos é considerado elevado quando

atinge valores entre 0,5 e 1g em 100 gramas de produto (MASSEY, 2007). Como esse produto é empregado em pequenas quantidade em adição a outras matrizes alimentares as quantidades adicionadas podem serem consideradas segura para o consumo humano.

O ácido oxálico é um importante antinutriente presente na maioria dos alimentos de origem vegetal. Esse composto é formado nos vegetais pela ação de microrganismos através da oxidação incompleta de carboidratos (ROCHA, 2009).

O principal mecanismo de ação do ácido oxálico no organismo humano se dá pela produção de sais insolúveis (oxalatos), que se ligam a outros nutrientes, como o cálcio, impedindo a absorção desses pelo organismo, ocasionando problemas como a desmineralização óssea (ROCHA, 2009).

Os fitatos representam um grupo complexo de compostos naturais que ocorrem principalmente em cereais e leguminosas e que afetam as suas propriedades funcionais e nutricionais. Os fitatos são sais do ácido fítico que se complexa com minerais e proteínas impedindo a absorção desses nutrientes no trato gastrointestinal (BENEVIDES et al., 2011).

As amostras de casca de cebola apresentaram valores seguros para consumo de ácido fítico. Quantidades abaixo de 100 mg.g^{-1} não representam perigo à saúde do consumidor (BENEVIDES et al., 2011).

Os taninos são metabólitos secundários encontrados amplamente nas cascas de vegetais. Pertence ao grupo dos compostos bioativos polifenóis, mas são considerados antinutrientes pelo efeito adverso na digestibilidade das proteínas (DELFINO; CANIATTI-BRAZACA, 2010; BENEVIDES et al., 2011).

As quantidades de taninos encontradas nos produtos de casca de cebola são inferiores aquelas consideradas prejudiciais à biodisponibilidade do ferro e da proteína. Segundo Martinez e Moyano (2003), a interferência nutricional ocorre quando o alimento apresenta quantidades entre 10 a 50 mg g^{-1} , sendo que na presente pesquisa o valor o máximo encontrado foi de $61,95 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ amostra.

Apesar das quantidades dos compostos antinutricionais encontrados nas amostras não constituírem risco à saúde, seu conhecimento é importante devido ao fato da ausência de dados científicos sobre a presença desses nas cebolas bem como em seus resíduos. Produtos destinados à alimentação humana devem apresentar segurança e o mínimo de riscos possíveis à saúde do consumidor.

2.3.3. Análises químicas das almôndegas de frango

2.3.3.1. Composição proteica e lipídica

A fração dos componentes nutricionais das almôndegas avícolas pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição lipídica e proteica das almôndegas de frango

Parâmetro analisado (%)	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Extrato etéreo	1,95±0,06 ^a	1,87±0,09 ^a	1,72±0,33 ^a	1,75±0,19 ^a
Proteínas	24,71±1,76 ^a	26,70±1,29 ^a	23,06±1,14 ^a	24,48±1,87 ^a

Foram realizadas as análises de extrato etéreo e proteínas como exigência ao Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de almôndega (BRASIL, 2000).

A legislação preconiza que a almôndega deve conter no máximo 18% de gorduras totais (BRASIL, 2000), sendo assim todos os tratamentos de almôndega de carne de frango se enquadraram na legislação.

Para os resultados de extrato etéreo, as amostras não apresentaram diferença estatística em nível de 5% de significância. A carne de frango apresenta baixas quantidades de gorduras totais (KOUBA; MOUROT, 2011). Justificando o resultado encontrado nesse estudo.

A análise de proteínas demonstrou que os valores de todas as amostras não diferiram significativamente (ao nível de 5%). O conteúdo proteico se manteve semelhante em todos os tratamentos.

Todos os tratamentos de almôndega apresentaram quantidades elevadas de proteínas. Os padrões de identidade e qualidade para almôndega preceituam como característica físico-química um teor mínimo proteico de 18% para o produto (BRASIL, 2000), valor atingido por todos os produtos analisados.

2.3.3.2. Quantificação da oxidação lipídica (TBARS)

Almôndegas de carne pré-cozidas produzidas a partir de carne de frango processada foram consideradas como um alimento sensível à oxidação lipídica devida sua alta concentração de ácidos graxos insaturados (RACANICCI et al., 2004).

Os resultados de análise de variância para os valores de TBARS das almôndegas de carne de frango pré-cozida demonstraram que houve efeito significativo entre o tratamento controle dos demais tratamentos (ao nível de 5%) tanto para o tempo de armazenamento quanto para o efeito de interação.

Observando a Tabela 6, verificou-se que o tratamento controle apresentou médias significativamente maiores (ao nível de 5%) em relação aos demais tratamentos. Não houve diferença estatística (ao nível de 5%) entre os tratamentos adicionados com casca de pó de cebola roxa em diferentes concentrações, indicando a eficiência da adição de qualquer uma das quantidades do produto como antioxidante em carne de frango.

Tabela 6 – Resultados de TBARS para os diferentes tratamentos de almôndega de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	10
	Valor em TBARS (μmol malonaldeído kg^{-1})					
Controle	5,49 $\pm$ 0,07 ^{Af}	7,12 $\pm$ 0,26 ^{Ae}	8,01 $\pm$ 0,08 ^{Ad}	9,42 $\pm$ 0,04 ^{Ac}	10,07 $\pm$ 0,10 ^{Ab}	11,21 $\pm$ 0,45 ^{Aa}
Tratamento 1	0,72 $\pm$ 0,08 ^{Ba}	0,78 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,88 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,92 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,94 $\pm$ 0,05 ^{Ba}	0,81 $\pm$ 0,06 ^{Ba}
Tratamento 2	0,54 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,59 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,62 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,65 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,64 $\pm$ 0,08 ^{Ba}	0,75 $\pm$ 0,01 ^{Ba}
Tratamento 3	0,69 $\pm$ 0,10 ^{Ba}	0,71 $\pm$ 0,09 ^{Ba}	0,76 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,73 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,86 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,87 $\pm$ 0,05 ^{Ba}

*Letras diferentes (maiúsculas) na mesma coluna significa diferença (5%) entre os tratamentos; letras diferentes (minúsculas) na mesma linha significa diferença (5%) para o tempo de armazenamento

Na Figura 10 observa-se que os valores médios da concentração de malonaldeído (TBARS) no tratamento controle foram significativamente maiores (nível de 5%) que os tratamentos que utilizaram concentrações de 0,05; 0,1 e 0,15% de pó de casca de cebola roxa. Pode ser observado também, que os tratamentos com o uso do antioxidante natural não apresentaram variações significativas (ao nível de 5%) ao longo da estocagem do produto. As quantidades de TBARS para a tratamento 2 foram inferiores em relação aos outros tratamentos durante os 10 dias de armazenamento, demonstrando assim que a concentração ideal de adição do produto antioxidante para prevenção da degradação lipídica foi de 0,1 grama por quilo de carne de frango processada, resultados esses que divergem do estudo, em que se empregou três concentrações de extrato de casca de cebola (0,05; 0,1 e 0,2%) para a

conservação de carne de porco moída na qual a menor eficiência contra a oxidação lipídica foi observada na concentração de 0,1% (RACANICCI et al., 2012).

No estudo da oxidação lipídica em almôndegas produzidas a partir de carne de frango, Racanicci et al. (2004) empregaram especiarias, alecrim e orégano, e obtiveram resultados semelhantes ao desse estudo, dando destaque principalmente ao orégano como uma fonte de antioxidantes para carnes pré-cozidas. O mecanismo de ação para essa proteção se dá provavelmente pela ação de regeneração do α -tocoferol pelos polifenóis presentes nas plantas.

Extratos etanólicos de casca de cebola foram testados por Kim et al., (2012) na avaliação do potencial antioxidativo lipídico em carne de porco triturada. No estudo os autores encontraram valores médios para TBARS de 0,58 μmol malonaldeído kg^{-1} de carne (0,05% de extrato); 0,60 μmol malonaldeído kg^{-1} de carne (0,1% de extrato); 0,54 μmol malonaldeído kg^{-1} de carne (0,2% de extrato) durante o armazenamento por 16 dias do produto, valores esses semelhantes ao mostrados por esse estudo. O pó utilizado para a conservação das almôndegas de frango apresentou elevada capacidade antioxidante, sendo semelhante a extratos concentrados da mesma parte do vegetal estudado por outros autores.

Figura 10 – Valores médios de TBARS de almôndega de frango cozida por tempo de armazenamento

Os valores médios de TBARS aumentam durante todo o armazenamento do produto devido ao desenvolvimento da oxidação lipídica. Segundo Melton (1983), Rhee et al., (1997),

Grau et al., (2000) e Bhat, Pathak e Fayaz (2013) a deterioração dos ácidos graxos prossegue mesmo sob baixas temperaturas de estocagem, embora o frio estabilize as reações enzimáticas e microbiológicas, a oxidação dos óleos e gorduras continuam a ocorrer, porém de maneira mais lenta. Concordando com a afirmativa, observou-se nesse estudo um aumento gradativo nos valores médios da concentração de malonaldeído durante o armazenamento para todos os tratamentos de almôndega, indicando a progressão da oxidação do produto.

Corroborando com a presente pesquisa, Selani (2010) estudou a ação antioxidante de resíduos vegetais (casca de uva) na conservação de carne de frango processada e verificou a eficácia na manutenção dos níveis de malonaldeído e aumento gradativo dessa concentração durante todo o processo de armazenamento.

Entretanto durante os 10 dias de armazenamento das almôndegas houve um decréscimo no valor médio de TBARS para alguns tratamentos (tratamento 1 no tempo 10 e tratamento 2 no tempo 8). As proteínas presentes no alimento assim como outros nutrientes, podem reagir e combinar com o malonaldeído, formando compostos estáveis que subestimam o valor de TBARS (SHAMBERGER; SHAMBERGER; WILLIS, 1977).

A partir de concentrações de 10 μmol de malonaldeído por quilo de carne, as características sensoriais do produto são afetadas ocasionando o *flavor* de ranço e em consequência a rejeição pelo consumidor (LANARI; SCHAEFER; SCHELLER, 1995). As concentrações utilizadas do antioxidante natural empregadas nessa pesquisa protegeram as almôndegas de forma notável durante todo o período de armazenamento, mantendo os níveis de TBARS aceitáveis durante os 10 dias de estocagem.

A amostra controle que não apresentava a adição do pó de casca de cebola, após 8 dias de armazenamento apresentou nível considerado elevado do ponto de vista sensorial (LANARI; SCHAEFER; SCHELLER, 1995). A almôndega pré-cozida de frango foi protegida de forma significativa (ao nível de 5%) quando adicionada nas concentrações 0,05; 0,1 e 0,15% de pó de casca de cebola roxa.

2.3.3.3 Cor instrumental

De acordo com a análise de variância, a amostra controle mostrou maiores valores de L^* (luminosidade) diferindo ao nível de 5% de significância de todos os outros tratamentos, indicando a amostra mais pálida (Tabela 6). A adição do pó da casca de cebola roxa provocou maiores alterações diminuindo os níveis do valor L^* para os tratamentos que havia em sua composição o antioxidante natural. Em consequência de uma adição em maior quantidade

(0,15%) o tratamento 3 apresentou um decréscimo mais expressivo em relação a esse atributo (Figura 11), diferindo significativamente dos demais tratamentos (ao nível de 5%). O escurecimento das amostras ocorreu provavelmente pela coloração escura proveniente do pó da casca da cebola roxa.

Um estudo realizado por Brannan (2009), empregando carne de frango cozida e outro realizado por Selani (2010), estudando hambúrgueres de frango cozido ambos adicionados de extrato de bagaço de uva, mostraram baixos valores de L^* em ambos tratamentos. Observa-se que a adição de ingredientes de cores escuras segue a mesma tendência da presente pesquisa.

O estudo da utilização de extrato de casca de cebola na preservação de carne de porco crua realizada por Kim et al., (2014) mostrou diferença significativa nos valores de luminonidade (L^*) entre o tratamento e o grupo controle. A intensidade da cor da casca da cebola colaborou no escurecimento do produto, corroborando com os dados obtidos no presente estudo.

O tempo de armazenamento influenciou significativamente para todas os tratamentos de almôndega de frango, dando destaque para perda de luminosidade do tratamento 3. Apesar da conservação do produto, o emprego de elevada quantidade de pó de casca de cebola ocasionou um maior escurecimento ocasionando menor atratividade sensorial do produto.

Kim et al., (2014) também notaram a influência do tempo no escurecimento do produto. No estudo os autores constataram que o armazenamento da carne suína adicionado do extrato da casca de cebola contribuiu para o aumento das médias dos valores de L^* .

A intensificação da coloração escura devido ao avançar do tempo de armazenamento também foi estudada por Gok e Bor (2012), que observaram que durante 10 dias de armazenamento, as almôndegas adicionadas de extrato de folhas de oliva e extrato de blueberry apresentaram valores médios de L^* reduzidos, concordando com os resultados obtidos na presente pesquisa.

Tabela 6 – Valores médios do parâmetro de cor L* de almôndega de frango pré-cozida

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	10
	L* (luminosidade)					
Controle	81,2±1,08 ^{Ab}	81,3±0,76 ^{Aab}	82,3±0,46 ^{Aa}	82,0±0,38 ^{Aab}	81,6±0,6 ^{Aab}	82,0±0,66 ^{Aab}
Tratamento 1	78,6±1,26 ^{Bb}	78,4±1,97 ^{Bcb}	80,1±0,75 ^{Ba}	79,8±0,48 ^{Ba}	79,8±0,53 ^{Ba}	80,5±0,61 ^{Ba}
Tratamento 2	77,9±0,86 ^{Bb}	78,9±0,68 ^{Bab}	79,7±0,69 ^{Ba}	79,0±0,41 ^{Ba}	78,7±1,16 ^{Cab}	79,2±0,51 ^{Ca}
Tratamento 3	77,6±0,64 ^{Ba}	77,6±0,90 ^{Ca}	77,8±1,09 ^{Ca}	77,3±0,57 ^{Ca}	77,3±0,77 ^{Da}	76,0±0,71 ^{Db}

*Letras diferentes (maiúsculas) na mesma coluna significa diferença (5%) entre os tratamentos; letras diferentes (minúsculas) na mesma linha significa diferença (5%) para o tempo de armazenamento

Figura 11 – Valores médios de L* para almôndegas de frango pré-cozidas adicionadas de pó de casca de cebola

O valor do parâmetro a* representa a intensidade da coloração vermelha nas amostras. Analisando estatisticamente o atributo, entre as amostras apenas o tratamento 1 no 8º dia de armazenamento diferiu em nível de 5% de significância dos outros tratamentos (tabela 7). Essa diferença isolada ocorreu provavelmente pelo ponto utilizado na leitura da cor, ingredientes não homogeneizados totalmente durante a etapa de elaboração do produto podem afetar os valores encontrados na análise de cor. Sendo assim, o acréscimo do pó de casca de cebola não influenciou na observação da cor vermelha nos tratamentos de almôndega de

frango. A amostra que apresentou maior média no valor de a^* foi a tratamento 1 que apresentava 0,05% de pó de casca de cebola roxa (Figura 12).

O parâmetro a^* de cor instrumental analisado por Gok et al., (2011) mostrou diferenças significativas nas médias entre almôndega adicionada de semente de papoula do tratamento controle (sem adição da semente), discordando seus dados com os do presente estudo.

Semelhante aos resultados encontrados nesse estudo, Kim et al., (2014), notaram pequenas variações para os valores médios de a^* (6,2-7,0) quando adicionado extrato de casca de cebola a carne de porco crua. A adição da casca da cebola em produtos cárneos demonstra pouca interferência na coloração vermelha (a^*).

A variável tempo de armazenamento influenciou significativamente (ao nível de 5%) para todos os tratamentos, exceto para o tratamento 1, na qual a cor vermelha (a^*) não foi afetada pela estocagem do produto (Figura 12).

Kim et al., (2014) no estudo de carne de porco acrescida de extrato de casca de cebola também constataram a influência do tempo sobre o parâmetro a^* .

Os valores médios da cor vermelha (a^*) de almôndegas com extratos de folhas de oliva e blueberry estudados por Gok e Bor (2012), diminuíram com o aumento do tempo de estocagem do produto, comprovando a interferência da variável sobre o valor de cor a^* .

Tabela 7 – Valores médios do parâmetro de cor a^* de almôndega de frango pré-cozida

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	10
	a^* (vermelho)					
Controle	2,4±0,31 ^{Aab}	1,8±1,49 ^{Ba}	2,5±0,12 ^{Ab}	2,6±0,28 ^{Ab}	2,6±0,15 ^{ABb}	2,6±0,19 ^{ABb}
Tratamento 1	2,4±0,14 ^{Aa}	2,5±0,27 ^{Aa}	2,8±0,14 ^{Aa}	2,8±0,07 ^{Aa}	3,0±0,14 ^{Ba}	2,8±0,27 ^{Ba}
Tratamento 2	2,8±0,16 ^{Aab}	2,9±0,18 ^{Ab}	2,9±0,15 ^{Ab}	2,6±0,14 ^{Aab}	2,2±1,73 ^{Aa}	2,6±0,11 ^{ABab}
Tratamento 3	2,4±0,26 ^{Aa}	2,6±0,12 ^{Aa}	2,4±0,18 ^{Aa}	2,4±0,14 ^{Aa}	2,6±0,13 ^{Aba}	2,2±0,14 ^{Aa}

*Letras diferentes (maiúsculas) na mesma coluna significa diferença (5%) entre os tratamentos; letras diferentes (minúsculas) na mesma linha significa diferença (5%) para o tempo de armazenamento

Figura 12 – Valores médios de a^* para almôndega de frango pré-cozida adicionadas de pó de casca de cebola

Houve diferença significativa entre as amostras para todos os tratamentos, em nível de 5%, em relação aos valores médios encontrados para b^* , como pode ser observado na tabela 11.

Os tratamentos 1 e 2 diferiram estatisticamente do tratamento com maior adição do pó de casca de cebola (tratamento 3) (Figura 13). O aumento da concentração do produto antioxidante utilizado foi diretamente proporcional à diminuição do atributo de cor a^* , demonstrando novamente que a coloração escura do pó da casca de cebola roxa pode ter inferido na coloração amarela das almôndegas de frango.

A redução dos valores médios de b^* também foi observada no estudo realizado por Kim et al., (2014), a cor escura dos extratos de casca de cebola na carne de suína provocou alteração na coloração amarela do produto, semelhante ao que ocorreu no presente estudo.

Quanto ao tempo de armazenamento, o tratamento 1 não apresentou diferença estatística, porém para todos os outros tratamentos, os valores médios de a^* diferiram entre si ao nível de 5%.

Tabela 8 – Valores médios para do parâmetro de cor b* de almôndega de frango pré-cozida

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	10
	b* (amarelo)					
Controle	17,2±0,46 ^{Ab}	17,3±0,56 ^{Aab}	17,7±0,96 ^{Aab}	17,2±0,73 ^{Ab}	17,7±0,62 ^{Aab}	17,8±0,62 ^{Aa}
Tratamento 1	16,4±0,61 ^{Ba}	15,9±0,39 ^{Ba}	16,4±0,64 ^{Ba}	16,2±0,25 ^{Ba}	16,4±0,23 ^{Ba}	16,3±0,24 ^{Ba}
Tratamento 2	16,5±0,28 ^{Ba}	15,8±0,22 ^{Bb}	16,1±0,23 ^{Bab}	15,8±0,35 ^{Bb}	16,8±0,30 ^{Ba}	16,1±0,30 ^{Bab}
Tratamento 3	14,8±0,46 ^{Cb}	14,9±0,33 ^{Cab}	15,1±0,33 ^{Cab}	15,1±0,16 ^{Cab}	15,4±0,32 ^{Ca}	15,3±0,21 ^{Cab}

*Letras diferentes (maiúsculas) na mesma coluna significa diferença (5%) entre os tratamentos; letras diferentes (minúsculas) na mesma linha significa diferença (5%) para o tempo de armazenamento

Figura 13 – Valores médios de b* para almôndega de frango pré-cozida adicionadas de pó de casca de cebola

Em relação à cor de maneira geral, o pó de casca de cebola ocasionou escurecimento das amostras (diminuição do valor L*), pouca interferência na coloração vermelha (manutenção do valor a*) e a redução na intensidade da cor amarela (diminuição do valor b*).

3 CONCLUSÃO

Do presente trabalho foram sugeridas as seguintes conclusões:

O pó do resíduo de cebolas das variedades amarela, branca e roxa apresentam elevada capacidade antioxidante;

O pó da casca de cebola roxa apresenta maior capacidade antioxidante;

A adição do pó da casca de cebola nas concentrações de 0,5; 0,1 e 1,5% promovem proteção contra a oxidação lipídica das almôndegas de frango, dando destaque à concentração de 0,1%;

Os pós de casca de cebola promovem alteração da cor do produto cárneo;

Os pós das cascas de todas as variedades de cebolas apresentam-se como potenciais ingredientes funcionais com ação antioxidante;

O pó de casca de cebola roxa pode representar uma alternativa em substituição aos conservantes sintéticos utilizados em produtos cárneos.

REFERÊNCIAS

- ABAYOMI, L.A.; TERRY, L.A. Implications of spatial and temporal changes in concentration of pyruvate and glucose in onion (*Allium cepa* L.) bulbs during controlled atmosphere storage. **Journal of Science Food and Agriculture**, Bedfordshire, v. 89, n. 1, p. 683-687, Feb. 2009.
- AFANAS'EV, I.B.; DCROZHKO, A.I.; BRODSKII, A.V.; KOSTYUK, V.A.; POTAPOVITCH, A.I. Chelating and free radical scavenging mechanism of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. **Biochemical Pharmacology**, Kansas City, v. 38, n. 1, p. 1763-1769, Jun. 1989.
- ALBISHI, T.; JOHN, J.A.; AL-KHALIFA, J.S.; SHAHIDI, F. Antioxidative phenolic constituents of skins of onion varieties and their activities. **Journal of Functional Foods**, Saint John's, v. 5, n. 3, p. 1191-1203, July 2013.
- ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. Rancidity in Foods. London: Springer, 1994. 290 p. antioxidant enzymes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 4, p. 726-728, July/Aug. 1996.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17th ed. Washington, DC, 2000. v.2, n. 1, 1175p.
- ASGHAR, A.; GRAY, J.L.; BUCKLEY, D.J.; PEARSON, A.M.; BOREN, A.M. Perspectives of warmed-over flavor. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 1, p. 102-108, Feb. 1988.
- ASP, N.G.; CLAES, G.J.; HALLMER, H.; SILJESTRON, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of agricultural and food chemistry**, Maryland, v.3, n. 3, p. 476-482, May 1983.
- BEHLING, E.B.; SENDÃO, M.C.; FRANCESCATO, H.D.C.; ANTUNES, L.M.G.; BIANCHI, M.L.P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 3, p. 285-292, Jun. 2004.
- BELITZ, H.D.; GROSCH, W. **Food Chemistry**. Berlim: Springer Verlag, 1999. v. 2. chap. 17 p.693-715.
- BENEVIDES, C.M.J.; SOUZA, M.V.; SOUZA, R.D.B.; LOPES, M.V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, 67-79, Abril 2011.
- BENITEZ, V.; MOLLA, E.; MARTÍN-CABREJAS, M.A.; AGUIELERA, Y.; LOPEZ-ANDREU, F.J.; ESTEBAN, R.M. Onion (*Allium cepa* L.) by-products as source of dietary fiber: physicochemical properties and effect on serum lipid levels in high-fat fed rats. **European Food Research and Technology**, Madrid, Espanha, v. 234, n. 1, p. 617-625, Jan. 2012.

BENITEZ, V.; MOLLA, E.; MARTIN-CABREJAS, M.; AGULERA, Y.; LOPEZ-ANDREU, F.; COOLS, K.; TERRY, L.A.; ESTEBAN R.M. Characterization of Industrial Onion Wastes (*Allium cepa* L.): Dietary Fibre and Bioactive Compounds. **Plants Food for Human Nutrition**, New York, v. 66, n. 1, p. 48-57, Feb. 2011.

BENKEBLIA, N. Free-radical scavenging capacity and antioxidant properties of some selected onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) extracts. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 5, p. 753–759, Set. 2005.

BERSET, C.; CUVELIER, M.E. Méthodes d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et de mesure du pouvoir antioxydant. **Science des Aliments**, Paris, v. 16, n. 1, p. 219-245, Mar. 1996.

BHAT, Z.F.; PATHAK, V.; FAYAZ, H. Effect of refrigerated storage on the quality characteristics of microwave cooked chicken *seekh kababs* extended with different non-meat proteins. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 50, n. 5, p. 926-933, Oct. 2013.

BLOCK, E. All things *Allium*: *Alliums* in literature, arts and culture. In:____. **Garlic and other Alliums: the lore and the science**. Cambridge: The royal Society of Chemistry, 2010. chap. 2, p. 33-54.

BOSELLI, E.; CARDENIA, V.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T. Cholesterol photosensitized oxidation in muscle foods. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v.114, n. 1, p.644–655, May 2012.

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

BRANEN, A.L. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 5, n. 2, p. 59-63, Sept. 1975.

BRANNAN, R.G. Effect of grape seed extract on descriptive sensory analysis of ground chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 81, n. 4, p. 589-595, Apr. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 20, de 31 de Julho de 2000**: Regulamento técnico de identidade e qualidade de almondega. Brasília, 2000.

BUXIANG, S.; FUKUHARA, M. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole, and flavonoid on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. **Toxicology**, Tokyo, v. 122, n. 1, p. 61-72, Sept. 1997.

BYSTRICKÁ, J.; MUSILOVÁ, J.; VOLLMANNOVÁ, A.; TIMORACKÁ, M.; KAVALCOVÁ, P. Bioactive components of onion (*Allium cepa* L.) – a Review. **Acta Alimentaria**, Slovak Republic, v. 42, n. 1, p. 11–22, Mar. 2013.

COOK, N.C.; SAMMAN, S. Flavonoids – chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v. 7, n. 1, p. 66-76, Jan. 1996.

CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAVERDE, C.; GALOBART, J.; GUARDIOLA, F.; BAUCCELLS, M.D. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. **Poultry Science**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 48-55, Jan. 2005.

CORZO-MARTINEZ, M.; CORZO N.; VILLAMIEL M. Biological properties of onions and garlic. **Trends in Food Science and Technology**, Madrid, v. 18, n. 12, p. 609-625, Dec. 2007.

CULLERE, M.; HOFFMAN, L.C.; DALLE ZOTTE, A. First evaluation of unfermented and fermented rooibos (*Aspalathus linearis*) in preventing lipid oxidation in meat products. **Meat Science**, Oxford, v. 95, n. 1, p. 72-77, Sept. 2013.

DASTMALCHI, K.; FLORES, G.; PETROVA, V.; PEDRAZA-PENALOSA, P.; KENNELLY, E.J. Edible Neotropical Blueberries: Antioxidant and Compositional Fingerprint Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 59, n. 7, p. 3020–3026, Mar. 2011.

DAVIDEK, J.; VELISEK, J.; POKORNEY, J. **Chemical changes during food processing**. Amsterdam: Developments in Food Science, 1990. 448p.

DELFINO, R.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade protéica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, 308-312, Abril/Jun. 2010.

EMBRAPA. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Fortaleza, 2007. 4p.
Disponível: <www.cnpat.embrapa.br/cnpat/down/index.php?pub/Cot_128.pdf>. Acesso em: 3 de junho de 2013.

FASSEAS, M.K.; MOUNTZOURIS, K.C.; TARANTILIS, P.A.; POLISSIOUS, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, Mysore, v. 106, n. 1, p. 1188–1194, Jul. 2007.

FEINER, G. **Meat products handbook: practical science and technology**. Cambridge: CRC Press, 2006. 648p.

FERNANDEZ-GINES, J.M.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.F.; SAYAS-BARBERA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J.A. Meat Products as Functional Foods: A Review. **Journal of Food Science**, Malden, v. 70, n. 2, p. 37-43, Mar. 2005.

FKI, I.; BOUAZIZ, M.; SAHNOUN, Z.; SAYADI, S. Hypocholesterolemic effects of phenolic-rich extracts of Chemlali olive cultivar in rats fed a cholesterol-rich diet. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, Sfax, v. 13, n. 1, p. 5362-5370, Jun. 2005.

FRANKEL, E.N. Lipid oxidation. **Progress in Lipid Research**, Oxford, UK, v. 19, n. 1/2, p. 1-22, Jan/June 1980.

FURUSAWA, M.; TANAKA, T.; NAKAYA, K.; IINUMA, M.; TSUCHIYA, H. A new flavonol glucoside from onion. **Heterocycles**, Amsterdam, v. 57, p. 2175–2177, Jun. 2002.

FURUSAWA, M.; TSUCHIYA, H.; NAGAYAMA, M.; TANAKA, T.; NAKAYA, K.; IINUMA, M. 2003. Anti-platelet and membrane- rigidifying flavonoids in brownish scale of onion. **Journal of Health Science**, Tokyo, v. 49, n. 1, p. 475–480, Sep. 2003.

GABLER, N.K.; OSTROWSKA, E.; STERLING, S.J.; JONES, R.B.; TATHAM, B.G.; EAGLING, D.R.; JOIS, M.; DUNSHEA, F.R. Consumption of raw brown onions variably modulate plasma lipid profile and lipoprotein oxidation in pigs fed a high-fat diet. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Werribee, v. 85, n. 1, p. 154–160, Jan. 2005.

GAWLIK-DZIK, U.; ŚWIECA, M.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; TOMIŁO, J.; CZYZ, J. Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (*Allium cepa* L.) skin. **Food Chemistry**, Mysore, v. 138, n. 2, p. 1621–1628, June 2013.

GOK, V.; AKKAYA, L.; OBUZ, E.; BULUT, S. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. **Meat Science**, Oxford, v. 89, n. 1, p. 400–404, Apr. 2011.

GOK, V.; BOR, Y. Effect of olive leaf, blueberry and *Zizyphus jujuba* extracts on the quality and shelf life of meatball during storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 10, n.2, p. 190–195, April 2012.

GONZALEZ-SAIZ, J.M.; ESTEBAN-DIEZ, I.; RODRIGUEZ-TECEDOR, S.; PIZARRO, C. Valorization of onion waste and by-products: MCR-ALS applied to reveal the compositional profiles of alcoholic fermentations of onion juice monitored by near-infrared spectroscopy. **Biotechnology and Bioengineering**, La Rioja, v. 101, n. 1, p. 776–787, Nov. 2008.

GRAEFE, E.U.; WITTIG, J.; MUELLER, S.; RIETHLING, A.K.; UEHLEKE, B.; DREWELOW, B. Pharmacokinetics and bioavailability of quercetin glycosides in human. **Journal of Clinical Pharmacology**, Sinzig, v. 41, n. 5, p. 492–499, May 2001.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; BOATELLA, J.; CODONY, R. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: influence of various parameters. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 48, n. 4, p. 1155–1159, Apr. 2000.

GREEN, B.E.; CUMUZE, T.H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists' assessments of oxidized flavor in cooked beef. **Journal of Food Science**, Malden, v. 47, n. 1, p. 52–54, Jan. 1982.

GRYNSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **Journal of the American Oil Chemist Society**, Chicago, v. 66, n. 1, p. 93–97, Jan. 1989.

GUARDIOLA, F.; CODONY, R.; ADDIS, P.B.; RAFECAS, M.; BOATELLA, J. Biological effects of oxysterol: current status. **Food Chemical and Toxicology**, Boston, v. 34, n. 1, p. 193–211, Jan. 1996.

GULSEN, A.; MAKRIS, D.P.; KEFALAS, P. Biomimetic oxidation of quercetin: isolation of a naturally occurring quercetin heterodimer and evaluation of its in vitro antioxidant properties. **Food Research International**, Chania, v. 40, n. 1, p. 7-14, Mar. 2007.

HAVSTEEN, B.N. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. **Pharmacol. Pharmacology and Therapeutics**, Kansas City, v. 96, n. 1, p. 67-202, Nov. 2002.

HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.; KATAN, M.B.; KROMHOUT, D. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands. **Nutrition and Cancer**, London, v. 20, n. 1, p. 21- 29, Feb. 1993.

HSU, C.K.; CHIANG, B.H.; CHEN, Y.S.; YANG, J.H.; LIU, C.L. Improving the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum Gaertn*) sprout with trace element water. **Food Chemistry**, Mysore, v. 108, n. 1, p. 633–641, Nov. 2008.

ICIEK, M.; KWIECIEN M.; WLODEK L. Biological Properties of Garlic and Garlic-Derived Organosulfur Compounds. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, Kraków, v. 50, n. 3, p. 247-265, Apr. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo:Ed. Adolfo Lutz, 2005.

JADHAV, S.J.; NIMBALKAR, S.S.; KULKARNI, A.D.; MADHAVI, D.L.; RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. **Food antioxidants: technological, toxicological and health perspectives**. New York: Marcel Dekker, 1996. 450p.

JANG, J.R.; IM, S.Y. Effects of onion flesh and peel on chemical components, antioxidant and anticancer activities. **Journal of Life Science**, New Delhi, v. 19, n. 11, p. 1598–1604, Dec. 2009.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science and Technology**, Wageningen, v. 11, n. 2, p. 56-66, Feb. 2000.

JOHN, L.; CORNFORTH, D.; CARPENTER, C.E.; SORHEIM, O.; PETTEE, B.C.; WHITTIER, D.R. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. **Meat Science**, Oxford, v. 69, p. 441-449, Aug. 2004.

KAHRAMAN, A.; ERKASAP, N.; SERTESER, M.; KONKEN, T. Protective effect of quercetin on renal ischemia/reperfusion injury in rats. **Journal of Nephrology**, Milano, v.16, n.2, p. 219-224, Apr. 2003.

KANDASWAMI, C.; MIDDLETON, E.JR. Free radical scavenging and antioxidant activity of plants flavonoids. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 366, n. 1, p. 351-376, Apr. 1994.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality and Implications. **Meat Science**, Oxford, v. 36, n. 1/2, p. 169-189, Mar. 1994.

KARRE, L.; LOPEZ, K.; GETTY, K.J.K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat Science**, Oxford, v. 94, n. 1, p. 220-227, Jan. 2013.

KIM, H.J.; JUNG, S.; YONG, H.I; BAE, Y.S.; KANG, S.N.; KIM, I.S.; JO, C. Improvement of microbiological safety and sensorial quality of pork jerky by electron beam irradiation and by addition of onion peel extract and barbecue flavor. **Radiation Physics and Chemistry**, Melbourne, v. 28, n. 1, p. 22-28, May 2014.

KIM, J.; KIM, J.; PARK, E. Antioxidative and Antigenotoxic Effects of Onion Peel Extracts in Non-cellular and Cellular Systems. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 22, n. 5, p. 1395-1402, Mar. 2013.

KOLAKOWSKA, A. Lipid oxidation in food system. In: SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and functional properties of food lipids**. New York: CRC Press, 2002. cap. 8, p. 134-160.

KOUBA, M.; MOUROT, J. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on *n*-3 polyunsaturated fatty acids. **Biochimie**, Paris, v. 93, n. 1, p. 13-17, Jan. 2011.

LANARI, M.C.; SCHAEFER, D.M.; SCHELLER, K.K. Dietary vitamin E supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. **Meat Science**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 237-250, Jan. 1995.

LEE, B.; JUNG, J.; KIM, H. Assessment of red onion on antioxidant activity in rat. **Food and Chemical Toxicology**, Boston, v. 50, n. 1, p. 3912-3919, Aug. 2012.

LEE, K.A; KIM, K.; NAH, S.; CHUNG, M.; CHO, S.; PAIK, H. Antimicrobial and Antioxidative Effects of Onion Peel Extracted by the Subcritical Water. **Food Science and Biotechnology**, London, v. 20, n. 2, p. 543-548, Apr. 2011.

LEE, S.K.; MEI, L.; DECKER, E.A. Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 1, p. 726-728, Feb. 1996.

LU, X.; WANG, J.; AL-QADIRI, H.M.; ROSS, C.F.; POWERS, J.R.; TANG, J.; RASCO, B.A. Determination of phenolic content and antioxidant capacity of onion (*Allium cepa*) and shallot (*Allium oschaninii*) using infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, Mysore, v. 129, n. 1, p. 637-644, Apr. 2011.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, Oxford, v. 71, n. 1, p. 100-121, Sept. 2005.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C.; HACHMEISTER, K.A.; KROPF, D.H.; JOHNSON, D.E. Exclusion of oxygen from modified atmosphere packages limits beef rib and lumbar vertebrae marrow discoloration during display and storage. **Meat Science**, Oxford, v. 69, n. 3, p. 493-500, Mar. 2005.

MARANGONI, C.; MOURA, N.F. Antioxidant activity of essential oil from *Coriandrum Sativum* L. in Italian salami. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 124-128, Mar. 2011.

MARIUTTI, L. R.B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: antioxidantes naturais da família lamiaceae. Aplicação em Produtos Alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 96-103, Jun. 2007.

MARTINEZ, L.; DJENANE, D.; CILLA I.; BELTRAN J.A.; RONCALES, P. Effect of varying oxygen concentrations on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. **Food Chemistry**, Mysore, v. 94, n. 2, p. 219-225, Jan. 2006.

MARTINEZ, T.F.; MOYANO, F.J. Effect of tannic acid on in vitro enzymatic hydrolysis of some protein sources. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 83, n. 5, p. 456-464, Apr. 2003.

MASSEY, L.K. Food Oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. **Journal of the American Dietetic Association**, New York, v. 107, n. 7, p. 1191-1194, Aug. 2007.

MELTON, S.T. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v. 37, n. 7, p. 105-116, 1983.

MIDDLETON, E.; KANDASWAMI, C.; THEOHARIDES, T.C. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. **Pharmacological Reviews**, Maryland, v. 52, n. 4, p. 673-751, Oct. 2000.

MOIR, K.W. Determination of oxalic acid in plant Queensland. **Journal of Agriculture Science**, New York, v. 10, n. 1, p. 1-3, Jan. 1953.

MORZELLE, M.C. **Resíduo de romã (*Punica granatum*) na prevenção da doença de Alzheimer**, 2012. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MOTTRAM, D.S. Lipid oxidation and flavour in meat and meat products. **Food Science and Technology Today**, London v. 1, n. 3, p. 159-162, Feb. 1987.

MÜLLER, L.; FRÖHLICH, K.; BÖHM, V. Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (aTEAC), DPPH assay and peroxyl radical scavenging assay. **Food Chemistry**, Barking, v. 129, n. 1, p. 139-148, Nov. 2011.

NUUTILA, A.M.; PUUPPONEN-PIMIA, R.; AARNI, M.; OKSMAN-CALDENTY, K.M. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. **Food Chemistry**, Mysore, v. 81, n. 1, p. 485-493, 2003.

OU, B. X.; HUANG, D. J.; HAMPSCH-WOODILL, M.; FLANAGAN, J. A.; DEEMER, E. K. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comprehensive study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Bergen, v. 5, n. 11, p. 3122–3128, May 2002.

PARK, J.; KIM, J.; KIM, M.K. Onion Flesh and Onion Peel Enhance Antioxidant Status in Aged Rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 53, n. 1, p. 21-29, Jan. 2007.

PARKS, A.R.H.; BRASHEARS, M.M.; MARTIN, J.N.; WOERNER, W.D.; THOMPSON, L.D.; BROOKS, J.C. Shelf life and stability traits of traditionally and modified atmosphere packaged ground beef patties treated with lactic acid bacteria, rosemary oleoresin, or both prior to retail display. **Meat Science**, Oxford, v. 90, n. 1, p. 20-27, Jan. 2012.

PATRA, P.; SEN, I.K.; BHANJA, S.K.; NANDI, A.K.; SAMANTA, S.; DAS, D.; DEVI, K.S.P.; MAITI, T.K.; ISLAM, S.S. Pectic polysaccharide from immature onion stick (*Allium cepa*): Structural and immunological investigation. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 92, n. 1, p. 345-352, Sept. 2013.

PEREIRA, P.M.C.C.; VICENTE, A.F.R.B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. **Meat Science**, Oxford, v. 93, n. 3, p. 586-592, Mar. 2013.

PEREZ-GREGORIO, M.R.; REGUEIRO, J.; SINAL-GANDARA, J.; RODRIGUES, A.S.; ALMEIDA, D.P.F. Increasing the Added-Value of Onions as a Source of Antioxidant Flavonoids: A Critical Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 54, n. 8, Feb. 2014.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, Columbus, v. 63, n. 1, p. 1035-1042, May 2000.

PREGNOLATTO, W.; PRENOLATTO, N.P. **Métodos físico-químicos para a análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, n. 1, p. 533.

PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E. Tannin content of cawpeas, chickpeas, pigeon peas and human mung beans. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 2, p. 459-461, Nov. 1980.

RACANICCI, A.M.C.; DANIELSEN, B.; MENTEN, J.F.M.; REGINATO-D'ARCE, M.A.B.; SKIBSTED, L.H. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **European Journal Research and Technology**, Heidelberg, v. 218, n. 1, p. 521-524, Mar. 2004.

RAMOS, F.A.; TAKAISHI, Y.; SHIROTORI, M.; KAGAWAGUCHI, Y.; TSUCHIYA, K.; SHIMBATA, H.; HIGUTI, T.; TADOKORO, T.; TAKEUCHI, M. Antibacterial and antioxidant activities of quercetin oxidation products from yellow onion (*Allium cepa*) skin. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Bergen, v. 54, n. 1, p. 3551-3557, Apr. 2006.

REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Deterioração de lipídeos. In: OETTERE, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. cap. 6, p. 243-299.

RHEE, K.S.; KRAHL, L.M; LUCIA, L.M; ACUFF, G.R. Antioxidative/Antimicrobial Effects and TBARS in Aerobically Refrigerated Beef as Related to Microbial Growth. **Journal of Food Science**, Malden, v. 62, n. 6, p. 1205–1210, Nov. 1997.

ROCHA, S.R.S. **Procedimento e avaliação química de parâmetros de interesse nutricional de espinafre comercializado na Bahia**, 2009. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais – Química) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

RODRIGUES, A.S.; FOGLIANO, V.; GRAZIANI, G.; MENDES, S.; VALE, A.P.; GONÇALVES, C. Nutritional value of onion regional varieties in northwest Portugal. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, Viana, v. 2, n. 1, p. 519–524. Nov. 2003.

RODRÍGUEZ, G.C.; TASCÓN, R.C.; RODRÍGUEZ, R.E.M.; DÍAZ, R.C. Fructans and major compounds in onion cultivars (*Allium cepa*). **Journal of Food Composition and Analysis**, Santa Cruz de Tenerife, v. 509, n. 22, n. 1, p. 25–32, Feb. 2009.

ROVELLINI, P.; CORTESI, A.; FEDELI, R. Ossidazione dei lipidi. **Rivista Italiana delle Sostanze Grasse**, Milano, v. 74, n. 5, p. 181-189, 1997.

SALGADO, J.M. **Faça do alimento seu medicamento: previna doenças**. São Paulo: Ediouro, 2008. p. 139-145.

SAMONTE, P.A.L.; TRINIDAD, T.P. Dietary Fiber, Phytonutrients and Antioxidant Activity of Common Fruit Peels as Potential Functional Food Ingredient. **Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, New York, v. 7, p. n. 1, 70-75, Jan. 2013.

SANTOS, M.A.T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 94-301, mar./abril, 2006.

SANTAS, J.; ALMAJANO, M.P.; CARBO, R. Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts. **International Journal of Food Science and Technology**, Barcelona, v. 45, n. 1, p. 403–409. Jul. 2010.

SAS Institue INC. SAS User's guide: statistics, version 5 edition. Cary, NC: SAS Institute, p. 965, 1985.

SELANI, M.M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**, 2010. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. **Chemical Society Reviews**, London, v. 39, n. 1, p. 4067-4079, July 2010.

SHAMBERGER, R.J.; SHAMBERGER, B.A.; WILLIS, C.E. Malonaldehyde content of food. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 107, n. 8, p. 1404-1409, 1977.

SHIM, S.; CHOI, Y.; KIM, H.; KIM, H.; HWANG, K.; SONG, D.; LEE, M.; LEE, J.; KIM, C. Antioxidative Properties of Onion Peel Extracts against Lipid Oxidation in Raw Ground Pork. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 21, n. 2, p. 565-572, Apr. 2012.

SHIM, S.; YI, H.; KIM, Y. Bioaccessibility of flavonoids and total phenolic content in onions and its relationship with antioxidant activity. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Seoul, v. 62, n. 8, p. 835-838, Dec. 2011.

SHIRAHIGUE, L.D.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J.; SELANI, M.M.; NADAI, A.P.; MOURÃO, G.B.; GALLO, C.R. Winery grape-residue extract: Effects on quality and sensory attributes of cooked chicken meat. **Food Science and Biotechnology**, Netherlands, v. 20, n. 5, p. 1257-1264, Nov. 2011.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 94-103, Abr. 1999.

SILVA, R.F.; ASCHERI, J.L.R.; PEREIRA, R.G.F.A.; MODESTA, R.C.D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.4, p. 815-819, Dec. 2009.

SINGH, B.N. Polyphenolic from various extracts/fractions of red onion (*Allium cepa*) peel with potent antioxidant and antimutagenic activities. **Food Chemistry and Toxicology**, Andover, v. 47, n. 1, p. 1161-1167, Jun. 2009.

SINGH, B.N.; SINGH, B.R.; SINGH, R.L.; PRAKASH, D.; SINGH, D.P.; SARMA, B.K.; UPADHYAY, G. Polyphenolics from various extracts/fractions of red onion (*Allium cepa*) peel with potent antioxidant and antimutagenic activities. **Food and Chemical Toxicology**, Boston, v. 47, n. 1, p. 1161-1167, June 2009.

SLIMESTAD, R.; FOSSEN, T.; VAGEN, I.M. Onions: A Source of Unique Dietary Flavonoids. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Bergen, v. 55, n. 1, p. 10067-10080, Nov. 2007.

SMALL, A.H; JENSON, I.; KIERMEIER, A.; SUMNER, J. Vacuum-packed beef primals with extremely long shelf life have unusual microbiological counts. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 4, n. 8, p. 1524-1527, Aug. 2012.

SORENSEN, G.; JORGENSEN, S.S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und-Forschung**, New York, v. 202, n. 3, p. 205-210, 1996.

ST. ANGELO, A.J. Lipid oxidation on foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 36, n. 3, p. 175-224, Feb. 1996.

STAJNER, D.; VARGA, I.S. An evaluation of the antioxidant abilities of *Allium* species. **Acta Biologica Szegediensis**, Szeged, v. 47, n.1/4, p. 103-106, Apr. 2003.

SUN, Y.; WANG, W.; CHEN, H.; LI, C. Autoxidation of Unsaturated Lipids in Food Emulsion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 51, n. 5, p. 453-466, Apr. 2011.

SWAIN, T.; HILLIS, W.T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, n. 1, p. 63-68, Jan. 1959.

SWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYZ, J. The influence of protein-flavonoid interactions on protein digestibility in vitro and the antioxidant quality of breads enriched with onion skin. **Food Chemistry**, Mysore, v. 141, n. 1, p. 451-458, Mar. 2013.

TERRILL, T.H.; ROWA, A.M.; DOUGLAS, G.B.; BARRY, T.N. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 58, n. 1, p. 321-329, 1992.

TIMS, M.J.; WATTS, B.M. Protection of cooked meats with phosphates. **Food Technology**, Chicago, v. 12, n. 5, p. 240-243, 1958.

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre and post-harvest food processing operations. **Food Research International**, Chania, v. 50, n. 1, p. 497-506, Sept. 2013.

UGWOKE, C.E.C.; EZUGWE, C.O. Phytochemical screening and proximate composition and onion bulb (*Allium cepa* L). **Journal of Pharmaceutical and Allied Sciences**, Grahamstown, v. 7, n. 2, p. 276-281, Dec. 2010.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos** – TACO. 4. ed. Campinas, 2011, 161p.

VELASCO, V.; WILLIAMS, P. Improving meat quality through natural antioxidants. **Chilean Journal of Agricultural and Research**, Chillan, v. 71, n. 2, p. 313-322, Apr-June 2011.

VISWANATH, V.; UROOJ, A.; MALLESHI, N.G. Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of finger millet polyphenols (*Eleusine coracana*). **Food Chemistry**, Mysore, v. 114, n. 1, p. 340-346, Jan. 2009.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Leinfelden-Echterdingen, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

VYNCKE, W. Evaluation of direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). **Fette Seifen Anstrichmittel**, Leinfelden-Echterdingen, v. 77, n. 6, p. 239-240, 1975.

WARAHO, T.; MCCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 22, n. 1, p. 3-13, Jan. 2011.

WEIDUO, S.; JOSHUA, G.; RONG, T.; KALAB, M.; YANG, R.; YIN, Y. Bioassayguided purification and identification of antimicrobial components in Chinese green tea extract. **Journal of Chromatography A**, Guelph, v. 1125, n. 1, p. 204-210, May 2006.

WILLIAMSON, G.; PLUMB, G.W.; UDA, Y.; PRICE, K.R.; RHODES, M.J.C. Dietary quercetin glycosides: antioxidant activity and induction of the anticarcinogenic phase II marker enzyme quinone reductase in Hepalclc7 cells. **Carcinogenesis**, Oxford, v. 17, n. 11, p. 2385-2387, Aug. 1996.

XIN, L.; LINDAHL, G.; ZAMARATSKAIA, G.; LUNDSTROM, K. Influence of vacuum skin packaging on color stability of beef *longissimus lumborum* compared with vacuum and high-oxygen modified atmosphere packaging. **Meat Science**, Oxford, v. 92, n. 4, p. 604-609, Dec. 2012.

ZARINA, Z.; TAN, S.Y. Determination of flavonoids in Citrus grandis (Pomelo) peels and their inhibition activity on lipid peroxidation in fish tissue. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 20, n. 1, p. 313-317, Jun. 2013.